

# MAPPING

VOL. 29 • Nº 202 • SEPTIEMBRE-OCTUBRE 2020 • ISSN: 1131-9100



## XI Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales

**Studying the degree of granite alteration using open spatial data platforms.  
Case studies: Guarda urban area and Estrela Geopark**

**Hidrográfico + . Portuguese Hydrographic Institute  
Marine Spatial Data Infrastructure**

**Geoestratégia do município de Almada. O geoportal e o observatório do território de Almada na gestão do território**

**El mapa automático: innovación pública para la generación del Mapa Topográfico Nacional**

**Cartografía del sistema español de inventario y proyecciones de emisiones a la atmósfera. Serie Cartográfica LULUCF**



# MAPPING

VOL.29 N°202 SEPTIEMBRE-OCTUBRE 2020 ISSN 1131-9100

## Sumario



Pág. 4

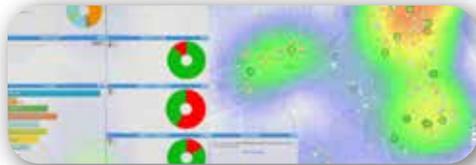
Editorial



Pág. 6

Studying the degree of granite alteration using open spatial data platforms.

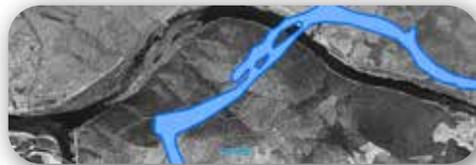
Case studies: Guarda urban area and Estrela Geopark. *Estudio del grado de alteración del granito utilizando plataformas de datos espaciales abiertas. Caso de estudio: área urbana de Guarda y Geoparque Estrela*  
António Figueiredo Monteiro, André Vieira Sá, Emanuel de Castro, Carlos Gonçalves Rodrigues, Joaquim Fernandes Brigas, Luís Andrade Pais



Pág. 14

Hidrografico + . Portuguese Hydrographic Institute Marine Spatial Data Infrastructure.

*Hidrográfico +. Infraestrutura de Dados Espaciales Marinos del Instituto Hidrográfico Português*  
Paulo Nunes, Sara Ameida, DEIMOS Engenharia



Pág. 22

*Geoestratégia do município de Almada. O geoportal e o observatório do território de Almada na gestão do território. Geoestrategia del municipio de Almada. El geoportal y el observatorio del territorio de Almada en la gestión territorial*  
Regina Pimenta



Pág. 30

El mapa automático: innovación pública para la generación del Mapa Topográfico Nacional. *Automated map: public innovation for the generation of National Topographic Map*  
Alfonso Boluda Sánchez, Ana Maldonado Ibáñez, Adolfo Pérez Heras, Felisa Quesada Bustos, José Alfonso De Tomás Gargantilla, M<sup>a</sup> Paz Navas López, Santiago Prieto Del Caño, Alicia González Jiménez



Pág. 42

Cartografía del sistema español de inventario y proyecciones de emisiones a la atmósfera. Serie Cartográfica LULUCF. *Mapping of the Spanish system of inventory and projections of emissions to the atmosphere. LULUCF Cartographic Series*

Marta Lerner Cuzzi, Mónica M<sup>a</sup> Fernández Ramiro, Belén Fierro García, M<sup>a</sup> Ángeles San Miguel Fraile, M<sup>a</sup> Del Mar Esteban García, Juan Carlos Cano, Blanca Ruiz Franco, Ángel Roldán Martínez

Pág. 52

Historia de la cartografía

Pág. 60

Mundo tecnológico

Pág. 64

Mundo blog

## **El conocimiento de hoy es la base del mañana**

MAPPING es una publicación técnico-científica con 29 años de historia que tiene como objetivo la difusión de las investigaciones, proyectos y trabajos que se realizan en el campo de la Geomática y las disciplinas con ella relacionadas (Información Geográfica, Cartografía, Geodesia, Teledetección, Fotogrametría, Topografía, Sistemas de Información Geográfica, Infraestructuras de Datos Espaciales, Catastro, Medio Ambiente, etc.) con especial atención a su aplicación en el ámbito de las Ciencias de la Tierra (Geofísica, Geología, Geomorfología, Geografía, Paleontología, Hidrología, etc.). Es una revista de periodicidad bimestral con revisión por pares doble ciego. MAPPING está dirigida a la comunidad científica, universitaria y empresarial interesada en la difusión, desarrollo y enseñanza de la Geomática, ciencias afines y sus aplicaciones en las más variadas áreas del conocimiento como Sismología, Geodinámica, Vulcanología, Oceanografía, Climatología, Urbanismo, Sociología, Planificación, Historia, Arquitectura, Arqueología, Gobernanza, Ordenación del Territorio, etcétera.

## **La calidad de la geotecnología hecha revista**

*MAPPING is a technical- scientific publication with 29 years of history which aims to disseminate the research, projects and work done in the framework of the disciplines that make Geomatics (GIS, Cartography, Remote Sensing, Photogrammetry, Surveying, GIS, Spatial Data Infrastructure, Land Registry, Environment, etc.) applied in the field of Earth Sciences (Geophysics, Geology, Geomorphology, Geography, Paleontology, Hydrology, etc.). It is a bimonthly magazine with double-blind peer review. MAPPING is aimed at the scientific, academic and business community interested in the dissemination and teaching of Geomatics and their applications in different areas of knowledge that make up the Earth Sciences (Seismology, Geodynamics, Volcanology, Urban Planning, Sociology, History, Architecture Archaeology , Planning, etc.)*

# MAPPING

VOL. 29 Nº 202 SEPTIEMBRE-OCTUBRE 2020 ISSN 1131-9100

## DISTRIBUCIÓN, SUSCRIPCIÓN Y VENTA

eGeoMapping S.L.  
C/ Arrastaría, 21.  
28022. Madrid. España  
Teléfono: 910067223  
info@revistamapping.com  
www.revistamapping.com

## MAQUETACIÓN

elninjafluorescente.es

## IMPRESIÓN

Podiprint

Los artículos publicados expresan sólo la opinión de los autores. Los editores no se identifican necesariamente con las opiniones recogidas en la publicación. Las fotografías o imágenes incluidas en la presente publicación pertenecen al archivo del autor o han sido suministradas por las compañías propietarias de los productos. Prohibida la reproducción parcial o total de los artículos sin previa autorización y reconocimiento de su origen. Esta revista ha sido impresa en papel ecológico.



## FOTO DE PORTADA:

XI Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales

Autor: Instituto Geográfico Nacional-Centro Nacional de Información Geográfica.

Depósito Legal: M-14370-2015

ISSN: 1131-9100 / eISSN: 2340-6542

Los contenidos de la revista MAPPING aparecen en: Catálogo BNE, CIRC, Copac, Crue- Red de Bibliotecas REBIUN, Dialnet, DULCINEA, EBSCO, GeoRef, Geoscience e-Journals, Gold Rush, Google Académico, ICYT-CSIC, IN-RECS, Latindex, MIAR, SHERPA/RoMEO, Research Bible, WorldCat.

## PRESIDENTE

Benjamín Piña Patón

## DIRECTOR

Miguel Ángel Ruiz Tejada  
maruiz@egeomapping.com

## REDACTORA JEFA

Marta Criado Valdés  
mcriado@egeomapping.com

## CONSEJO DE REDACCIÓN

Julián Aguirre de Mata  
ETSITGC. UPM. Madrid

Manuel Alcázar Molina  
UJA. Jaén

Marina A. Álvarez Alonso  
ETSII. UPM. Madrid

Gersón Beltrán  
FGH. UV. Valencia

Carlos Javier Broncano Mateos  
Escuela de Guerra del Ejército. Madrid

José María Bustamante Calabuig  
Instituto Hidrográfico de la Marina. Cádiz

Joan Capdevilla Subirana  
Área de Fomento de la Delegación del Gobierno. Cataluña

Antonio Crespo Sanz  
Investigador

Efrén Díaz Díaz  
Abogado. Bufete Mas y Calvet. Madrid.

Mercedes Farjas Abadía  
ETSITGC. UPM. Madrid

Carmen Femenia Ribera  
ETSIGCT. UPV. Valencia

Javier Fernández Lozano  
Fac. Ciencias. USAL. Salamanca

M<sup>a</sup> Teresa Fernández Pareja  
ETSITGC. UPM. Madrid

Carmen García Calatayud  
Biblioteca Nacional de España

Florentino García González  
Abogado

Diego González Aguilera  
EPSA. USAL. Salamanca

Álvaro Mateo Milán  
CECAF. Madrid.

Israel Quintanilla García  
ETSIGCT. UPV. Valencia

Antonio Federico Rodríguez Pascual  
CNIG. Madrid

Pilar Sanz del Rio  
URBASANZ Estudio Jurídico S.L.

Roberto Rodríguez-Solano Suárez  
EUITF. UPM. Madrid

Andrés Seco Meneses  
ETSIA. UPNA. Navarra

Cristina Torrecillas Lozano  
ETSI. US. Sevilla

Antonio Vázquez Hoehne  
ETSITGC. UPM. Madrid

## CONSEJO ASESOR

Ana Belén Anquela Julián  
ETSICT. UPV. Valencia

Maximiliano Arenas García  
Acciona Infraestructuras. Madrid

César Fernando Rodríguez Tomeo  
IPGH. México

Ignacio Durán Boo  
Ayuntamiento de Madrid

Francisco Javier González Matesanz  
IGN. Madrid

Ourania Mavrantza  
KTIMATOLOGIO S.A. Grecia

Julio Mezcua Rodríguez  
Fundación J. García-Siñeriz

Ramón Mieres Álvarez  
TOPCON POSITIONING SPAIN. Madrid

Benjamín Piña Patón  
Área de Fomento de la Delegación del Gobierno. Cantabria

Jesús Velasco Gómez  
ETSITGC. UPM. Madrid

Las JIIDE2020, organizadas por Direção-Geral do Território, el Centro Nacional de Información Geográfica y el Gobierno de Andorra, se celebraron de forma virtual y en línea debido a las precauciones sanitarias recomendadas por las autoridades con motivo de la pandemia de COVID-19.

En esta ocasión el lema escogido fue «Contribuciones para el desarrollo de una economía baja en carbono» y tuvo una duración de 5 días con 52 comunicaciones agrupadas en 10 sesiones y una conferencia invitada titulada «UN-GGIM: Europe: Data Integration» a cargo de Pier-Giorgio Zaccheddu.

Hubo tres mesas redondas sobre los temas:

- «Información geográfica en el contexto de la pandemia de COVID-19» moderada por Emilio López Romero, Director del CNIG, y Marco Painho de Nova IMS.
- «Información geográfica para promover y monitorear una economía baja en carbono» moderada por Paulo Patrício de la DGT y Carlos Mediavilla García del MITECO.
- «El urbanismo en las IDE» moderada por Cristina Garrett de la DGT y Miguel Baiget de la DG de Vivienda y Suelo, del MITMA.

Y tres talleres:

- «¿Y si reutilizamos? Las API en las IDE»
- «*Exploração de informação geográfica obtida ao abrigo das novas normas e especificações técnicas de cartografia topográfica da DGT*»

- «Cómo usar los recursos de las IDE? ¿Cómo se pueden explotar los servicios y metadatos IDEE?»

El número de inscritos en las JIIDE2020 fue de 777, procedentes de España, Portugal, Andorra, EE. UU., Brasil, Colombia, Alemania... La media de oyentes simultáneos por sesión fue 180, llegando al máximo de 224 asistentes en una de las sesiones.

La comunicación elegida por los asistentes como la mejor fue este año la titulada «La IDE como instrumento para dar respuesta a necesidades y obligaciones de la administración local» de la Diputació de Barcelona. Todas las presentaciones están disponibles en la página del evento y en el área de JIIDE del geoportal IDEE; los vídeos se pueden ver en el canal YouTube del evento y la colaboración de la revista MAPPING permite la difusión de las JIIDE al ofrecer nos la posibilidad de publicar un número especial doble en el que se han presentado los artículos de los trabajos que se han presentado durante las jornadas.

La modalidad en línea ha permitido una mayor asistencia y, aunque es verdad que la interacción personal en los pasillos, descansos, cafés y comidas se pierdan y que no hay nada como el contacto directo, las jornadas virtuales han permitido conocer las ventajas de asistir y participar a las sesiones sin desplazarte de tu trabajo o casa. Os esperamos en las JIIDE2021.

**GT de la IDEE**



# GEODRONE

## CONYCA AERO



PRECISOS · VERSÁTILES · ROBUSTOS



Llega donde nadie ha llegado

Cartografía grandes áreas  
de manera sencilla, rápida  
y precisa.

GNSS PPK Y RTK A BORDO



DSM-MODELO DIGITAL, ORTOFOTO, RESTITUCIÓN, Y ADEMÁS...



TOPOGRAFÍA, DEFENSA, CATASTRO, AGRICULTURA, OBRA CIVIL, INSPECCIÓN,  
REALIDAD AUMENTADA Y VIRTUAL, RESTITUCIÓN ESTEREOCÓPIA.

WWW.GEODRONE.ES

info@geodrone.es

+34 91 382 40 72

# Studying the degree of granite alteration using open spatial data platforms. Case studies: Guarda urban area and Estrela Geopark

REVISTA **MAPPING**  
Vol. 29, 202, 6-13  
septiembre-octubre 2021  
ISSN: 1131-9100

## *Estudio del grado de alteración del granito utilizando plataformas de datos espaciales abiertas. Caso de estudio: área urbana de Guarda y Geoparque Estrela*

António Figueiredo Monteiro, André Vieira Sá, Emanuel De Castro, Carlos Gonçalves Rodrigues, Joaquim Fernandes Brigas, Luís Andrade Pais

### Abstract

The continuous reorganization of the territory, whether due to the appearance of new buildings or to the alteration and reformulation of the existing space, requires updated cartographic information. This update is intended to represent the present situation, and the various updates allow us to obtain a territorial history of recognized importance.

In geotechnical cartography, the urban reorganization that includes excavations, foundations, trenching, wells and boreholes, etc., allows the collection of information that constitutes a large collection of data. This territorial reorganization is more urgent in urban areas, however, in rural and natural areas of great geological emphasis, the existence of rocky outcrops and the possibility of identifying and analyzing these rocky outcrops is also of great importance for geotechnical cartography.

The present study analyzes the use of spatial data infrastructures from the free Street View - Google Maps platform, which, duly incorporated in open-source free software (QGIS), allows the elaboration of geotechnical cartography in urban and rural areas.

The case studies presented here refer to the urban area of the city of Guarda and to the rural zone defined as Estrela Geopark (Estrela Mountain), in which granite areas are identified through modules with connection to Google Street View and where the degree of granite alteration is analyzed. The validation of the degree of alteration of the granite is later verified through in-situ observations to validate the assigned classification. Through this methodology and in an expeditious way, it is possible to create geotechnical cartography and the respective database with relevant and complementary information to the existing geological cartography.

### Resumen

*La reorganización permanente del territorio, ya sea por la aparición de nuevas edificaciones o por la alteración y reformulación del espacio existente, requiere una información cartográfica actualizada. Esta actualización tiene como objetivo representar la situación actual y las diversas actualizaciones nos permiten obtener una historia territorial de reconocida importancia.*

*En la cartografía geotécnica en particular, la reorganización urbana, que incluye excavaciones, cimentaciones, zanjas, pozos y perforaciones, etc., permite la recolección de información que constituye una gran colección de datos. Esta reorganización territorial, es más urgente en las áreas urbanas, sin embargo, en áreas rurales y naturales de gran énfasis geológico, la existencia de afloramientos rocosos y la posibilidad de identificar y analizar estos afloramientos rocosos también es de gran importancia para la cartografía geotécnica.*

*El presente estudio analiza el uso de infraestructuras de datos espaciales de la plataforma gratuita Street View - Google Maps, que, debidamente incorporada en software libre de código abierto (QGIS), permite la elaboración de cartografía geotécnica en áreas urbanas y rurales. Los casos de estudio aquí tratados hacen referencia al área urbana de la ciudad de Guarda y al área definida como Geoparque Estrela (Serra da Estrela), en la que se identifican áreas de granito mediante módulos con conexión a Google Street View y donde se analiza el grado de alteración del granito. Posteriormente se verifica la validación del grado de alteración del granito mediante observaciones in situ para evaluar la clasificación asignada. A través de esta metodología y de manera expedita, es posible crear cartografía geotécnica y su respectiva base de datos con información relevante y complementaria a la cartografía geológica existente.*

Keyword: GIS, Cartography, Geology, Open Source Platforms.

Palabras clave: SIG, Cartografía, Geología, Plataformas de código abierto.

Professor, Polytechnic Institute of Guarda  
[amonteiro@ipg.pt](mailto:amonteiro@ipg.pt), [andre\\_sa@ipg.pt](mailto:andre_sa@ipg.pt), [crood@ipg.pt](mailto:crood@ipg.pt)  
Executive Coordinator, Geopark Estrela Association  
[emanuelcastro@geoparkestrela.pt](mailto:emanuelcastro@geoparkestrela.pt)  
Professor, University of Beira Interior  
[ljap@ubi.pt](mailto:ljap@ubi.pt)

Presidente, Polytechnic Institute of Guarda  
[presidente@ipg.pt](mailto:presidente@ipg.pt)

Recepción 16/12/2019  
Aprobación 20/12/2019

## 1. INTRODUCTION

According to the International Association of Engineering Geology (IAEG), geotechnical cartography is a type of geological cartography that classifies and represents the components of the geological environment that influences engineering, planning, construction, exploration and preservation activities, allowing the formulation of predictive models of land behavior and the study of solutions to problems arising from anthropological intervention on the physical environment (Diniz, 1998). The elaboration and updating of this or any other type of cartography depends on obtaining data, as well as the associated methods of data acquisition. In the case of geotechnical cartography, the associated methods must encompass the traditional methods of geological engineering, completed with indirect prospecting methods and direct prospecting methods (Table 1), according to the type and objective of the map and the complexity of the area under study (Pereira, Costa, 2011). Traditional methods (e.g. boreholes) make this phase very time consuming and expensive.

The spread of Geographic Information Systems (GIS), intensified in the last decades, has provided a significant advance in the development of geotechnical cartography through

the use of geographic databases and new analysis tools (Rodrigues Carvalho et al., 2010), in addition to the emergence of web platforms that provide cartographic information (e.g. Google Maps, Bing Maps, Open Street Map). The information and data provided by these platforms must be evaluated in order to verify their potential contribution.

This work intends to demonstrate that geotechnical cartography can be elaborated using geographic information from free platforms and free and open source software. The work was developed for the delimitation of areas identifying the degree of alteration of rock masses, in particular the degree of alteration of granite, through modules connected to the Google Street View platform using the GIS - QGIS software version 3.0.1.

The characterization of the properties of the rocky environment is essential because it conditions the demands imposed by a construction site (ABGE, 2010). These characteristics vary from place to place, depending on the geological history of the region considered and the degree of alteration of the rock mass. The classification of lands, from the point of view of Geology for Engineering, is of special importance when these lands are intended to be used by Civil Engineering. This classification must be universal, regardless of the geologist's opinion,

Table 1. Methods for obtaining geotechnical data

Method	Data for geotechnical cartography
Photointerpretation and remote sensing	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cartography of soils and rocks</li> <li>- Geological structures</li> <li>- Hydrology and drainage networks</li> <li>- Dynamic processes</li> </ul>
Recognition and collection of field data	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geological and geomorphological aspects</li> <li>- Geological-geotechnical data and measurements</li> </ul>
Geophysical methods	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Electrical resistivity:</li> <li>- Porosity, fracture, saturation, salinity</li> <li>- Depth of the water table</li> <li>- Depth of rocky substrate</li> <li>- Seismic:</li> <li>- Density, deformation module</li> <li>- Degree and depth of altered zones</li> <li>- Depth of rocky substrate</li> </ul>
Drills, ditches and samples	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Collection of representative samples</li> <li>- Direct observation of materials</li> <li>- Physical properties and characteristics of the terrain</li> <li>- Hydrogeological conditions</li> </ul>
"In situ" tests	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistance and deformational properties</li> <li>- Natural stresses</li> <li>- Permeability, water pressure</li> <li>- Data from tests in polls</li> </ul>
Laboratory tests	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Physical and mechanical properties of materials</li> </ul>

based on quantifiable parameters based on observations, and simple and expeditious tests.

The first classification of geological materials from the point of view of Engineering Geology, as well as in Civil Engineering, is in:

- Earth massifs / Soils: lands that disintegrate when agitated in water. The soil classification criteria are universally accepted and studied in the field of soil mechanics.
- Rock massifs: There is still no unanimous classification, but two groups were created, one in 1972 from the International Society for Rock Mechanics (ISRM) and another in 1975 from the International Engineering Geology Association (IAEG), with the aim to establish a classification system that would be accepted internationally.

From the point of view of geology for engineering, land classification should be based on either geological criteria or parameters that aim at practical applications in the field of civil engineering. In most cases, it seems appropriate to consider five degrees of change in rock masses as outlined in the following table (Table 2). This was the classification used in the work exposed here for the degree of alteration of the rock masses, in particular for the degree of alteration of granite, since the case studies are located in granite zones.

## 2. STUDY AREAS

The case studies presented here refer to the urban area of the city of Guarda (Figure 1) and the area defined as Estrela Geopark (Figure 2). The urban area of the city of Guarda is located on the largest granite outcrop in Portugal. It is inserted in a mountainous, granitic region, with affluent bare rock, which sometimes gives rise to a thin, sandy soil. The rock mass is very fractured and eroded due to the continuous and prolonged action of physical agents, namely the ice and thaw cycles and the displacements caused by the rejection of the NE-SW orientation failures, e.g., straight tectonic valleys of some tributaries of the Mondego and Zêzere rivers - the Caldeirão and Gaia streams respectively.

Table 2. Degree of alteration of rock masses, ISRM (1978, 1981)

CLASSIFICATION	DESIGNATION	CHARACTERISTIC
<b>W1</b>	Sane	Without any signs of change
<b>W2</b>	Slightly altered	Signs of change only at the limits of discontinuities
<b>W3</b>	Moderately altered	Visible change in the entire rock mass but the rock is not friable
<b>W4</b>	Very altered	Visible change in the entire rock mass and the rock is partially friable
<b>W5</b>	Decomposed (gravel)	The rock massif is completely friable with soil behavior

The zone defined as UNESCO's world geopark Estrela (UGGP), is located in the center of Portugal, has an area of 2216 km<sup>2</sup>, comprises 9 municipalities (Belmonte, Celorico da Beira, Covilhã, Fornos de Algodres, Gouveia, Guarda, Mantigas, Oliveira do Hospital and Seia), is deeply marked by the heritage of the mountain, and the mountain itself is the binding element. The Estrela UGGP also includes the entire protected area of Serra da Estrela natural park, which corresponds to about 40 % of the territory classified by UNESCO.

The Estrela UGGP has a geological and geomorphological heritage of national and international scientific relevance, with special emphasis on the marks of the last glaciation. Its geodiversity is mainly composed of a wide variety of hercynian granitic rocks, between the ages of 340 and 280 million years old, and of metasedimentary formations - mainly schist and gradevaques - that date back to around 1 billion years.

The heart of the Estrela UGGP is Serra da Estrela, a predominantly elongated plateau mountain with SW-NE direction and bounded by two large fault cliffs that separate it from the foothills of the upper Mondego (NW) and Cova da Beira (SE). The granitic terrains reveal well-preserved plateaus, with linear tectonic control valleys. The metasedimentary areas show deep and winding valleys, with a dense drainage network.



Figure 1. Urban area of the city of Guarda represented by the red dashed line

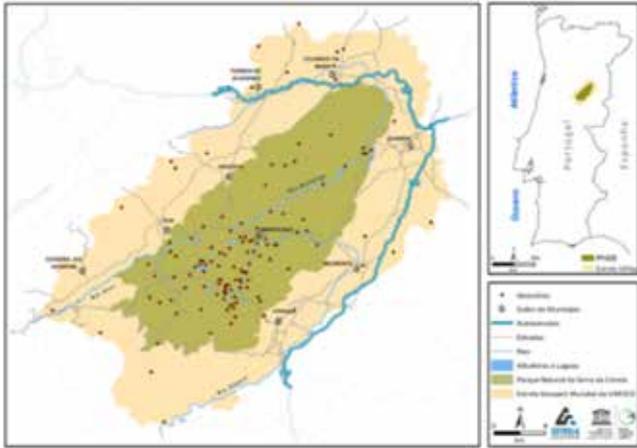


Figure 2. Area defined as Estrela Geopark represented by beige colour

### 3. METHODOLOGY

Taking into account the objectives referred to in the Introduction section, the possibility of collecting geographic information of geological and geotechnical interest was investigated from open access platforms, namely the Street View of Google Maps. To this end, the “go2streetview” plugin was installed in QGIS, thus making it possible to check the existing coverage for a given area and to browse these areas by accessing images with great proximity and high resolution. Figure 3 presents an example of an image from the Street View platform. Figure 4 presents an example of integration of the Street View platform in a QGIS environment where it is possible to verify the existence of excavations at the time that the Street View observation campaign was carried out. Figure 5 presents, as an example, the Street View coverage for the case study of the urban area of the city of Guarda. This will always be the first analysis to be carried out: check the coverage density and evaluate the amount of information that can be extracted according to the objectives. The density of Street View coverage varies from zone to zone as well as the information that can be considered relevant according to the objectives. It should also be noted that Street View presents a history of the various observation campaigns, and that the density of coverage and the quality of information (photos, resolution) has been improving, and this is what is expected to continue to happen in future campaigns. Sometimes, during observation campaigns, it is possible to find areas under excavation, as shown in Figure 4, which also allows obtaining relevant information for geotechnical cartography.

After assessing the coverage density, the process of analyzing the images provided by the platform begins. These images are analyzed in order to ascertain the possibility of identifying the degree of alteration of the rock mass. If so, the respective areas are vectored (Figure 6) and their classification is added as well as additional information that is considered relevant.



Figure 3. Example image in Street View - Google Maps

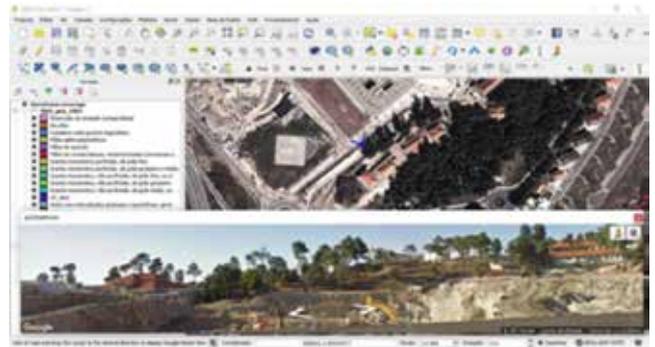


Figure 4. Example of Street View integration in the GIS software - QGIS



Figure 5. Street View coverage for the urban area of the city of Guarda

In order to optimize this process, forms were created to facilitate data filling in the respective fields of the attribute table, allowing that, when a graphic element is created, the data that characterizes that element are simultaneously inserted. Thus, in relation to the subject in question, the degree of alteration of granite, the following fields were created: 1) ID; 2) Degree of Alteration of Granite; 3) Entry Date; 4) Current Photo (photo of the area under study captured by Google or otherwise). Figure 7 represents an example form for a given zone.

After the entire area being characterized and classified and in order to evaluate this methodology, that is, the use of Google Street View as an useful and efficient method in the collection of data for the characterization of rock masses, in



Figure 6. Vectorization and classification of changes in rock masses

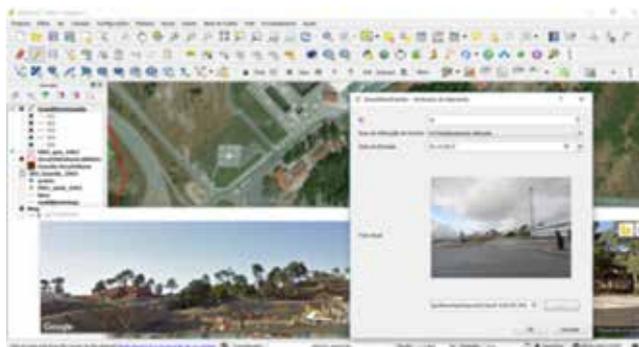


Figure 7. Creation of the graphic element and respective form in QGIS environment

situ observations and respective photographic documentation were made from all points where Street View images had been classified. A table was built with the Street View image and the respective photograph taken on the spot to compare

Table 3. Comparative table between Street View images and In Situ photography's.

Photo Street View		Photo In Situ	

both methods. Some examples can be seen in the following table (Table 3).

This approach and the methodology here applied/developed to determine the degree of alteration of granite can be applied to other themes (e.g. land use), with the aim of replicating it in other mapped areas or spaces, contributing to the updating and improvement of the generation of geotechnical thematic maps, helping in the decision and planning phase, and in construction and sustainability.

## 4. RESULTS AND DISCUSSION

The methodology described in the previous section was applied to two case studies: I) Urban area of the city of Guarda and II) Estrela Geopark. The results are presented below.

### 4.1. CASE STUDY I - URBAN AREA OF THE CITY OF GUARDA

169 images were collected through Google Street View where it was possible to identify and classify the rock mass. In total, 513 polygons were defined (Figure 8) that were classified with the following distribution: 5 polygons with W1 (which represents 1 %); 52 polygons with W2 (10.1 %); 68 polygons with W3 (13.3 %); 44 polygons with W4 (8.6 %) and 344 polygons with W5 (67.1 %). The graph in Figure 9 illustrates the distribution of the polygons according to the respective degree of change in the rock mass.

For validation purposes, in situ observations and respective photographic documentation were made of all the places from which 169 images with Street View had been collected and which later gave rise to 513 classified polygons.

The graph in the following figure (Figure 10) shows the distribution for each degree of change in the rock mass through Street View and in situ observations.

As we can see, there were no significant differences between the two methods. From the analysis performed, it was found that 89.9 % of the points were properly classified, there were 17 points (10.1 %) where the classification was changed.

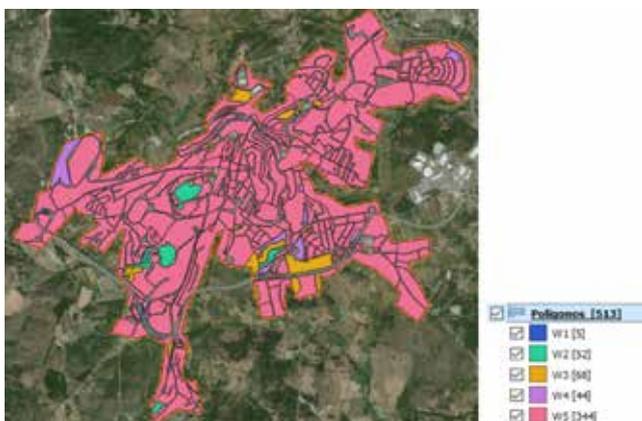


Figure 8. Areas with delimitation of the degree of alteration of the rock mass in QGIS.

Of the total 17 changes, 6 were from grade W4 to W3 (3.6 %), 5 from grade W2 to W3 (3.0 %), 1 from grade W1 to W2 (0.6 %), 1 from grade W3 for W4 (0.6 %), 1 of grade W3 for W4 (0.6 %), 1 of grade W3 for W2 (0.6 %), 1 of grade W3 for W5 (0.6 %), 1 of grade W4 to W5 (0.6 %), and grade 1 W4 to W2 (0.6 %), as shown in Figure 9. It can also be seen that the changes were mostly of only one classification grade and that occurred more frequently in grade W2 for W3 and in grade W4 for W3.

It was verified that the observed points adequately present the classification given without previous confirmation (in situ). It can be inferred that, for this area, this method allows an initial approach with good results and it can be a way to bridge the existing data fulfilling the observations gaps.

These results can be cross-checked with other data, e.g., ex. slope of the terrain, in order to calculate the degree of danger in terms of slope instability. To this end, a hazard chart and respective hazard scale were generated based on the slope of the terrain and the degree of change in the rock mass (Figure 12). Not being the objective of the study, it serves only as an example to highlight possible contributions.

### 4.2. STUDY CASE II – ESTRELA GEOPARK

Figure 13 shows the zone defined as Estrela Geopark and where it is possible to view the respective Street View coverage represented by the yellow line. The same methodology

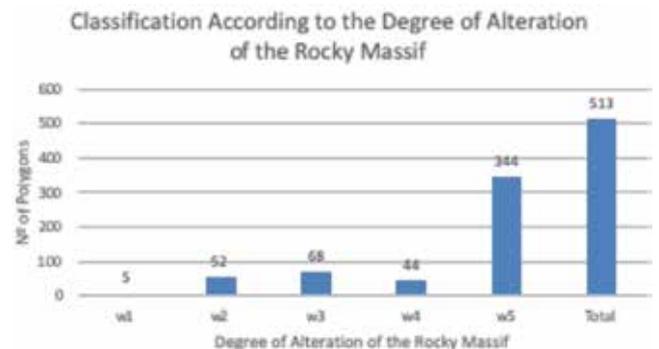


Figure 9. Distribution of the classification of the degree of alteration of the rock mass in 513 polygons defined for the urban area of the city of Guarda

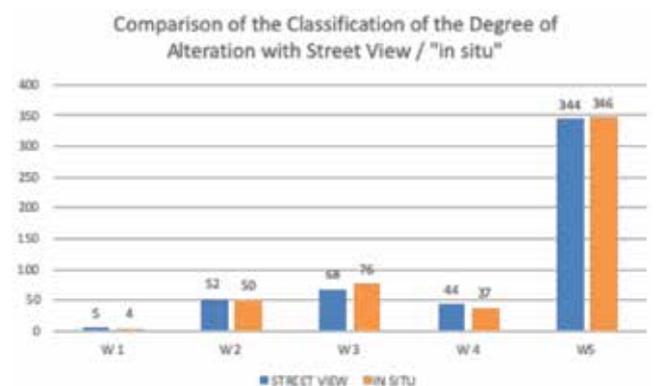


Figure 10. Comparison of the degree of alteration of the rock mass, polygons of the urban area of Guarda

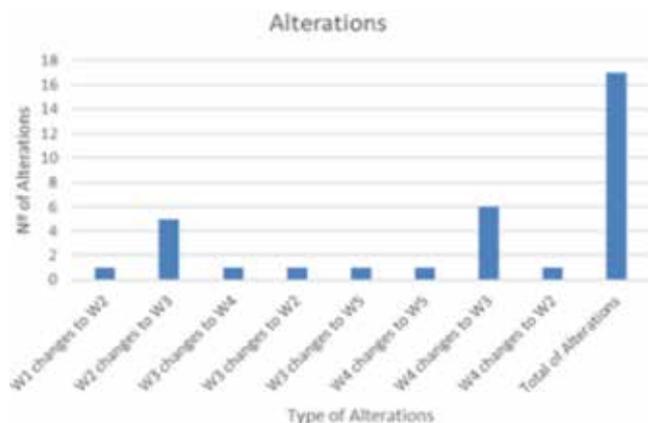


Figure 11. Distribution of altered classification grades

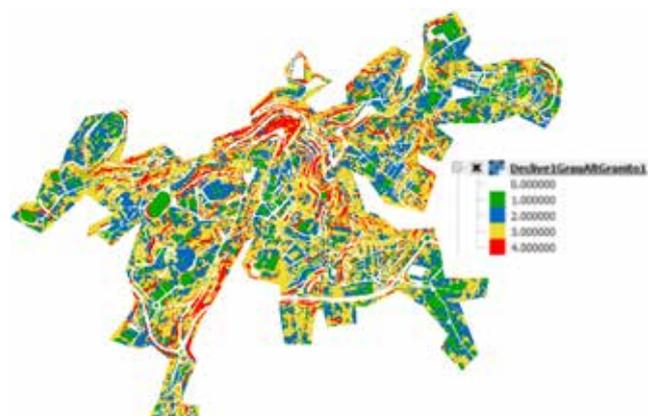


Figure 12. Hazard chart resulting from the slope with the degree of granite alteration.

previously described was applied and the areas covered by Street View were analyzed, vectorized and classified. In total, 339 polygons were defined with the respective classification of the degree of alteration of granite.

For validation, in-situ observations were made with the respective photographic documentation of all the points where the images had been collected using Street View. The graph in Figure 14 shows the distribution of the number of polygons and the respective assigned classification and the graph in Figure 15 compares to the results with the in-situ observations.

The graphic shows that there were no significant differences between the two methods. The areas observed via Street View were adequately classified without prior confirmation (in situ).

## 5. CONCLUSIONS

This work demonstrated the possibility of creating a geographic information base for the elaboration of geotechnical/geological cartography using cartographic sources from open platforms, together with open source software.



Figure 13. Street View coverage represented by the yellow line for Estrela Geopark

Although there are some limitations: a) one is inherent to the subjectivity of the classification of the degree of alteration of the rock mass, as it is dependent on the observer. However, being the same observer, this subjectivity is applicable in both situations (Street View observation and in situ observation), and there is a balance in the criteria. b) other limitations are associated with the Street View platform. Coverage varies depending on the location as well as the information that can be extracted. The quality of the photographs is also variable (quality, resolution, light effects and image dragging, etc.). However, it is expected that the

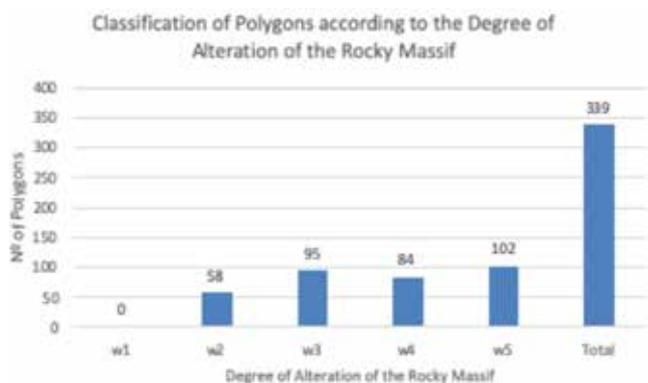


Figure 14. Distribution of the classification of the degree of alteration of the rock mass in 339 polygons defined for the Estrela Geopark area

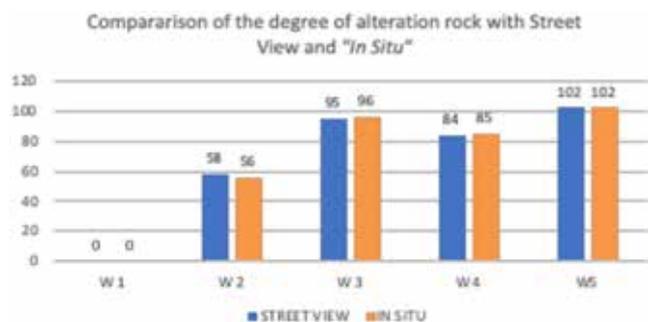


Figure 15. Distribution of the classification of the degree of alteration of the rock mass in 339 polygons defined for the Estrela Geopark zone

coverage density and the quality of the photographs will be improved in future observation, as has been the case so far.

The mentioned limitations do not outweigh the advantages due to the fact that we are facing data coming from free platforms, data which in situations where there are observational gaps, can be a valuable help. The results obtained in both case studies also prove that about 90 % of the classifications previously assigned via Street View corresponded to the classifications obtained with in situ observation. In addition, the existing classification changes had mostly a classification change of 1 grade value. To conclude, it can be said that:

- Street View can be a geographic information base for the elaboration of geotechnical cartography.
- Despite the possible limitations of coverage, it allows a quick collection of information.
- Careful observation of images can reveal important details for geological and geotechnical cartography.
- The history of the various updates allows for a temporal assessment.
- It is an excellent complement to the existing geological mapping and presents a relevant contribution to its update.

## REFERENCES

- IAEG (1981) . Rock and soils description and classification for engineering geological mapping. Report by the IAEG Commission on Engineering Geological Mapping. Bull. Of the IAEG, nº24, pp, 235-274.
- Diniz, N.C. (1998). Automação de cartografia geotécnica: uma ferramenta de estudos e projetos para avaliação ambiental. Tese de Doutorado. Departamento de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Brazil). São Paulo. 2v.
- Costa Pereira, M. F. (2011), "Introdução à Cartografia Geotécnica". Seminários em Ciências da Engenharia da Terra. Instituto Superior Técnico.
- Rodrigues-Carvalho, J. A., Silva, A. P. (2010). Cinquenta anos de Geologia de Engenharia e a evolução da cartografia geotécnica em Portugal. Ciências Geológicas: Ensino, Investigação e sua História (Vols. II, Geologia Aplicada, pp. 367-375).
- ABGEA (2010). 7º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental: a cartografia como suporte para planeamento e gestão. Circular 2. Obtido de <http://www.cbdb.org.br/documentos/circular-002-7SBCGG.pdf>
- ISRM (1978). Methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. International Journal of Rock Mechanics Mining Sciences and Geomechanics, 15 (6): 319-368.

ISRM (1981). Basic geotechnical description of rock masses. International Journal of Rock Mechanics Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 18, 85-110.

## About the authors

### António Figueiredo Monteiro

*Degree in Geographic Engineering and PhD in Civil Engineering, effective member of the Order of Engineers, professor at the Polytechnic Institute of Guarda (IPG) since 1994, where he has participated in projects and works in the area of Geographic Sciences (Topography, Geographic Information Systems, among others). The area of Geographic Information Systems has been the main research area, especially in the area of geology and geotechnics, using data from open platforms and "open source" systems.*

### André Vieira Sá

*Graduated in Geographic Engineering and PhD in Geodesy and Cartography, he is a professor in the Engineering and Technology department of the Polytechnic Institute of Guarda and collaborator in the Space and Earth Geodetic Analysis Laboratory (SEGAL-UBI), a laboratory resulting from the scientific partnership Instituto Geofísico Infante D. Luiz (IDL) and the University of Beira Interior. For more than 10 years he has participated and carried out projects related to Reference Systems, Global Positioning Systems by Satellite, Geographic Information Systems and Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in the acquisition of Geographic Information, with field work in several countries : Brazil, Kenya, Morocco, Mozambique, Namibia, Nigeria, Portugal, Tanzania, Zambia, etc.*

### Emanuel de Castro

*Degree in Geography, with specialization in Environmental Studies, Master in Geography and Spatial Planning, with the dissertation "Integrated Analysis of the Landscape of the Portuguese Central Ray" and PhD student in Geography, with the dissertation "A Serra da Estrela: Strategies of Tourism Development and Territorial Promotion - Contributions of Geography ". Professor at the Polytechnic Institute of Guarda, between January 2003 and September 2017. Participated in different research projects in the areas of Tourism, Landscape Analysis, Geographic Information Systems, Climatology and Territorial Development. Since 2016, he has been the Executive Coordinator of the Geopark Estrela Association, manager of UNESCO's Estrela a Mundial Geopark.*

# Hidrografico + . Portuguese Hydrographic Institute Marine Spatial Data Infrastructure

REVISTA **MAPPING**  
Vol. 29, 202, 14-21  
septiembre-octubre 2021  
ISSN: 1131-9100

## *Hidrográfico +. Infraestrutura de Dados Espaciales Marinos del Instituto Hidrográfico Portugués*

Paulo Nunes, Sara Ameida, Sérgio Saraiva

### Abstract

We are now beginning a new decade with a great number of challenges for marine geospatial data producers. At global scale The United Nations identify the needs for "Adaptation strategies and science-informed policy responses to global change" and elected the ocean knowledge a priority for next years. Geospatial Data is extremely important to understand the real world, for decision-making and to measure policy implementation goals.

The Portuguese Hydrographic Institute is a public organization with several roles: national hydrographic office, marine observation and marine technology national laboratory and a Portuguese Navy unity. As marine data and knowledge producer his internal data management processes are kept in line with national and European data policies and information sharing legal requirements. The Hydrographic Institute is in all aspects a data driven organization. To address the geospatial data needs for improvement the Portuguese Hydrographic Institute starts to build a new Marine Spatial Data Infrastructure through the Hidrográfico + project who granted funding from SAMA2020 program (POCI-02-0550-FEDER-035422).

This paper presents the Hidrografico + Marine Spatial Data Infrastructure building process. This asset is a big step forward and will be an important tool for the next ocean knowledge decade.

### Resumen

En el año 2021 comenzará una nueva década con una gran cantidad de desafíos para los productores de datos geoespaciales marinos. A una escala global Las Naciones Unidas identifican las necesidades de «Estrategias de adaptación y respuestas políticas fundamentadas en la ciencia al cambio global» y eligieron el conocimiento del océano como una prioridad para los próximos años. Los datos geoespaciales son importantes para comprender el mundo real, para la toma de decisiones y para medir los objetivos de implementación de políticas.

El Instituto Hidrográfico Portugués es una organización pública con varias funciones: servicio hidrográfico nacional, laboratorio nacional de observación y tecnología marina y una unidad de la Armada Portuguesa. Como productor de datos y conocimiento marino, sus procesos internos de gestión de datos se mantienen en consonancia con las políticas de datos nacionales y europeas y los requisitos legales de intercambio de información. El Instituto Hidrográfico es en todos los aspectos una organización basada en datos. Para responder a las necesidades de mejora de datos geoespaciales, el Instituto Hidrográfico Portugués comenzó el desarrollo de una nueva Infraestructura de Datos Espaciales Marinos - el proyecto Hidrográfico + que otorgó fondos del programa SAMA2020 (POCI-02-0550-FEDER-035422).

Este artículo presenta el proceso de construcción de la Infraestructura de Datos Espaciales Marinos Hidrográfico +. Este sistema representa un gran paso adelante y será una herramienta importante para la próxima década del conocimiento de los océanos.

**Keywords:** Geographic Information Systems, Geomatics, Geospatial Webservices, Marine Spatial Data Infrastructure, INSPIRE.

**Palabras clave:** Sistemas de Información Geográfica, Geomática, Servicios web geoespaciales, Infraestructura de Datos Espaciales Marinos, INSPIRE.

Instituto Hidrográfico  
[antunes.nunes@hidrografico.pt](mailto:antunes.nunes@hidrografico.pt)  
[sara.almeida@hidrografico.pt](mailto:sara.almeida@hidrografico.pt)  
DEIMOS Engenharia  
[sergio.saraiva@deimos.com.pt](mailto:sergio.saraiva@deimos.com.pt)

Recepción 12/12/2019  
Aprobación 23/12/2019

## 1. INTRODUCTION

We are now beginning a new decade with lots of challenges for marine geospatial data producers. At global scale United Nations (UN) identify the needs for “Adaptation strategies and science-informed policy responses to global change” and elected the ocean knowledge a priority for next years.

Geospatial Data is extremely important to understand the real world, for decision-making and to measure policy implementation. The European Union still strongly commit to build a common Strategy for Data to thrust the data economy. This strategy will define the ways and means to build a digital single market and a data-driven society.

After the Industrial era we are now living on the Digital Era. This is a process with deep impacts on our way of live and our own coexistence with technology and other human beings. Technology and digital data are shaping our world and rising new societal and economic models.

The data, information and knowledge presents a new horizon of opportunities in several domains: economy, environment sustainability, policy, decision making, etc. The OCDE Rethinking Innovation for a Sustainable Ocean Economy affirms - the ocean observational data for sure returns great economic and society outcomes however the true impacts estimation is very difficult to quantify (OCDE, 2019, p. 163).

The UN identify a set of goals for a sustainable future – Sustainable Development Goals (SDG). With this strategic approach human kind recognize how far and deep is important grant access to high quality validated data to measure the current anthropogenic impacts and policy driven changes/outcomes.

The recently approved Open Data Directive (DIRECTIVE (EU) 2019/1024) is a legal instrument to foster the re-use of public sector data by sharing the information free and openly in machine-readable format through standardized Application Programming Interfaces (APIs). INSPIRE directive is designed to support environment sustainability and management at regional level. Those regulation and geospatial standards are the main guidelines for Public Sector Spatial Data Infrastructures (SDI) Implementation.

The Portuguese Hydrographic Institute (IH) is a public organization with the following roles: national hydrographic office, marine observation and marine technology national laboratory and a Portuguese Navy unity. As marine data producer his internal data management processes are kept in line with national and European data policies for data sharing.

As national marine research laboratory is involved in several marine data sharing projects to build and keep European marine data infrastructures. Runs in-situ observation sensors network and keep update long data time series for oceanographic variables.

Data should flow in this complex ecosystem of multiple sources and clients. For achieve this goal, data needs to be stored, manage, harmonized and shared in common standards. In all aspects IH is a data driven organization.

The stakeholder needs and the external geospatial data governance/regulation trends forced an internal data management chain status analysis. This thinking process help us to answer if the organization is fit for a future in a data sharing environment and help organization to find and clearly identify geospatial data management weaknesses.

To address the geospatial data needs for improvement IH starts to build a Marine Spatial Data Infrastructure (MSDI) through Hidrográfico + project who granted funding from SAMA2020 program (POCI-02-0550-FEDER-035422). This project, is a software development project with a single overall goal – build an integrated MSDI. SW development team combine multiple commercial and open source applications (e.g. Oracle, PostgreSQL + Postgis, ArcGIS Server, GeoServer, ncWMS Server and Geonetwork) to connect multiple data users to IH geospatial data through a controlled, centralized and integrated environment. The MSDI has a central geoportal where users can search, visualized and access the geospatial datasets. Humans and machines users could access directly to data services by linking their applications to the OGC webservice endpoints. IH wants to provide a good level of service to their MSDI users. The level of service is continuously monitor by a built in analytics and metrics system. The MSDI are now online with several data layers accessible and several capabilities still under development.

## 2. PORTUGUESE HYDROGRAPHIC INSTITUTE MARINE DATA MANAGEMENT

Data and Information management is an organizational activity with the aim to keep information available for users in a timely way. This resource management should be optimized as good as all other organization resources processes: finance, human resources, infrastructures, etc.

IH recognizes the importance of their marine data as an asset for the national future development.

Mapping ocean geophysics is an expensive activity dependent from ships, advanced oceanographic sensors and infrastructures. This is one and maybe the strongest reason for ocean still the last frontier of knowledge. All data collected in ocean are valuable and all are an important piece in the puzzle for a more general understanding of the ocean and its role in the balance of the Earth system. We live in a blue planet and the need for deeper ocean understanding are pushing us forward. The First global integrated marine assessment (FGIMA) (United Nations, 2015) published in 2015 presents the knowledge gaps concept – “much is known about much of the ocean, but nowhere do we have the detailed knowledge desirable for the future management of human use of ocean” (United Nations, 2015, p. 52). The Mission Starfish 2030: Restore our Ocean and Waters (European Commission, 2020, p. 19) show up the same issue. The document rises up this new old problem – the society still have “significant gaps in our understanding and knowledge” about ocean services and systems. This could be summarized in one single sentence - “no measurement, no prediction, no management”.

Environmental wealth management requires continuous data streams. Real time access to data offers a clear view and awareness about real phenomenon and allow us to predict the future events. For ocean systems modelling and marine ecosystems monitoring blue data is a keystone. However, scientists and decision makers keep referring the lack of ocean knowledge.

This conclusion has been the motivation for the Ocean Science Decade (2021-2030) (United Nations, 2019)

Naturally societal goals for marine sustainability relies on accurately data, information and knowledge. The way for a better future is by “increase scientific knowledge, develop research capacity and transfer marine technology [...] in order to improve ocean health (United Nations, s.d.)”.

During last years a significant investment are made off in marine data infrastructures, however the “knowledge gap” keeps rising as a problem. This seems to be a paradox and rises several questions. One of the most important and old one is -

How can we reduce the knowledge gap and optimize the re-use of data for society future benefit? The Spatial Data Infrastructures are normally elected as one of the main tool for better geospatial data exploration.

The Marine Strategy Framework Directive (MSFD) have been publish in 2008. That legal document gives a strong recommendation for all state members invest in the development of their own blues strategies orient-ed to sustainable marine environment principles. The MSFD recognize the importance of the ocean environment as the building blocks for the blue economy.

The 2020 Blue Economy report presents the 2018 main stats. On that year blue economy in EU countries represents 5 million of employees and a Gross Value Added (GVA) of 218.3 billion euros (Comissão Europeia, 2020a, p. 15; 2020b).

The OECD Report – The Ocean Economy in 2030 estimates a generalized growth in all blue sectors (OCDE, 2016, p. 32). Measurement and management of blue domain will require data. Naturally hydrographic and geospatial data (blue data) are now and will keep their role as keystone for marine spatial planning and marine uses and needs management (Figure1).

The International Hydrographic Organization (IHO) elects the Hydrographic information driving marine knowledge as 2019’s motto. The IH gets its current organizational configuration in 1960, since then IH collected data from lots of scientific campaigns in national maritime space of interest (Figure 2). All data stored in IH’s databases are a valuable resource for scientific projects with a high value and economic potential for privates and public.

IH runs a national observation network (Figure3). This coastal network has several in-situ sensors: waveriders, multiparametric buoys, high frequency radars for surface currents and tide gauges stations. This system of sensors is the infrastructure part of the MONIZEE - National Exclusive Economic Zone monitoring pro-

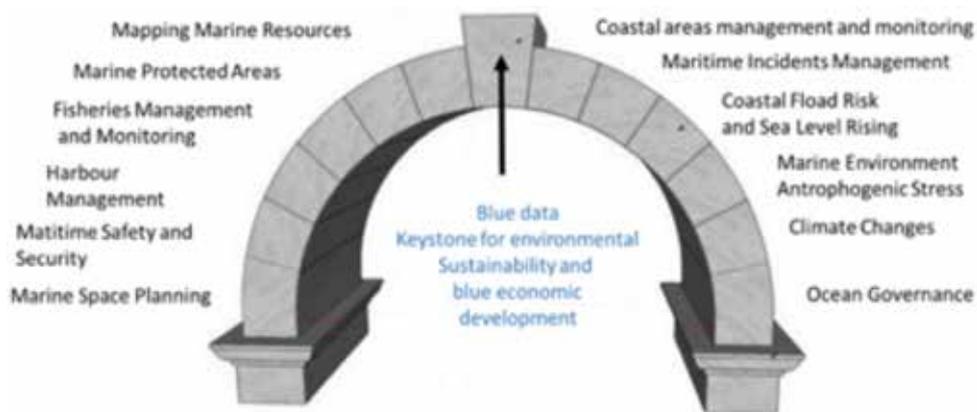


Figure 1. Marine Geospatial Data as keystone for blue economy (adapted from Harper (2016))

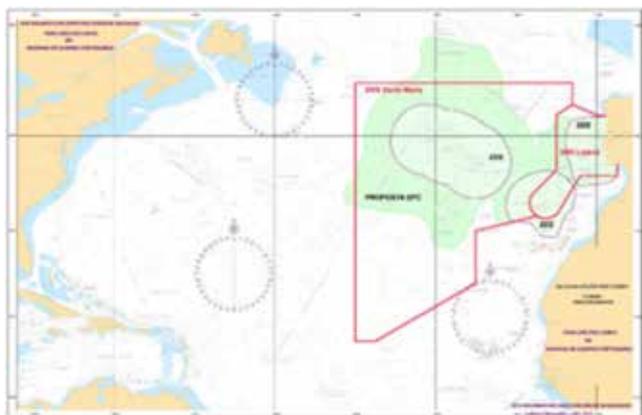


Figure 2. Portuguese maritime legal spaces

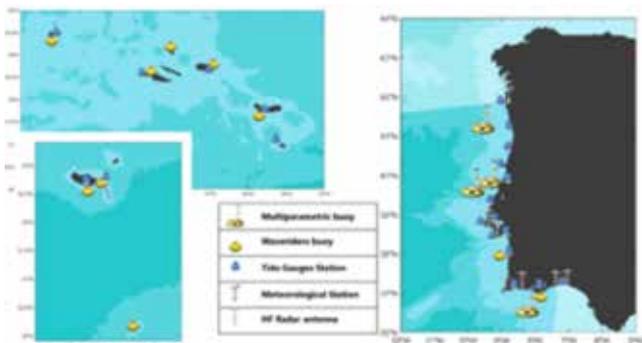


Figure 3. IH monitoring network (MONIZEE)

gram. This networks generates a continuous flux of near real time data arriving to IH staging areas where it is processed before data store ingestion. This in-situ data are very important to numeric forecast models calibration and to understand oceanographic coastal environment. Data is continuously analysed by quality check processes to find outliers and correct them. Intelligent systems, analytical algorithms and artificial intelligence are computational techniques with lots of potential for big data analysis, pattern detection and classification. For this reason, analytic approaches are one of the IH research field.

IH is an active geospatial data producer. Since the very beginning is involved in the main European marine data sharing infrastructures development projects: INSPIRE, SeaDataNet, EMOdnet, etc. At global level IH follows the IHO principles and the IOC/IODE data management best practices. IH continuously seeks efficiency, interoperability and high quality standards for data management.

Figure 4 shows the IH strategic plan (Soares, 2020, pp. 77-94) where we can see all the main programs align in order to support institute legal mission accomplishment. The IH strategic map are organized in the core projects inside mapping, observation and forecast programs. Those projects are supported by



Figure 4. IH Strategic Map (Soares, 2020, p. 90)



Figure 5. Universal Hydrographic Data Model S-100 (OHI, 2020)

a transversal data program: IDAMAR. IDAMAR (*Infraestrutura de Dados do Ambiente Marinho*) supports others by offering them geospatial data management services and geospatial data systems development. The third one is the Sensors and Ocean Technology program – IHSENORTECH.

Data sharing are one of the marine spatial data infrastructures driven. This requirement combines with the OGC web services and application programming interfaces (API) will increase machine to machine data share. The IHO are developing the S-100 hydrographic data model (Figure 5) to support the maritime data services and eNavigation initiative. (OHI, 2020)



Figure 6. SDI pillars (IHO MSDI-WG, 2017)

Aware of the importance of marine data resource, IH is strongly committed to make metadata and data reusable and shareable under FAIR principles (Wilkinson, Dumontier, Aalbersberg, & et. al.,

2016) – Findability, Accessibility, Interoperability e Re-usability. In order to make data available IH are developing a Data Policy align with European and National legal obligations and best practices requirements. The data policy should be a strategic document for the use of information resource who will balance the open as possible principle with the need for a sustainability of marine data infrastructures.



Figure 7. Hidrografico+ project development plan

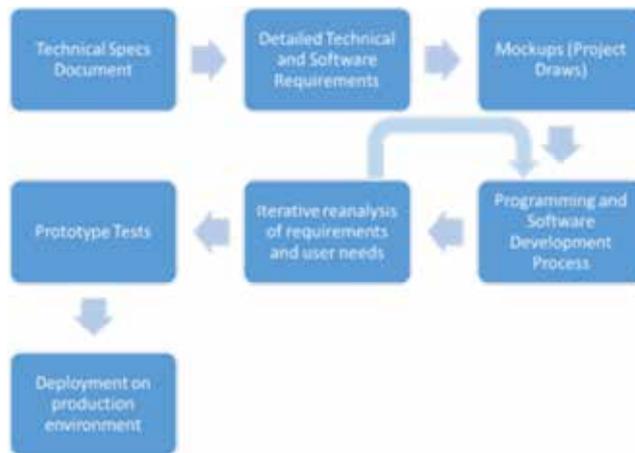


Figure 8. Project management model

### 3. METHODOLOGY

Conceptually a Marine Spatial Data Infrastructure (MSDI) implements the main pillars of spatial data infrastructures (Figure 6), all principles for interoperability and “FAIRness”.

MSDI could be seen as a subdomain of spatial data infrastructures specialized in blue geospatial data management. The Hidrográfico + project have been organized as an information systems project (Figure 7). The goal for the project was defined at the very beginning - “get a single access point for all geospatial information produced by IH”. For accomplish that goal the project team starts by collect the stakeholders needs, legal requirements and data sources.

After the requirements definition cycle the IH data management team collects all technical requirements for the Hidrográfico + MSDI and transposed them to the MSDI Technical Specification Document.

All single system blocks are developed under the same framework. The IT development team uses the technical specs document as starting point to define detailed software development requirements. After that produce some mockups about interfaces and functionalities, this project draws were present to client in a brainstorming way trying to find lacks and needs. After mockups approval the development stage begins. The software project team implements an agile workflow with permanent reanalysis and revisit of user needs. After some sprints the software component is mature and ready for tests and to be deployed in the production environment (Figure 8).

So far this model of project management seems to be fit for our purpose and allow project team to align the stakeholders needs, legal obligations and data sources specific formats to serve geospatial data in one single access point. Until now the project integrates



Figure 9. Hidrográfico + MSDI geoportal interfaces



Figure 10. Functionalities of Hidrográfico + - MSDI

several data layers, some served as OGC web services, others using specific purpose API. One of the main obstacles has been the dimension of some datasets as time series and how to interact with them in an efficient way.

## 4. RESULTS

The Hidrográfico + MSDI started the software development phase in 12 of December 2019. Since first of August 2020 the MSDI portal is online accessible at URL - <https://geomar.hidrografico.pt>. Figure 9 present some of the data interfaces already available at the geoportal.

The geoportal is still under development with periodic deployment of new functionalities and data layers. So far the users recognize the potential of this new tool as an organizational asset capable of support diverse scientific projects and clients – Human and machines.

Until now it was possible to implement the functionalities presented in the Figure 10.

One of the main purposes of this project was publish validated datasets online findable and accessible. In the next stage, the goal will be the harmonization process to convert the current dataset models to INSPIRE data models. This will require specific project but the most important is get datasets well documented available and accessible since now. The MSDI is based on open source technology and have been developed in a modular approach. This requirement potential the evolution of the infrastructure and is possible to insert or remove data services in an easily way.

The Hidrografico + platform can be extended with thematic modules, built on top of the data services available. These thematic modules can have a scientific, public or commercial nature, and be integrated inside the platform, or available in outside applications, developed by third party partners, leveraging the importance and value of the data services provided by IH, by creating new consumers of these data. Examples under development include modules for tides, scientific campaigns, and sea trip planning, to be available shortly, inside the Hidrografico + platform. Other modules can be added in the future, as the platform grows in terms of data and functionality.

The Hidrografico + platform currently serves free data, for visualization, and download. Some of the data is not available for download, because in the future will require a paid access to download that data.

The data sharing capability of the platform among the geo and EO (Earth Observation) community is also underway. Currently, there are plans to incorporate the IH free data into the European Comission (EC) funded

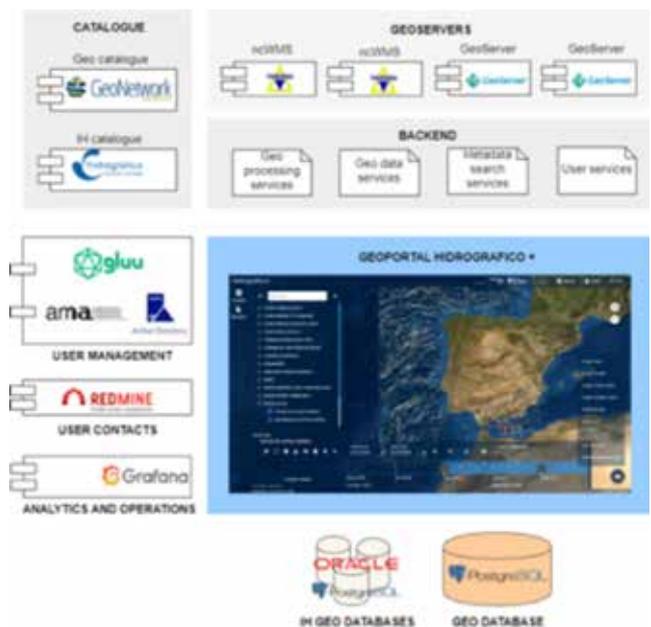


Figure 11. Hidrográfico + MSDI Architecture

NextGEOSS catalogue (<https://nextgeoss.eu/>), a European contribution to GEOSS (Global Earth Observation System of Systems), which consists of a next generation European data hub and cloud platform, for EO data, where the users can connect to access data and deploy EO-based applications. The concept revolves around providing the data and resources to the user communities, together with cloud resources, seamlessly connected to provide an integrated ecosystem for supporting applications.

Another platform consuming the Hidrografico + data services, starting by free data, will be the European Space Agency (ESA) funded ECOMI (E-COMmerce platform for Micro geoservices) platform, based on the store4EO platform (<https://www.store4eo.com/>), which aims to become a marketplace connecting EO service providers and users of such services. The platform aims to facilitate the delivery of innovative geo-services to various industries, the public sector, and the general public, while reinforcing that the use of EO services.

Putting all this together, the Hidrografico + is rapidly becoming a consolidated platform of geographic ocean data, by making easily available, the value of the data produced by IH, to a number of different community of users, and also and by integrating into a network of other geospatial European initiatives, where all those stakeholders can work together for the benefit of all.

The MSDI geoportal is support for integrated infrastructure of services and application servers as shown in the Figure 11.

Data search is implemented through the MSDI metadata catalogue developed using GeoNetwork application server. The geoportal data layers are dynamically updated using a real time backend service who continuously harvests the metadata catalogue to link the user to all data services available endpoints. This catalogue unifies the data servers (the several GeoServer and ncWMS), proving a consolidated metadata profile to the several OGC data services delivered by the servers, and also implementing the search capabilities to the data published in the GeoPortal.

The OGC geospatial services standards implementation is done using multiple GeoServer application servers. Time series netCDF data services are implemented using ncWMS servers, which are also linked to the GeoServer servers, to allow serving the data by multiple OGC protocols. The platform is designed to easily add new specialized GeoServers to the ecosystem, to easily scale the data publishing capabilities.

Several data layers are maintained on a PostgreSQL database, taking advantage of the PostGIS extension, which adds support for geographic objects to the Post-

greSQL object-relational database, providing a native support for storing and processing geographic data.

To support the MSDI management the Development team needs to implement Gluu server authentication processes based on external public administration authentication services and Internal Active Directory. This user authentication and authorization server, also provides the mechanisms to control the access to the data, because, some data or details of the data, might be only available for a certain group of users, and this server provides these functionalities.

For helpdesk/service desk the Redmine was the option taken. This server centralizes all the interactions between IH and the users, in terms of contact requests, issues, messages to be shown to the users from IH.

The Grafana application server is used for analytics and infrastructure monitoring indexes calculation. With this server, the platform becomes manageable on real-time, offering several dashboards and alerts about the activity of the entire infrastructure and application usage (for example, which services are requested more often, which have slower response times, etc.)

Finally, all these application servers, are aggregated into the GeoPortal, which is the main point of access to the users access the data and services.

## 5. FINAL REMARKS

Hidrográfico + MSDI components are used to support internal technical and scientific geospatial data management processes and to feed external clients with near real time data. This MSDI supports the organization mission as marine national laboratory, hydrographic chart authority. As navy unity supports maritime operations extremely depend of geospatial data.

Hidrográfico + since the internet deployment have been proved their value. The IH develops this project taking in account marine user needs. This MSDI should be mature at the Ocean Decade Beginning and we have great expectations about their role for decrease the ocean knowledge gap at National, European and Global level. This MSDI implements all identified requirements needed for interoperability. For sure will potentiate the access to IH blue geospatial data and have potential for private sector applications development. By this way IH will manage one infrastructure ready to be used in the Open Data Directive umbrella and align with INSPIRE requirements. This is one of the IH contributions for Ocean Decade, sustainable development goals and for national blue economy development.

The MSDI development is a never endless process. Digital era is a living ecosystems with rapidly and continuous development. For sure new requirements for digital data should show up soon. Yet, at this moment our main goals have been achieved.

## ACKNOWLEDGMENT

The "Hidrográfico +" project gets funding from FEDER -POCI-02-0550-FEDER-035422.



Authors acknowledge to all the Portuguese Hydrographic Institute and Deimos colleagues which by one way or another give a contribution to the Hidrográfico + MSDI Project.

## REFERENCES

- Comissão Europeia. (2020a). *2020 Blue Economy Report: Blue sectors contribute to the recovery and pave way for EU Green Deal*. Retrieved from [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_20\\_986](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_986)
- Comissão Europeia. (2020b). Blue indicators online dashboard. Retrieved from [https://blueindicators.ec.europa.eu/access-online-dashboard\\_en](https://blueindicators.ec.europa.eu/access-online-dashboard_en)
- European Commission. (2020). *Mission Starfish 2030: Restore our Ocean and Waters*. Retrieved from [https://ec.europa.eu/info/publications/mission-starfish-2030-restore-our-ocean-and-waters\\_en](https://ec.europa.eu/info/publications/mission-starfish-2030-restore-our-ocean-and-waters_en)
- Harper, S. (2016). [UKHO International Hydrographic Development Projects].
- IHO MSDI-WG. (2017). Publication C-17 - Spatial Data Infrastructures "The Marine Dimension" - Guidance for Hydrographic Offices". In: OHI.
- OCDE. (2016). *The Ocean Economy in 2030*. Retrieved from <https://www.oecd.org/environment/the-ocean-economy-in-2030-9789264251724-en.htm>
- OCDE. (2019). *Rethinking Innovation for a Sustainable Ocean Economy*. Retrieved from <http://www.oecd.org/publications/rethinking-innovation-for-a-sustainable-ocean-economy-9789264311053-en.htm>
- OHI. (2020). S-100 Universal Hydrographic Data Model Retrieved from <https://iho.int/en/s-100-universal-hydrographic-data-model>
- Soares, C.-a. C. V. (2020). *O Conhecimento científico do Oceano. Instituto Hidrográfico, conhecer o mar para que todos o possam usar*. Cadernos Navais, (57).
- United Nations. (2015). *Summary of the first global integrated marine assessment*. (A/70/112). Retrieved from <https://undocs.org/A/70/112>
- United Nations. (s.d.). SDG 14 - Conserve and sustainably use the oceans, seas and marine resources for sustainable development Retrieved from <https://sdgs.un.org/goals/goal14>
- Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., & et. al. (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*.

## About the authors

### Paulo Nunes

Navy officer and hydrographer at the Portuguese Hydrographic Institute. With more than 10 years of experience in hydrographic geospatial information management. Is the head of technical data management department responsible for Marine Spatial Data Infrastructure and scientific data life cycle management. Paulo has a Master in Geographic Engineering by Science Faculty of Lisbon University and an Hydrographic Category A Certificated by International Hydrographic Organization.

### Sara Almeida

Responsible for Portuguese Hydrographic Institute data management life cycle organizational standards and procedures. She has more than thirty five years of experience in marine data and information management, statistical analysis and programming processing algorithms for oceanographic data. Sara has a M.Sc. degree in Applied Mathematics (Operational Research), 1993 by Instituto Superior de Economia e Gestão of the Technical University of Lisbon, Portugal.

### Sérgio Saraiva

Agile Coach and Technical Manager at DEIMOS, with nearly 20 years of experience in successfully delivering IT projects, in several countries, technical domains and industries, like space, aeronautics, maritime, energy, and others. Throughout his career, Sergio achieved several relevant project awards, including in the Geographic Information Systems space. Sergio is graduated in Computer Science by the Lisbon Technical University and a Project Management and Agile Practitioner certifications by the Project Management Institute.

# Geoestratégia do município de Almada. O geoportal e o observatório do território de Almada na gestão do território

REVISTA **MAPPING**  
Vol. 29, 202, 22-28  
septiembre-octubre 2021  
ISSN: 1131-9100

*Geoestrategia del municipio de Almada. El geoportal y el observatorio del territorio de Almada en la gestión territorial*

Regina Pimenta

## Resumo

No âmbito da «Geoestratégia» definida para o Município de Almada, são apresentados os projetos relevantes que contribuem para a gestão do território. O artigo inicia-se com a menção à «Geoestratégia», incidindo nos objetivos e metas a serem alcançados. Segue-se uma breve referencia à metodologia e operacionalização.

Em alinhamento com a «Geoestratégia», são destacados os principais resultados alcançados pelo Município de Almada, como o «Geoportal» de Almada, mencionando os trabalhos em curso que o irão potenciar como “Infraestrutura de Dados Espaciais de Almada” (IDEA), e como ferramenta de suporte aos processos internos multidepartamentais. Também são apresentados o «Observatório do Território de Almada» e o «Relatório do Estado do Ordenamento do Território interativo» (REOTi), abordando aspetos como as suas finalidades e estruturas, terminando com uma referencia às plataformas e aplicações móveis (APPS) «Estabelecimentos comerciais»; «Equipamentos públicos»; «Turismo, cultura e lazer» e como as mesmas são relevantes na obtenção da geoinformação e na produção de dados estatísticos sobre o Território.

Por fim, são apresentadas as conclusões e considerações finais, destacando-se o percurso definido na «Geoestratégia» e o envolvimento de entidades públicas, privadas e de investigação, como forma de se obterem sinergias em trabalhos futuros no alcance Cidades e Territórios Inteligentes.

## Resumen

*Dentro del ámbito de la «Geoestrategia» definido para el Municipio de Almada, se presentan los proyectos relevantes que contribuyen a la gestión del territorio. El artículo comienza con la mención de «Geoestrategia», centrándose en los objetivos y metas a alcanzar. La siguiente es una breve referencia a la metodología y la puesta en funcionamiento. En consonancia con la «Geoestrategia», los principales resultados obtenidos por el Municipio de Almada, como el «Geoportal» Almada, mencionan el trabajo en curso que la potenciará como «Almada Spatial Data Infrastructure» (ASDI), y como herramienta de apoyo a procesos internos multidepartamentales. También se presentan el «Observatorio del Territorio de Almada» y el «Informe Estatal de Planificación Espacial interactiva» (REOTi), abordando aspectos como sus propósitos y estructuras, terminando con una referencia a las plataformas y aplicaciones móviles (APPS) «Establecimientos comerciales»; «Equipo público»; «Turismo, cultura y ocio» y cómo son relevantes para obtener geoinformación y producir datos estadísticos sobre el Territorio.*

*Por último, se presentan las conclusiones y consideraciones finales, destacando el camino definido en la «Geoestrategia» y la participación de entidades públicas, privadas y de investigación, como una forma de obtener sinergias en el trabajo futuro en el ámbito de la Ciudades y territorios inteligentes.*

Palavras chave: Geoestratégia, IDEA, Geoportal, Observatório, Almada.

Palabras clave: Geoestrategia, IDEA, Geoportal, Observatorio, Almada.

Coordenadora Equipa de Projeto Inovação  
e Gestão Territorial Câmara Municipal de Almada  
rpimenta@cm-almada.pt

Recepción 11/12/2019  
Aprobación 22/12/2019

## 1. INTRODUÇÃO

Compete às Autarquias Locais promover e salvaguardar os interesses das respetivas populações, em matérias relacionadas com equipamentos, ordenamento do território e urbanismo, energia, transportes e comunicações, educação, património e cultura, tempos livres e desporto, saúde, ação social e habitação, proteção civil e polícia municipal, ambiente e saneamento básico, entre outros (Lei 75/2013, de 12 de setembro).

É relevante que as decisões das Autarquias Locais no exercício das competências, na prossecução do interesse público e da proteção dos direitos e interesses dos cidadãos, sejam tomadas o mais próximo possível dos cidadãos, seguindo o princípio da subsidiariedade, o que implica uma transmissão clara das suas estratégias, políticas e planos de ação sobre as suas cidades e territórios.

Ao longo dos anos e resultante dos efeitos combinados, da urbanização, industrialização e globalização, o Município de Almada têm verificado profundas mudanças no seu território, em especial no final dos anos 60, como resultado da construção da Ponte 25 de Abril, que veio a introduzir grandes alterações na ocupação do solo.

O território de Almada, é bastante diverso, com uma forte componente ambiental (grande extensão de costa, praia e áreas protegidas), com uma componente social característica de uma forte expansão urbana (1ª e 2ª habitação) e também com uma componente económica com algum significado, resultante da fixação de algumas indústrias e empresas no seu território. Alcançar um desenvolvimento sustentável do território requer uma eficaz articulação das componentes sociais, ambientais e económicas, sendo relevante a existência de dados e sistemas, que lhes configurem inteligência e conhecimento, constituindo importantes ferramentas de apoio à implementação das estratégias e das políticas públicas inspiradas no paradigma da sustentabilidade.

Para planear, gerir e intervir no território, é fundamental a definição da «Geoestratégia» e a sua monitorização, suportada na geoinformação e nos sistemas e tecnologias informação geográfica (STIG).

## 2. GEOESTRÁTÉGIA DE ALMADA

Nos dias de hoje a urbanização sustentável é um dos desafios mais significativos das Autarquias Locais. Conseguir uma adequada resposta urbana para a habitação, impulsiona a necessidade de informações robustas sobre direitos, restrições e responsabilidades das propriedades (Rajabifard e Ho, 2015).

O crescimento urbano também conduz indiscutivelmente a uma necessidade de investimento em infraestruturas e serviços (Salat e Bourdic, 2012). A crescente adoção de estratégias

de consolidação urbana em todo o mundo, têm produzido uma série de outros desafios, como facilitar uma comunidade urbana inclusiva e forte (Randolph, 2006).

A necessidade de geoinformação em processos de desenvolvimento sustentável tem sido evidente nos últimos anos (Scott e Rajabifard, 2015). Precisamos, portanto, de informações atualizadas e em tempo real sobre os elementos presentes (construídos) no território, que permitam tomada de decisões promotoras de um funcionamento sustentável das cidades.

Informações associadas a dados estatísticos, podem por sua vez, ajudar os decisores a desenvolver políticas e planos de ação e monitorizar os resultados, incorporando os ajustamentos necessários ao alcance das suas estratégias e linhas de orientação.

Nesse sentido, no final de 2019 foi constituída a Equipa de Projeto Inovação e Gestão Territorial (EPIGT), e desta forma lançada a «Geoestratégia» de Almada, assente em 4 desafios (Figura 1):

- Consolidar a comunicação digital – Linha orientada para a inovação e otimização das soluções aplicacionais;
- Incrementar a satisfação do munícipe – Linha orientada para a satisfação dos munícipes, garantido a qualidade da informação territorial;
- Criar valor dentro e fora da organização – Linha orientada para a promoção de uma rede de conhecimento e capacitação dos recursos humanos;
- Promover a excelência organizacional – Linha adotada para a adoção de boas práticas e automatização dos processos.

A «Geoestratégia» está alinhada com a inovação, modernização e gestão do território, apostando em 3 vetores:

- Informação Territorial – Informação de base para o planeamento territorial (geoinformação/mapas/estatísticas)
- Inteligência Territorial – Sistemas e tecnologias que conferem inteligência aos dados e que permitem a gestão territorial (a intervenção dos atores)
- Sustentabilidade Territorial – Instrumentos e projetos estruturantes, redes de conhecimento e parcerias, que viabilizam a modernização, inovação e qualidade



Figura 1. «Geoestratégia» e os principais desafios

Foi também definido o planeamento 2020/2021 e a visão da sua continuidade para 2022 (Figura 2), cujo objetivo inicial foi potenciar a execução de iniciativas que possam eliminar as fragilidades identificadas, e que são:

A eliminar:

- Dispersão dos dados (postos de trabalho)
- Falta de aproveitamento do potencial dos sistemas e tecnologias de informação geográfica STIG (na aquisição, armazenamento, análise e visualização da informação)
- Inexistência de um sistema holístico, integrado e sistémico
- Existências de várias soluções aplicacionais, não interoperáveis
- Escassez de recursos humanos com competências em STIG
- Inexistência de um sistema *bottom-up*
- Não envolvimento de todos os atores com ação sobre o território
- Ausência de um repositório centralizado que permita o conhecimento do território, das intervenções a serem executadas em cada momento, quem envolver, quais as tarefas e prioridades de cada ator

A disponibilidade dos dados continua a ser restrita e por vezes com lacunas (falta de qualidade). No início dos trabalhos, a prioridade foi dada à informação territorial, e à centralização dos dados (geralmente não integrados na infraestrutura da Câmara Municipal). Nesse sentido, procedeu-se: a levantamento junto dos serviços para reconhecimento dos dados existentes e necessidades futuras; foi criado um sistema de gestão de base de dados geográfica (SGBDG); definida a estrutura e modelo de dados para os vários domínios de informação/áreas de atuação da Câmara Municipal de Almada; migrados os dados; definidos e implementados processos de aquisição e atualização da geoinformação, entre outros.

Também em 2020, decorrentes da ausência de sistemas holísticos e integrados, não permitindo o envolvendo todos os atores com intervenção no território e uma gestão do território integrada, foi lançado o «Geoportal». Atualmente estão a ser realizadas provas de conceito no âmbito do «Geoportal», para a configuração de áreas de trabalho



Figura 2. Planeamento da implementação da «Geoestratégia»

otimizadas para os serviços de acordo com as suas necessidades e regras de negócio.

Encontram-se em desenvolvimento outros projetos, que permitem disponibilização de dados estatísticos (multiescala e multidimensão) e a monitorização do território em várias temáticas, através de soluções simples e de sistemas *bottom-up*, que permitam o envolvimento dos vários interlocutores sobre o território. Já se iniciou o processo de capacitação de recursos humanos, o qual terá continuidade ao longo da implementação da «Geoestratégia».

No ano de 2021, será dada continuidade às restantes iniciativas, orientadas no caso da informação territorial, para atualização e controle de qualidade referente à toponímia e cartografia. No que diz respeito aos sistemas de informação, será concluída a implementação das áreas de trabalho e as integrações aplicacionais. A «Infraestrutura de Dados Espaciais de Almada» (IDEA) também deverá ficar implementada até 2021. Ainda nesse ano, se avançará para o desenvolvimento de processos relacionados com modernização, inovação e parcerias, neles se incluem a adoção da Diretiva Inspire (adaptada) e eventualmente a publicitação e disponibilização da geoinformação de Almada no Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG).

### 3. METODOLOGIA E OPERACIONALIZAÇÃO

A «Geoestratégia» de Almada, assente nos princípios orientadores das políticas públicas de dados abertos, tem vindo a desenvolver iniciativas e soluções, algumas delas de âmbito mais técnico e robusto que suportam o funcionamento dos serviços, como o caso do «Geoportal» e da «Infraestrutura de Dados Espaciais de Almada» (IDEA), e outras iniciativas mais ágeis e atrativas, recorrendo a plataformas e aplicações móveis (APPS), mais difundidas entre o público em geral que viabilizam a participação mais ativa do munícipe e da comunidade científica, nas quais se inclui o «Observatório do Território de Almada» e o «Relatório do Estado do Ordenamento do Território *iterativo*» (REOTI).

O objetivo da «Geoestratégia» consiste em eliminar os problemas identificados na secção anterior, e executar as seguintes iniciativas:

- Centralizar os dados e implementar processos de qualidade /Criar um sistema de gestão de base de dados geográfica (SGBDG)
- Adotar metodologias/desenvolver sistemas e tecnologia para atualização sistémica da informação e controlo de qualidade
- Adotar metodologias/desenvolver sistemas/plataformas multiescala, multidimensão capazes de promover

- uma comunicação eficiente entre os serviços e o município/cidadão
- Adotar metodologias/desenvolver sistemas e tecnologia de análise e identificação dos riscos, que possam apoiar intervenções da Proteção Civil
- Adotar metodologia/processos internos mais ágeis (adaptados aos serviços), para envolvimento, concordância e coresponsabilização dos atores
- Capacitar os Recursos Humanos
- Envolver atores que intervêm no território, Juntas Freguesias, Empresas Municipais, Serviços Municipais
- Implementar a «Infraestrutura de Dados Espaciais de Almada» (IDEA)

A abordagem adotada na operacionalização da «Geoestratégia» (Figura 3), é baseada na incorporação de dados derivados de diversas fontes e na sua utilização inteligente como forma de proporcionar uma eficiente atuação dos serviços municipais, não apenas para os movimentos e operações do dia-a-dia, mas também para o planeamento e gestão a longo prazo.

Inicia-se com os dados espaciais, e com o desenvolvimento e implementação do «Geoportal», o qual é concebido em 2 fases:

- 1ª fase - Disponibilizar informação (ao público e/ou serviços Câmara Municipal de Almada)
- 2ª fase - Suportar os trabalhos internos de forma otimizada (ambientes internos de trabalho sistémico) e que envolvem a definição e o conhecimento das regras de negócio

Em simultâneo à implementação dos «Geoportal», são desenvolvidas soluções mais orientadas para o planeamento, gestão e para o envolvimento dos decisores e para o cidadão em geral, como as «plataformas/aplicações móveis (APPS)», o «Observatório» e o «REOTi».

Na secção seguinte, é apresentada uma breve descrição dos principais resultados alcançados e que se pretendem vir a alcançar até 2021, destacando-se o «Geoportal» de Almada, o «Observatório do Território de Almada», o «Relatório do Es-

tado do Ordenamento do Território *interativo*» (REOTi) e a «Infraestrutura de Dados Espaciais de Almada» (IDEA), esta última como componente de inovação e rede de conhecimento.

## 4. PRINCIPAIS RESULTADOS

### 4.1. Geoportal

O «Geoportal», permite a disponibilização de informação territorial oficial, referente ao concelho de Almada. Funciona como um repositório único de geoinformação, gerido pela Câmara Municipal de Almada.

Para a concretização da «Geoestratégia», foram já realizados os seguintes trabalhos:

- Lançado o «Geoportal» de Almada a 31 de janeiro de 2020 (versão ao público) (Figura 4), possibilitando a emissão de planta de localização ao município para a instrução dos processos de urbanismo
- Migrada a informação para a SGBDG (Sistema de Gestão de Base de Dados Geográfica)
- Estruturada a informação para evitar/eliminar informação dispersa e duplicada (redundâncias)
- Analisada a geoinformação disponibilizada e objeto de controlo de qualidade
- Desenvolvidos outros módulos para disponibilização de geoinformação

O «Geoportal» é atualmente constituído por 3 módulos (Figura 5):

- INTERNET - Público – Informação Pública
- Atendimento ao Público – Informação Interna (urbanismo)/apoio dos serviços ao município na instrução dos processos de urbanismo
- INTRANET – Informação interna/restrita (informação que está a ser tratada/validada e/ou que pela sua natureza não possa ser pública) (Figura 5)

No âmbito dos trabalhos que integram a 2ª fase do Geoportal, foram já realizadas provas de conceito (protótipos),



Figura 3. Operacionalização «Geoestratégia».



Figura 4. «Geoportál de Almada» (Público/Internet)

de acordo com as áreas da atuação dos serviços:

- Urbanismo (submissão automática de processo do urbanismo)
- Proteção civil (ambientes de trabalho sistémico referente a ocorrências incêndios urbanos e riscos costeiros)

Até final de 2020, serão desenvolvidas as provas de conceito para os serviços cujas competências, envolvem uma forte intervenção sobre o território, destacando-se atividades de fiscalização, execução de obras, iluminação, sinalização, transportes e mobilidade.

No ano de 2021, seguem-se as restantes áreas de atuação, como: património, economia, educação, desporto, cultura, entre outras.

O objetivo será o envolvimento dos serviços na construção da solução a ser implementada (através dos seus contributos a validação da prova de conceito), viabilizando a disponibilização de áreas de trabalho para os serviços, integrando as soluções de trabalho em gabinete com solução móveis, e assegurando a interoperabilidade com outras aplicações de suporte, uma vez que assegurar a interoperabilidade entre sistemas e entre geoinformação de diferentes fontes é fundamental para o conhecimento do território e dos fenómenos que nele se desenrolam.

Sendo o «Geoportál» uma solução de utilização não generalizada pelos munícipes, optou-se por lançar outras soluções suportadas em plataforma e aplicações móveis – como as plataformas «Equipamentos públicos»; «Turismo, cultura e lazer»



Figura 5. Visão dos módulos que integram o «Geoportál de Almada»

e «Estabelecimentos comerciais» (Figura 6), que permitem a interação com o cidadão, prestando informação útil de forma mais simplificada. No caso das empresas, estabelecimentos comerciais, turismo e serviços públicos, possibilita que a informação seja submetida pelos proprietários ou entidades gestoras para divulgação, através de formulário próprio e atualizada sempre que pretendido pelo interessado. Previamente à sua disponibilização existe uma validação pela Câmara Municipal de Almada, sendo esta uma via para o envolvimento de todos os intervenientes no objetivo comum «Território de Almada» possibilitando também a obtenção de informação importante para a gestão do território.

#### 4.2. Observatório Território de Almada

O planeamento, análise, gestão e a tomada de decisão, são limitadas pela disponibilidade, qualidade e comparabilidade dos dados. Curiosamente, essas restrições de dados são ainda maiores no nível local, quando se pretende uma visão integradora, uniformizada e uma análise multiescala de alguns indicadores, o que dificulta a monitorização dos planos de ação e políticas e o seu alinhamento com as escalas supramunicipais.

O «Observatório do Território de Almada» (a ser lançado no final de 2020), concebido para dar resposta à limitação apontada, disponibiliza um conjunto de informação referente ao Território de Almada, tem como finalidade:

- Disponibilizar informação sistematizada, através de indicadores e da sua representação espacial e gráfica, permitindo compreender o território, assegurar a sua avaliação e o seu desenvolvimento sustentável
- Proporcionar a consulta de outros níveis de informação desde a mais simples, orientada para o cidadão, até à mais técnica, como o «Geoportál» e o «Relatório do Estado do Ordenamento do Território *interativo*» (REOTI); e outras plataformas e aplicações móveis («Estabelecimentos comerciais»; «Equipamentos públicos»; outras)
- Promover um espaço de conhecimento e de inovação, e o envolvimento da comunidade científica

O «Observatório do Território de Almada» (Figura 7), é constituído por blocos e níveis de informação, os quais permitem:



Figura 6. Plataforma «Estabelecimentos Comerciais»

- Conhecer o Território de Almada
- Definir, priorizar e monitorizar as políticas municipais nos vários domínios
- Avaliar o desempenho do Município de Almada ao nível das políticas públicas setoriais (supramunicipais)
- Criar uma rede de conhecimento entre a Autarquia, Universidades e Empresas
- Divulgar as empresas, comércio, turismo, cultura e serviços públicos existentes no Território de Almada
- Disponibilizar informação que permita uma participação ativa dos munícipes e cidadãos, no alcance de um TERRITÓRIO DE MUITOS

#### 4.3. Relatório do Estado do Ordenamento do Território interativo

Uma das responsabilidades das Autarquias Locais, é a prossecução das políticas públicas de ordenamento do território e de urbanismo a nível municipal, e nesse sentido devem elaborar e manter atualizada informação territorial, bem como, proceder à execução dos Relatórios do Estado do Ordenamento do Território (REOT), os quais deverão traduzir o balanço da execução dos programas e dos planos territoriais.

No âmbito da «Geoestratégia» (Figura 8) optou-se por um modelo de «Relatório do Estado do Ordenamento do Território *interativo*» (REOTi), o qual será uma solução interativa a disponibilizar até ao final do 1º semestre de 2021), com a execução automática de gráficos, mapas e tabelas, que possibilitem uma avaliação das dinâmicas territoriais e do sistema de gestão territorial, integrando também um sistema de monitorização (semiautomático), de forma a cumprir com as finalidades estabelecidas para um REOT.

#### 4.4. Inovação e rede do conhecimento

O resultado pretendido será obter uma ferramenta com informação coesa e credível, suportada na «Infraestrutura de Dados Espaciais de Almada» (IDEA) e nas várias bases de dados/sistemas dispersos pelos vários serviços (Figura 9), que possa ser utilizada internamente e nas operações diárias pelos serviços, pelos decisores e responsáveis estratégicos e operacionais, e também pelas empresas, universidades e cidadãos.



Figura 7. «Observatório do Território de Almada»

## 5. TRABALHOS FUTUROS

São apresentados algumas iniciativas e projetos, que se pretendem iniciar ao longo de 2021, destacando-se:

#### Normalização e qualidade

- Instrumentos estratégicos – Manual Processos; Orientações Internas (2021/2022)
- Qualidade (certificação ISO) – Adaptação da Diretiva Inspire /LADM (2021/2022)
- Candidaturas e financiamentos (2021/2022)
- Rede conhecimento e parcerias – Território Inteligente (2021/2022)
- Projetos estruturantes território – Protótipo Cadastro multifuncional Almada (2022)

#### Cadastro e atualização sistémica cartografia

- Homologação cartografia 1: 10.000 (2021)
- Produção cartografia 1:1000 (25 % território Almada) (2021)
- Produção cartografia 1:1000 (75 % território Almada) (2022)
- Cadastro Multifuncional Almada (2022)

#### Políticas e planos de ação território inteligente

- Territórios Inteligentes (2022)
- Monitorização e Avaliação Políticas e Planos de Ação, com definição de indicadores à escala municipal referentes aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e Economia Circular

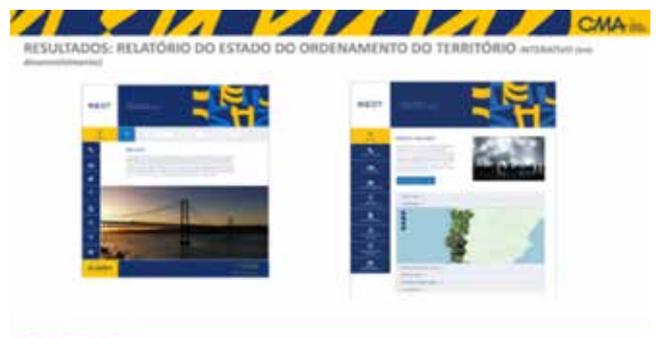


Figura 8. «Relatório do Estado do Ordenamento do Território interativo (REOTi)»



Figura 9. «Infraestrutura de Dados Espaciais de Almada (IDEA)»

## 6. CONCLUSÕES

Ao nível municipal, é reconhecida a necessidade de sistemas de informação holísticos e integrados, que promovam o conhecimento do território e dos fenómenos que nele se desenrolam, possibilitando a gestão dos solos municipais e dos ativos construídos, sendo relevante a incorporação de dados referentes a estatísticas das propriedades, informações sobre a sua valorização, atividades de transferência, bem como informação sobre o controlo e gestão do tráfego urbano, dos sistemas de saneamento e abastecimento de água, da recolha de resíduos, dos sistemas de combate a incêndios e de segurança pública, entre outros.

A tecnologia tem vindo a agilizar a obtenção e a disponibilização de informação sobre o território, pelas vias mais institucionais, quer de fontes anónimas (*crowdsourcing*) através de serviços móveis, ou até proveniente de sensores. As infraestruturas de dados espaciais (IDE) combinadas com soluções orientadas para disponibilização de dados estatísticos são poderosos instrumentos, permitindo:

- Atualização sistémica e monitorização da informação
- Análises multiescala e multidimensão
- Avaliação de riscos, criação de cenários (para preparação de rotinas para utilização pela proteção civil)
- Envolvimento de todos os atores intervenientes no território (entidades públicas, privadas e investigação, município, cidadão)

Contribuindo para um TERRITÓRIO Inteligente e de MUITOS!



## AGRADECIMIENTOS

À Câmara Municipal de Almada e a todos os que contribuem para a viabilização e implementação da «Geoestratégia de Almada», em especial à Sr.<sup>a</sup> Presidente, à Equipa Inovação e Gestão do Território e a todos os serviços da Câmara Municipal de Almada que têm trabalhado nestas matérias. Uma referência à *Hexagon* e à *Waymotion*, no apoio ao desenvolvimento das soluções aplicacionais base do «Geoportal» e «Observatório», respetivamente.

## REFERENCIAS

Assembleia da República. Lei n.º 75/2013. Diário Da República, 1.ª série (N.º 176 — 12 de setembro de 2013),

(5688 a 5724). Acedido a 30 de outubro 2020 em <https://dre.pt/application/conteudo/500023>

Jornal Oficial da União Europeia L108/1 de 25.04.2007.

Diretiva 2007 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de Março de 2007, que estabelece uma infra-estrutura de informação geográfica na Comunidade Europeia (Inspire). Acedido a 30 de outubro de 2020 em <http://data.europa.eu/eli/dir/2007/2/oj/2/CE>

Rajabifard, A. and Ho, S. (2015). Towards smart future cities: 3D cadastres as a fundamental enabler. *Coordinates*, XI(4), pp. 8-11.

Randolph, B. (2006). Delivering the compact city in Australia: current trends and future implications. *Urban Policy and Research*, 24(4), 473-490.

Salat, S. and Bourdic, L. (2012). Urban complexity, efficiency and resilience. In Z. Moran (ed.), *Energy efficiency – a bridge to low carbon economy* (pp.25-44). InTech.

Scott and Rajabifard, (2017) Sustainable development and geospatial information: a strategic framework for integrating a global policy agenda into national geospatial capabilities. *Geo-spatial Information Science*. DOI: 10.1080/10095020.2017.1325594

Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG). Acedido a 30 de outubro de 2020 em <https://snig.dgterritorio.gov.pt/>

## Sobre o autor

### Regina Pimenta

Licenciada em Engenharia Geográfica, mestrado em Engenharia Civil com especialização em Engenharia Urbana. Atualmente Coordenadora Equipa de Projeto Inovação e Gestão Territorial Câmara Municipal de Almada.

No setor público, tem assumido funções de dirigente e exercido a coordenação de projetos, em áreas relacionadas com sistemas de informação geográfica, ordenamento do território/urbanismo e gestão estratégica, destacando-se o Geoportal de Almada; Observatório Território de Almada; Plataforma de Gestão Estratégica Economia; I-GEO; Sistema Nacional de Informação Territorial (SNIT), Sistema de Submissão Automática de IGT (SSAIGT); Observatório do Ordenamento Território das Novas Travessias do Tejo, entre outros.

No setor privado, exerceu funções de direção técnica, coordenação e conceção de projetos, nacionais e internacionais em diversas áreas (cadastro multifuncional, urbanismo, e gestão estratégica).

# MAPS & CRAFTS



[www.mapsandcrafts.com](http://www.mapsandcrafts.com)

[info@mapsandcrafts.com](mailto:info@mapsandcrafts.com)



*Nuestra pasión es la Cartografía  
y la artesanía hecha con ella*

# El mapa automático: innovación pública para la generación del Mapa Topográfico Nacional

REVISTA **MAPPING**  
Vol. 29, 202, 30-40  
septiembre-octubre 2021  
ISSN: 1131-9100

## *Automated map: public innovation for the generation of National Topographic Map*

Alfonso Boluda Sánchez, Ana Maldonado Ibáñez, Adolfo Pérez Heras, Felisa Quesada Bustos, José Alfonso De Tomás Gargantilla, M<sup>a</sup> Paz Navas López, Santiago Prieto Del Caño, Alicia González Jiménez

### Resumen

Son diversos los motivos que han impulsado al Instituto Geográfico Nacional (IGN) a implementar un proceso de generación automática del Mapa Topográfico Nacional (MTN), tanto a escala 1:25.000 como a 1:50.000, frente a la vía informática tradicional de las últimas décadas, entre los que los principales han sido la limitación de recursos y la búsqueda de una rápida respuesta a la demanda de geoinformación actualizada de una sociedad cada vez más exigente. Con este nuevo proceso automático se pueden obtener anualmente los ficheros de las 4019 hojas del mapa, disponibles a través del Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) y de los servicios WMS y WMTS de cartografía ráster del IGN. Esta metodología también se aplica en la generación de las hojas para la publicación impresa, cuya salida final sí requiere un proceso de edición simplificada realizada de forma mucho más eficiente que con anteriores procedimientos.

### Abstract

*There are different reasons that have prompted the National Geographic Institute (IGN) to implement a process for the automated generation of the National Topographic Map (MTN), at scale of 1:25,000 and 1:50,000, compared to the traditional computer technique of recent decades, being the main reasons the limitation of resources and the search for a quick response to the demand for updated geoinformation of an increasingly demanding society. With this new automated process, 4019 map sheets can be obtained annually, available through the Download Center of the National Geographic Information Center (CNIG) and the IGN's raster cartography WMS and WMTS services. This methodology is also applied in the generation of the map sheets for the printed publication, whose final output requires a simplified editing process performed much more efficiently than with previous procedures.*

**Palabras clave:** Mapa Topográfico Nacional, MTN25, cartografía, BTN25, IGN, proceso automático.

**Keywords:** National Topographic Map, MTN25, cartography, BTN25, IGN, automated process.

*Técnico del Servicio de Mapa Topográfico Nacional,  
Instituto Geográfico Nacional  
absanchez@mitma.es, fquesada@mitma.es, mpnavas@mitma.es  
Técnico de la S.G. de Geodesia y Cartografía,  
Instituto Geográfico Nacional  
amaldonado@mitma.es  
Técnico de la S.G. de Geodesia y Cartografía,  
Instituto Geográfico Nacional  
aperez@mitma.es, jadetomas@mitma.es, sprieto@mitma.es  
Técnico de la S.G. de Geodesia y Cartografía,  
Instituto Geográfico Nacional  
agjimenez@mitma.es*

*Recepción 10/12/2019  
Aprobación 20/12/2019*

## 1. INTRODUCCIÓN: ¿POR QUÉ UN MAPA AUTOMÁTICO?

La producción de cartografía ha experimentado una fuerte evolución gracias al desarrollo de nuevas tecnologías, tanto en la captura directa o indirecta de los objetos geográficos como en la edición y redacción cartográficas y en la difusión de los productos. Esta transformación se puede observar en los aspectos que se describen a continuación.

### 1.1. Herramientas y métodos de captura

De la toma directa de datos en campo con instrumentación y métodos de topografía clásica se pasó a la toma de fotogramas y posterior restitución, primero analógica, después digital, terminando con la rectificación y generación de ortofotos, modelos digitales del terreno, y datos LiDAR, todo ello cada vez con mayor resolución espacial y frecuencia temporal.

### 1.2. Métodos y flujos de producción

Cuando empezaron los trabajos de generación del Mapa Topográfico Nacional (MTN) (MTN25, 2014), gran parte de los recursos del IGN iban destinados a este objetivo, ya que se trataba del producto más importante, la base de la que procedían otros productos de cartografía derivada, así como diferentes aplicaciones en ordenación del territorio, proyectos de ingeniería, orientación en el terreno, etc.

La captura, formación y edición de las hojas se realizaba directamente en el Mapa.

Cuando la tecnología permitió crear las bases de datos geográficas, se procedió a importar los datos del MTN a este nuevo formato, dando propiedades topológicas a los objetos geográficos procedentes del mapa, generándose la llamada Base Cartográfica Nacional (BCN). Esto permitía obtener nuevas aplicaciones, como análisis espacial y semántico de los datos, interoperabilidad con otros conjuntos de datos, etc. La desventaja de esta metodología era que se trabajaba con geometrías editadas para la escala del mapa, que por tanto sufrían desplazamientos y deformaciones fruto de la redacción cartográfica.

Esta circunstancia llevó a cambiar el método de producción, y a crear la llamada Base Topográfica Nacional (BTN25) (BTN25, 2009), a partir de las geometrías procedentes de los

ficheros de restitución, y de la semántica de la antigua BCN. Desde ese momento cambió el paradigma en cuanto a los procesos de producción, realizando ahora las actualizaciones sobre la propia BTN, convirtiéndose el Mapa en un producto derivado de esta Base de Datos.

Si antes el ritmo de producción lo marcaba el Mapa, ahora éste debe ajustarse lo máximo posible a la planificación de actualizaciones de la BTN.

### 1.3. Entornos de producción

Desde que se comenzaron a publicar ediciones digitales de MTN, se ha utilizado una herramienta CAD para la edición del Mapa. Incluso cuando cambió el flujo de producción a la BTN, tanto para la captura como para la formación de las hojas se utilizaba el mismo *software*, y un entorno de edición muy similar en el que podían aprovecharse ciertos elementos para la edición del Mapa, como gran parte de la toponimia (cadenas de texto, situación y orientación). Ahora todas las fases de actualización de la BTN se realizan bajo un entorno SIG (Geomedia, ArcGis), los elementos tienen múltiples atributos y los textos son también atributos vinculados a cada elemento que pierden su posición respecto al Mapa. La obtención del MTN supone una edición de la BTN cada vez que ésta se actualiza, lo que ralentiza el proceso.

### 1.4. Ámbitos de actuación

Hasta hace poco la unidad de producción tanto del MTN como de la BTN25 eran las hojas de Mapa. Hoy en día, aunque para la publicación del MTN se siga utilizando esta unidad de producción, para otros productos del IGN, que son sus fuentes de datos, los ámbitos de actuación son diversos: desde la provincia hasta el territorio nacional. Estas

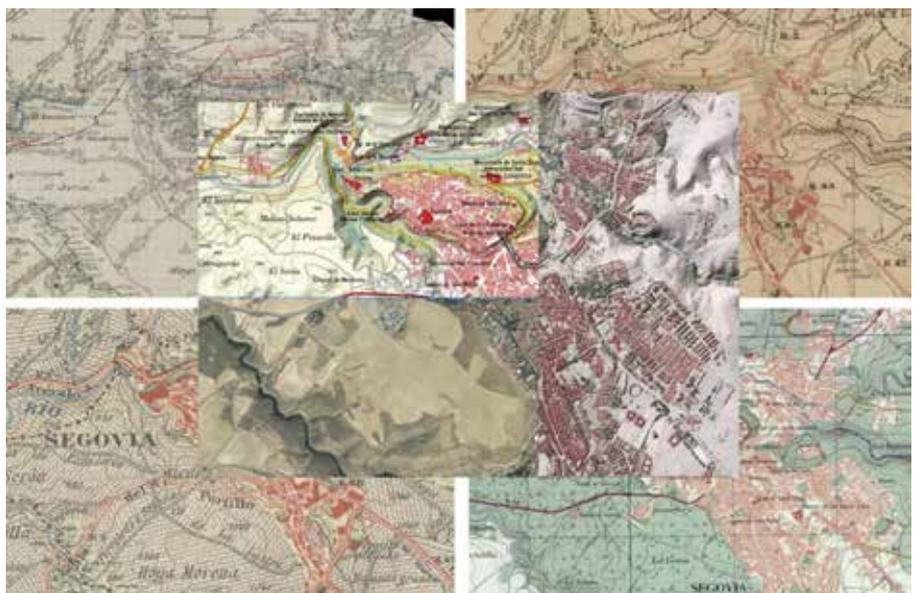


Figura 1. Mapa de España

actuaciones obligan a actualizar un gran número de hojas del MTN que se ven afectadas.

### 1.5. Difusión de los datos

En poco tiempo se ha pasado de publicar ediciones impresas de Mapa a difundir grandes volúmenes de datos geográficos en servicios WMS/WMTS y descargas. El MTN también se encuentra disponible por todos estos canales y puede visualizarse fácilmente junto con otros conjuntos de datos, como bases de datos geográficas, imágenes aéreas e imágenes espaciales; razón por la que es muy importante que el tiempo de actualización sea lo más sincronizado posible.

### 1.6. Disminución de recursos e incremento de la demanda de información actualizada

La edición y redacción cartográfica es un proceso muy costoso que requiere de personal altamente especializado por su fuerte componente estética. El IGN ha contado en su historia con una gran plantilla de delineantes y especialistas cartográficos que han realizado esta labor, primero con métodos analógicos y más tarde con procesos digitales, pero esta plantilla se ha ido reduciendo progresivamente y gran parte del conocimiento se está perdiendo.

Además, los recursos materiales destinados a la contratación de estos trabajos también han sufrido una reducción importante y, en consecuencia, el volumen de hojas que pueden publicarse es bajo respecto a la difusión de otros conjuntos de datos producidos por el IGN.

Sin embargo, y en gran parte motivado por el acercamiento de la información geográfica a la sociedad que en los últimos tiempos han impulsado múltiples plataformas globales (Google, etc.) gracias a la facilidad de acceso que permite la cartografía digital, los usuarios demandan un incremento significativo en la frecuencia de la disponibilidad de datos y una mayor actualización de los mismos.

La combinación de ambas circunstancias motiva la necesidad de evolucionar el método de producción con dos objetivos claros: ser más rápido y eficiente.

### 1.7. Necesidad de visibilizar las Bases de Datos Geográficas del IGN

El MTN es un producto muy demandado y conocido por toda la comunidad de usuarios de información geográfica. Estar basado en otros conjuntos de datos producidos en el IGN le convierte en una ventana muy importante para visualizar las actualizaciones producidas en sus fuentes de datos de origen. Por tanto, los productores de esos datos también demandan a su vez que sus actualizaciones queden reflejadas lo antes posible en el Mapa.

Toda esta evolución, en múltiples aspectos de los procesos productivos del IGN, hace casi imperativo un profundo cambio en el modelo de producción del MTN. Los avances tecnológicos presentan una oportunidad para llevar a cabo esa transformación, orientada en gran medida a la automatización de los procesos de edición, redacción y publicación cartográficos, y que, asumiendo las inevitables diferencias con un producto de altísima calidad que tradicionalmente se ha venido publicando por el IGN, intente compensarlas con la ventaja que supondrá la posibilidad de obtener, de manera casi inmediata, actualización de información con respecto a las bases de datos geográficas del IGN.

## 2. FLUJO PARA LA GENERACIÓN DEL MAPA AUTOMÁTICO

El Mapa Automático se obtiene mediante la ejecución de un flujo de procesos automáticos que tratan de emular los procedimientos tradicionales que se suceden en la elaboración de un mapa tradicional. Se compone de **tres fases**: una primera, en la que se aplican procesos de generalización y edición hasta obtener una primera salida en formato vectorial; una segunda, donde los resultados anteriores son almacenados en base de datos; y una tercera, donde se aplican las técnicas de simbolización y rasterización hasta obtener la salida final del mapa en formato ráster.

### 2.1. FASE I: Procesos vectoriales de generalización y edición

Estos procesos automáticos aplican técnicas de redacción cartográfica a los fenómenos geográficos provenientes de las fuentes de origen para conseguir una representación cartográfica legible de los mismos:

- Generalización a la escala de visualización
- Clasificación y simbolización según una leyenda
- Edición de elementos para asegurar la legibilidad
- Rotulación de entidades con un rótulo de estilo determinado y colocado de manera que identifique al elemento rotulado sin ambigüedad
- Calidad estética, dentro de lo posible, del mapa resul-

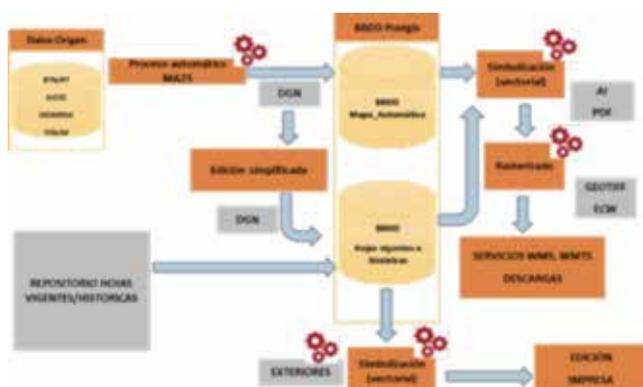


Figura 2. Flujo para la generación de los distintos productos que se obtienen a partir de la producción automática del mapa

tante, convirtiéndose este punto en uno de los más críticos del mapa automático

Estas reglas de actuación se han formalizado mediante una serie de operaciones de generalización y edición automática sincronizadas dentro de un flujo que integra dichas operaciones.

La generalización automática presenta dificultades conocidas, entre otras razones, por la elección de los parámetros de generalización ajustados a cada escenario, los cuales asumiría de manera natural un cartógrafo cuando generaliza «a mano» a la vista de cada zona del mapa. Por ello, a lo largo de todo el flujo automático aparecen diversos algoritmos que analizan el contexto de cada elemento para decidir las estrategias en el tratamiento de los diferentes fenómenos. Así, por ejemplo, la densidad de edificación será determinante en la elección del tipo de tratamiento en los edificios de cada partición de densidad.

Otra de las dificultades de la generalización automática es la alta dependencia entre los elementos del mapa, desencadenándose repercusiones en bucle al actuar sobre un elemento y desarreglar elementos tratados en pasos anteriores. Para dar respuesta a este problema y evitar procesos iterativos, el flujo está basado en la ejecución de una secuencia de procesos ordenados en función de las restricciones a la alteración de los elementos que modifican. De esta manera, en primer lugar, se llevarán a cabo actuaciones sobre los elementos con mayor restricción de modificación, a partir de las cuales se irán sucediendo las siguientes actuaciones sobre elementos con menor restricción.

Por último, una dificultad más de la generalización automática es que los procesos están actuando sobre grandes conjuntos de datos variables no conocidos a priori, lo que hace necesario conocer los modelos de datos de dichos conjuntos y las relaciones que pueden darse entre ellos. Esto pone de manifiesto la importancia de la consistencia de las fuentes de datos de partida. La automatización de este proceso requiere que las fuentes de datos estén armonizadas, con relaciones semánticas y topológicas conocidas y aseguradas.

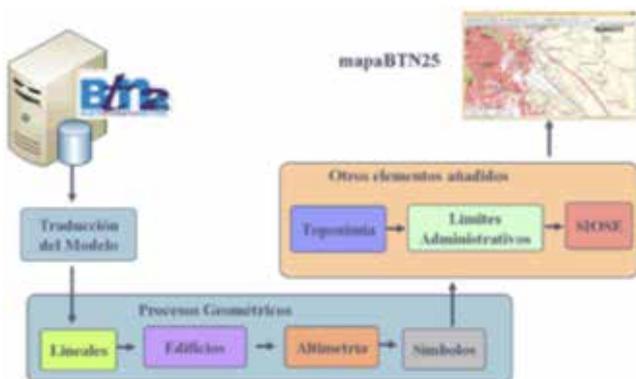


Figura 3. Gráfico de los módulos componentes del flujo

La implementación de este flujo es una sucesión de procesos sincronizados entre sí implementados principalmente en *Feature Manipulation Engine* (FME) (FME, 2020) y algunos *scripts* de Python de la librería ArcPy.

El flujo está orquestado por una herramienta principal que ejecuta secuencialmente cada uno de los procesos o módulos que a continuación se describen, sobre el listado de hojas que se deben procesar.

### Extracción de datos origen

La primera fase consiste en extraer los datos a procesar para cada hoja, recortados por el marco correspondiente, a partir de las siguientes fuentes origen:

- La BTN25 (con las Redes de Transporte integradas)
- Delimitaciones Territoriales (Sistema de Información Geográfica de Líneas Límite, SIGLIM)
- Red Geodésica
- Coberturas de ocupación de suelo (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España, SIOSE)

### Tratamiento preliminar de los fenómenos extraídos mediante scripts de Python utilizando librerías de ArcPy

Sobre los objetos seleccionados se realizan las siguientes operaciones:

- Regularización del contorno de edificios mediante la eliminación de detalles menores a una tolerancia superficial, ya que la capa origen (edificaciones de Catastro) posee demasiado detalle para la escala de visualización del mapa
- Unificación de calzadas de autopistas y autovías
- Desplazamiento progresivo de elementos lineales, partiendo desde los más fijos como hidrografía o vías de ferrocarril hasta los más móviles como caminos o sendas
- Generalización del entramado de viales urbanos

### Cambio de modelo de la información

Tras el proceso anterior y a partir de los elementos en el modelo de datos de la BTN se obtiene un modelo que más adelante asociará, en el proceso de simbolización y rasterización, las cualidades visuales de dichos elementos en el mapa: colores, grosores, estilos, fuentes, etc.

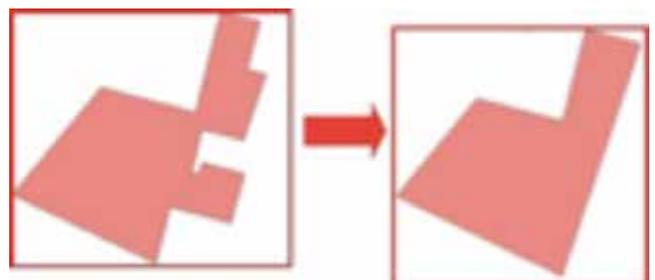


Figura 4. Regularización de formas en edificios

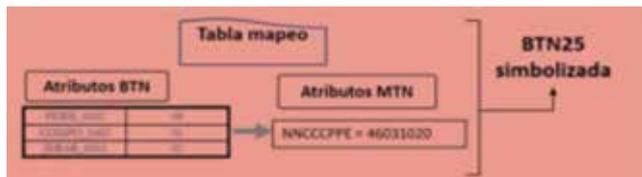


Figura 5. Traducción del modelo

### Tratamiento de elementos lineales para mejorar su legibilidad en el mapa

Para incrementar la legibilidad de elementos lineales en el mapa se aplican dos tratamientos: la generación de elementos representativos de túneles y puentes en vías de comunicación, y la generalización de cerramientos (tapias) en función de su densidad y disposición sobre el mapa.

### Tratamiento de elementos de construcción

Se trata de un módulo con una gran carga de procesamiento ya que los edificios sufren numerosas actuaciones para conseguir una representación legible a la escala de salida, pero conservando la representatividad de la zona. Al simbolizar edificios y vías de comunicación mediante símbolos puntuales y líneas con tamaños y anchos perceptibles a escala, se generan solapes entre dichos elementos que en la realidad no se producen. Las estrategias de actuación parten de un análisis preliminar de densidad:

- **Edificios en baja densidad**, como diseminados o edificios aislados: en esta partición se procura separar elementos puntuales y lineales para mejorar la legibilidad.
- **Edificios en media densidad**, como urbanizaciones de casas: se realiza un filtrado que elimina solapes entre símbolos manteniendo el patrón de densidad de la zona.
- **Edificios en alta densidad**, como cascos de población: en esta partición se realiza una generalización procurando mantener el esqueleto urbano que caracteriza el núcleo. Aquí se suceden operaciones de agrupaciones de edificios, recortes con el entramado urbano o sustituciones de grandes bloques por sus manzanas.

### Altimetría

Consiste en realizar una selección y clasificación de los puntos de cota más representativos del terreno.

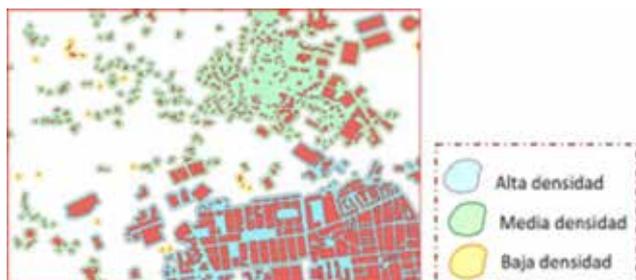


Figura 6. Clasificación de zonas por densidad de edificios



Figura 7. Separación de edificaciones con elementos lineales

### Simbología puntual

En relación a la simbología puntual y con objeto de mejorar la legibilidad y la estética del mapa, se llevan a cabo las siguientes actuaciones:

- La recolocación de algunos símbolos puntuales respecto a elementos lineales asociados, por ejemplo, hitos en carreteras.
- La simbolización de áreas mediante patrones de símbolos puntuales: las centrales solares se rellenan con símbolos de placas solares o las explotaciones mineras con el símbolo de mina.

### Etiquetado

Se trata de un módulo que trata de resolver, sin duda,

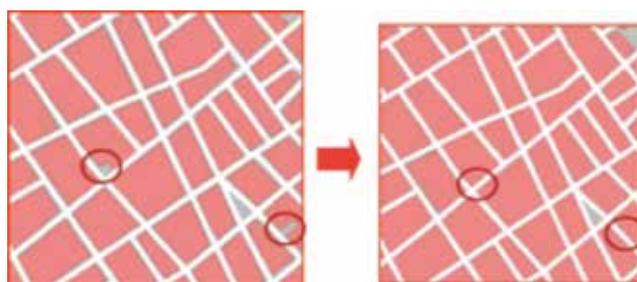


Figura 8. Expansión de manzanas en cascos de población



Figura 9. Tratamientos especiales de símbolos: creación de tramas en entidades superficiales. Central solar

uno de los desafíos más complejos de todo el proceso: la selección y correcta ubicación de la toponimia. En él se generan etiquetas para los elementos con un estilo definido en función de la clasificación del elemento rotulado. Este módulo está en constante proceso de mejora para solventar las dificultades de implementación, debidas en parte a la gran cantidad de rótulos provenientes de la BTN y a la ausencia de jerarquía de rótulos para una misma clase.

### Incorporación de límites administrativos

Se integran las líneas de límites jurisdiccionales procedentes del Sistema de Información Geográfica de Líneas Límite (SIGLIM). Las geometrías no sufren modificación alguna, con el fin de respetar al máximo el trazado de las mismas.

### Integración de la capa de coberturas procedente de SIOSE

En esta fase se realiza la traducción del modelo de datos SIOSE a la leyenda del MTN y las correcciones geométricas de fenómenos coincidentes, como son los contornos de láminas de agua o reservas planimétricas.

### 2.2. FASE II: Almacenamiento de las salidas del proceso en base de datos

Una vez ejecutado el proceso de generación de mapa automático se han obtenido los archivos CAD con las geometrías de la planimetría (dgn) y de los usos del suelo (sio) para cada una de las hojas procesadas. Estos archivos, que son el punto de partida del proceso de edición simplificada, además son almacenados en una base de datos PostGIS, que será el origen del proceso de simbolización y rasterización, para su publicación bien en servicios web de mapas o bien para descargas de hojas ráster.

En la base de datos PostGIS se almacenan las geometrías procedentes de dichos archivos asignando a cada elemento un código que se asocia al estilo de visualización interpretado posteriormente por el proceso de simbolización.

La información se almacena estructurada en tablas clasificadas por tema (según la clasificación de los 10 temas de BTN: 01 límites administrativos, 02 altimetría... más el 11 para usos del suelo) y por tipo de geometría (Lineal, Puntual, Superficial).

En el caso particular de los textos, las geometrías se almacenan como entidades puntuales, con los atributos añadidos de valor (contenido del texto), rotación, escalado. Y en el caso particular de los símbolos puntuales, estos se

guardan también como entidades puntuales con los atributos añadidos de rotación y escalado.

Además, existe una tabla que recoge la información asociada a cada hoja (metadatos como geometría del marco, huso de la hoja, nombre de la hoja, fecha de alta...) y que está relacionada con las tablas de geometrías mediante un identificador de cada hoja en cada registro de geometrías.

### 2.3. FASE III: Simbolización, rasterización y generación de las salidas finales de ficheros

La última fase comprende la aplicación de los flujos de simbolización y de rasterización, y la generación de las salidas finales de ficheros.

#### Flujo de simbolización

Se realizan las siguientes operaciones:

- Atribución semántica: a través de un mapeo sobre estos datos de la base de datos PostGIS, se asignan unos atributos, como la capa y la descripción, para facilitar la simbolización.
- Importación en MAPublisher (2020): sobre una plantilla diseñada con Adobe Illustrator, y a través de FME, se carga la información y se aplica la simbolización correspondiente a esa plantilla.
- Estructura de capas: es necesario establecer un orden de visualización puesto que la simbología tiene que cumplir una jerarquía determinada, estando, por encima de todo, las tres capas de texto (textos en negro, azul y siena), después los símbolos puntuales, estilos de línea y, por último, las capas correspondientes a los usos del suelo. Esta ordenación de capas (resuelta de forma alfabética) se hace en el momento previo a simbolizar, de forma que las capas ya se obtienen ordenadas visualmente.
- Exportación a GeoPDF: se generan los formatos AI de Illustrator y GeoPDF.

#### Flujo de rasterización

Se extrae del GeoPDF el ráster embebido en él y, mediante una serie de subprocesos dentro del flujo general

Atributos	Descripción
id	Identificador autonumérico único. Se asigna a cada elemento almacenado mediante id_hoja_c
num_hoja	Número de la hoja
fecha_alta	Fecha en la que fue subida la hoja a Postgis (cuando se usó el programa para esa hoja)
procedente	Nombre del equipo desde el que se procesó la hoja
huso	Huso de la hoja. Proviene del marco que efectuó el corte
nombre_hoja	Nombre de la hoja. Proviene del marco que efectuó el corte
geom_marco	Geometría del marco que se usó para el recorte reproject UTM

Clase	tema	tema	tema	Descripción
id	id	id	id	Referencia al id de la tabla Hoja_c
recorte	recorte	recorte	recorte	Recorte para proceso simbolización
cota	cota	cota	cota	Sólo se refiere para para altimetría tema 02
geom	geom	geom	geom	
escala				
orient				
justif				Sólo para toponimia tema 08
justif_s				Sólo para toponimia tema 08
valor				Sólo para toponimia tema 08. Cont. texto

Figura 10. Tablas en PostGIS

de rasterización, se georreferencia y escala. A continuación, se procede a escribir en formato GeoTIFF los ráster correspondientes a cada hoja. En este GeoTIFF se ha incorporado también el sombreado generado a partir del Modelo Digital del Terreno (MDT). El sombreado se enmascara en algunas zonas, como carreteras y masas de agua.

Una vez obtenidos los ficheros GeoTIFF sombreados, se exportan a los formatos *Enhanced Compression Wavelet* (ECW) y *Cloud Optimized GeoTIFF* (COG) (COG, 2020).

Al final del proceso automático, para cada hoja del MTN25 se obtiene un archivo vectorial georreferenciado, en formato GeoPDF (con la información distribuida por capas) y tres juegos de archivos ráster georreferenciados: ficheros sin cuadrícula UTM en formato COG, que son los que precisan los servicios de visualización WMS y WMTS, y ficheros con cuadrícula UTM disponibles para su descarga, tanto en formato COG como en formato ECW.

### 3. PROCESO DEL MAPA AUTOMÁTICO PARA EDICIÓN IMPRESA: EDICIÓN SIMPLIFICADA

El objetivo y alcance de la edición simplificada es generar **ediciones del MTN25** mediante un proceso optimizado en tiempos y recursos. Para ello se utilizan los siguientes datos: el contenido de la hoja que se obtiene automáticamente con procesos FME desde la BTN25 y los exteriores de la hoja del mapa, que son metadatos obtenidos y representados mediante procesos automáticos.



Figura 11. Ordenación de capas en MAPublisher



Figura 12. Generación de máscaras para el sombreado



Figuras 13 y 14. Salidas a descargas ráster (con CUTM) y servicios Web (sin CUTM y con selección de rótulos)

Se realiza mediante un proceso manual que consiste en acabar de editar el contenido y exteriores de una hoja, ajustándose rigurosamente a lo establecido en un *checklist*, para asegurar que el resultado final es acorde a las especificaciones del producto y a la calidad necesaria para ser impreso a la escala de publicación.

Las diferencias principales con el proceso tradicional son las siguientes:

- **Únicamente se realizan trabajos de edición**, es decir, no se llevan a cabo tareas de actualización, pues se asume que la información de origen está actualizada.
- Implica menor carga de edición porque:
  - Se parte de un producto en el que se ha llevado a cabo ya una edición y generalización automática.
  - Los criterios de edición únicamente atienden a cuestiones de legibilidad y a la corrección de resultados de los procesos de edición automáticos que no ofrecen una solución deseable, pero no a las especificaciones del MTN25 tradicional.
- Se reduce el número de roles: la edición la lleva a cabo un solo operador (rol 1) y un revisor (rol 2) de la empresa contratada. En el IGN solo se realiza el control de calidad en un porcentaje de hojas determinado.

Revisar la falta de homogeneidad incorporando con la edición anterior y corregirla			
1	RECORROS DE VÍA		
2	Representación de bandos de agua, ríos, exhaleros y lagunas con sus de comunicación y afluentes		
3	ANEXO DE VÍA		
4	Por lanzamiento orientado correspondiente		
5	Porque de ancho de banda suficiente entre el		
6	VÍA DE COMUNICACIÓN (DEBILITADA REFERENCIAL)		
7	Para trazo (de 37 metros) y para y sus bandos, ríos, exhaleros, lagunas y lagunas de comunicación, guías y Pto (referencia de Pto) referencias de Pto (referencia de Pto) referencias de Pto		
8	Para la clasificación de Pto a Carretera de 37 cuando haya Pto o referencias		
9	COMUNICACIÓN (DEBILITADA REFERENCIAL)		
10	Porque con datos que faltan		
11	RECORROS DE VÍA (DEBILITADA REFERENCIAL)		
12	Representación de Canal intermitente reparado		
13	En hojas con MDT, solo a Región (color) Trazo (color) aunque en el formato "G" se incorpora con el geotif		

Figura 15. Extracto de ítems a revisar en el proceso de edición simplificada

En cambio, en el proceso tradicional, la empresa solo tenía la misión de editar y actualizar la hoja, mientras que en el IGN se hacía la revisión (rol 2), el trabajo del topógrafo de determinadas tareas del proceso (rol 3), el control de calidad de todas las hojas (rol 4) y el operador para las correcciones finales (rol 5).

La producción en la actualidad es de aproximadamente **800 hojas por año (20 % del total)**. Para la gestión de tan elevado número de hojas se ha implementado un flujo de seguimiento de la información, a través de un sistema de gestión de proyectos *online*, que permite el seguimiento de las entregas por medio de peticiones, trasiego de ficheros, diagrama de Gantt, noticias, foros y repositorio de documentación técnica. Además, para la gestión de ficheros se ha desarrollado la automatización del empaquetado, registro de hitos en las diferentes bases de datos (BB. DD.) de control y trasiego de ficheros hasta su envío a talleres.

A partir de los trabajos de edición simplificada se está consiguiendo una mejora de los procesos y herramientas del mapa automático. Las dudas, la solución de problemas y los fallos detectados que se documentan con una herramienta de código abierto de gestión de proyectos, son de gran ayuda para poder llevar a cabo mejoras en el proceso, en el *checklist* y en las herramientas desarrolladas para generar el mapa automático y el PDF simbolizado.

Actualmente, dentro de la filosofía de la mejora continua, se están definiendo indicadores de eficiencia basados en la relación entre tiempos estimados/empleados y el uso de otras variables como la dificultad de las hojas o el número de ítems del *checklist* en los que los operadores han tenido que llevar a cabo alguna actuación.

Además de la simplificación del proceso, como consecuencia de la producción automática también se ha logrado:

- El diseño de un **protocolo** enfocado a solucionar los problemas que la herramienta aún no puede resolver,



Figura 16. Flujo de trabajo en edición simplificada



Figura 17. Impresión en papel del resultado del proceso de edición simplificada de una hoja del MTN25

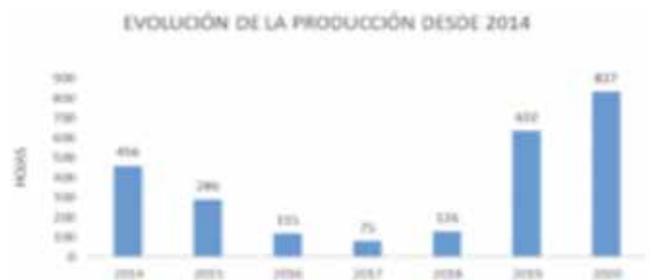


Figura 18. Gráfico de la evolución de la producción del MTN25

ver, centrado únicamente en la edición.

- La implementación del protocolo *checklist* como **registro de calidad**, permitiendo la trazabilidad para hojas, ya sea con o sin control de calidad.
- Con el *checklist* se permite la implementación de un flujo basado en un **control de calidad por lotes** con aceptación o rechazo, lo que supone una reducción del 80 % en los tiempos de revisión en el IGN.
- Como conclusión, la edición simplificada presenta las siguientes **ventajas**:
  - Tiempo mínimo entre la actualización del dato y la publicación en formato de cartografía impresa
  - Menor uso de recursos. Eliminados los solapes entre tareas
  - Menores costes de producción
  - Mayor objetividad
  - Control de tiempos de proceso y resultados (registro de calidad)
  - Posibilidad de mejora continua (indicadores de calidad)

No obstante, no hay que olvidar que todas esas ventajas tienen un coste materializado en la calidad de la edición cartográfica respecto de la que se obtendría con procedimientos tradicionales y en el riesgo de que la información contenga algunos errores no detectados. Por ello, es un proceso en mejora continua.

## 4. MAPA DE ALTA RESOLUCIÓN

Actualmente se está desarrollando un nuevo producto cartográfico de mayor resolución para su publicación en servicios web. Este contendrá la información de las mismas fuentes que el mapa automático y tendrá la simbología adaptada a la resolución propia de cada fuente, obteniéndose un resultado similar al Mapa Automático a escala 1:25.000, pero con las geometrías sin apenas generalizar ni manipular.

La salida de este Mapa de Alta Resolución está adaptada a la visualización en visores web, donde el zoom hace desaparecer la restricción del límite visual del papel, pudiendo interpretarse los símbolos y los textos con pictogramas de menor tamaño. Estas simbologías de menor tamaño evitan aplicar procesos de generalización y edición automática a las geometrías para ajustarse al espacio disponible. En el caso, por ejemplo, de las vías de comunicación, estas van a tener un grosor menor al ancho que ocupa en la realidad, por lo que no se necesitará aplicar procesos de desplazamientos para evitar solapes como se hace en el Mapa Automático 1:25.000.

Este empleo de simbologías más reducidas favorece en gran medida a la rotulación automática, ya que al ser los textos más pequeños caben muchos más rótulos, evitando solapes.

En definitiva, este producto conlleva las siguientes **ventajas frente al Mapa Automático 1:25.000**:

- Al no hacerse necesaria la generalización, no perdemos el detalle geométrico de las fuentes de origen, obteniéndose un resultado más próximo a la realidad. Lo que nos lleva a un producto de mayor resolución (mayor detalle en formato vectorial y menor tamaño de píxel en formato ráster).
- La rotulación mejora considerablemente al poder rotular más entidades.
- La implementación se simplifica al no tener que introducir procesos automáticos de generalización y edición, por lo que se facilita también el mantenimiento y se reduce el número de incidencias por automatismos.



*Figuras 19 y 20. Ejemplos del Mapa de Alta Resolución. A la izquierda se observa la detallada definición de las carreteras y en la derecha el nivel de detalle en edificaciones y toponimia en una zona urbana*

Como desventaja se produce un mayor peso en los archivos ráster obtenidos, debido a una mayor resolución respecto al MTN25 Ráster.

## 5. PLAN DE ACCIÓN PARA EL MAPA AUTOMÁTICO

En este marco de trabajo y en base a los resultados de la primera versión del mapa automático, publicada en enero de 2020, se ha definido un plan de acción para conseguir el doble objetivo de:

mejorar el contenido de este mapa publicado a través de los servicios de visualización WMS y WMTS de cartografía ráster, y de ficheros accesibles a través del Centro de Descargas (producto MTN25 Ráster).

optimizar la respuesta a los usuarios en base a: la resolución de incidencias críticas que se detecten en la publicación, la frecuencia de actualización del producto y la optimización de flujos entre los proyectos implicados.

La estrategia para abordar el plan contempla una producción estructurada en lotes y se compone de cuatro ejes principales o líneas de acción: mejora del proceso automático (bien por optimización del algoritmo o bien por su evolución hacia la alta resolución), mejora de los datos origen (en cuanto a su completitud y actualización), implantación de un protocolo de gestión de incidencias que minimice los tiempos de respuesta y acciones divulgativas para facilitar la interpretación de este producto clásico generado con nuevas tecnologías.

La planificación de la actualización del producto estructura una producción pautada de hojas en base a los tres parámetros críticos que constriñen el flujo de la producción: la capacidad máxima de producción (400 hojas/ mes), la frecuencia máxima de publicación vía servicios web (2 meses), y la periodicidad máxima de publicación de nueva versión completa (4 019 hojas) del producto (aproximadamente anual).

En función de estos parámetros, la producción completa del mapa se estructura en 6 bloques, de un volumen entre 670 y 800 hojas por bloque, que serán publicadas con una frecuencia que oscilará entre 2 y 3 meses de modo que en el periodo aproximado de un año (julio 2021) se haya podido publicar la actualización completa del producto.

Las hojas que componen cada bloque y el orden de prioridad de su publicación se definen fundamentalmente en base a las planificaciones de actualización de las bases de datos a partir de las que se genera el

mapa, pues el objetivo principal es publicar a la mayor brevedad posible los datos más actualizados.

## 6. CONCLUSIONES

Con esta inversión pública en la innovación de la generación del producto más emblemático del Instituto Geográfico Nacional, el Mapa Topográfico Nacional (MTN), se pretende dar respuesta a la elevada demanda de geoinformación por parte de la sociedad, que mayoritariamente prima la velocidad de publicación de los datos.

Sin duda, haber conseguido generar el mapa automáticamente mediante procesos que simulan la toma de decisión de operadores cartográficos supone un hito en la historia de la producción cartográfica de la institución y el estímulo para seguir evolucionando. El siguiente objetivo es conseguir que la calidad cartográfica del producto final se acerque más a la obtenida por métodos clásicos, en los que se generaban auténticas «obras de arte». La optimización de la representación cartográfica en combinación con las ventajas que aporta la automatización de procesos en cuanto al grado de actualización de la información y al incremento de la frecuencia de publicación de la totalidad de la serie convierte al MTN en un producto que atiende a los requisitos de los usuarios del siglo XXI.

## AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a Ana de las Cuevas Suárez por impulsar este cambio de paradigma en la producción del Mapa Topográfico Nacional, y al resto del personal de los departamentos de Cartografía del IGN por haber contribuido a que haya sido posible.

## REFERENCIAS

- BTN25 (2009). Recuperado de: <http://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/ESPBTN25.pdf>
- COG (2020). Cloud Optimized GeoTiff. Recuperado de: <https://www.cogeo.org>
- FME (2020). Feature Manipulation Engine. Recuperado de: <https://www.safe.com/fme/>
- MAPublisher (2020). Recuperado de: <https://www.avenza.com/mapublisher/>
- MTN25 (2014). Recuperado de: [http://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/NORMAS\\_EDICION\\_MTN25\\_V1.3\\_20140420.pdf](http://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/NORMAS_EDICION_MTN25_V1.3_20140420.pdf)

## Sobre los autores

### **Alfonso Boluda Sánchez**

*Ingeniero Técnico en Topografía e Ingeniero en Geodesia y Cartografía por la Universidad Politécnica de Madrid. Pertenece al Cuerpo de Ingenieros Técnicos en Topografía del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana desde 2006, colaborando en diferentes proyectos cartográficos dentro de la Subdirección General de Geodesia y Cartografía del Instituto Geográfico Nacional, como la actualización del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000 (MTN25) por detección de cambios, el control automático de edición del MTN25, o la integración de coberturas procedentes del Sistema de Información de Ocupación de Suelo en España (SIOSE) en la producción del MTN25.*

*Actualmente trabaja en el proyecto «Mapa Automático», para la puesta en producción de la serie del MTN25 por métodos automáticos, a partir de Bases de Datos Geográficas producidas en el IGN. También colabora en los proyectos de Mapa Automático de Alta Resolución y Mapa Automático para el Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 (MTN50).*

### **Ana Maldonado Ibáñez**

*Ingeniera en Geodesia y Cartografía y Doctora por el programa de Ingeniería Geográfica de la Universidad Politécnica de Madrid, donde estuvo trabajando en un grupo de investigación asociado al departamento de Topografía y Cartografía hasta el año 2007. En el año 2008 ingresa en el Cuerpo de Ingenieros Técnicos en Topografía del actual Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana, abordando, dentro de la Subdirección General de Geodesia y Cartografía del Instituto Geográfico Nacional, tareas de investigación y desarrollo de procesos de Generalización Automática para su aplicación en la generación de Cartografía Automática.*

*Actualmente colabora en el desarrollo de procesos automáticos para la obtención automática de la serie MTN25, y en su aplicación a otras escalas como la 1:50.000 y la 1:12.500.*

### **Adolfo Pérez Heras**

*Ingeniero Técnico en Topografía e Ingeniero en Geodesia y Cartografía por la Universidad de Alcalá. Pertenece al Cuerpo de Ingenieros Técnicos en Topografía del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. Destinado desde 1987 en la Subdi-*

rección General de Geodesia y Cartografía del Instituto Geográfico Nacional, ha participado en la reconversión digital de todas las series cartográficas españolas. Actualmente, como Jefe de Servicio de Edición y Trazado, se encarga de la dirección de MTN50 y colabora en el desarrollo de proyectos de automatización de Mapas Topográficos Nacionales a partir de Bases de Datos Geográficas producidas en el IGN, trabajando en la homogeneización de la simbolización cartográfica, en el rango de escalas existente entre el Mapa Automático de Alta Resolución hasta MTN50, pasando por MTN25.

#### **Felisa Quesada Bustos**

Ingeniero Técnico en Topografía por la Universidad Politécnica de Madrid. Pertenece al Cuerpo de Ingenieros Técnicos en Topografía del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana desde 1991, colaborando en diferentes proyectos cartográficos dentro de la Subdirección General de Geodesia y Cartografía del Instituto Geográfico Nacional, como la actualización del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000 (MTN25) por métodos tradicionales, proceso para la generación de la primera versión de la Base Topográfica Nacional 1:25.000 (BTN25) y generación de MTN25 por métodos semi-automáticos partiendo de la BTN25.

Actualmente, como responsable del Servicio de Cartografía Básica, se encarga de la dirección del MTN25, colabora en el desarrollo de proyectos de automatización del Mapa Topográfico Nacional 1:25.000 a partir de Bases de Datos Geográficas producidas en el IGN y gestiona el proyecto de Edición Simplificada que consta de las tareas necesarias para la publicación en papel de las hojas del MTN25 generadas mediante el procedimiento de Mapa Automático.

#### **José Alfonso de Tomás Gargantilla**

Pertenece al Cuerpo de Técnicos Especialistas en Reproducción de Cartografía del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana desde el año 2001. Desempeña su labor como Analista Funcional en la Subdirección General de Geodesia y Cartografía del IGN, y dentro del proyecto del Mapa Topográfico Nacional, edita, diseña y optimiza la simbología de distintas escalas para su generación y representación cartográfica tanto en papel como para publicación web.

Además, es Jefe de Preimpresión dentro del Servicio de Edición y Trazado de la citada Subdirección, donde supervisar tanto los trabajos cartográficos como de maquetación convencional destinados a ser publica-

dos por el IGN de forma tradicional impresa o a través de tecnologías web.

#### **María de la Paz Navas López**

Ingeniera Técnica en Topografía por la Universidad de Jaén. Pertenece al Cuerpo de Ingenieros Técnicos en Topografía del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana desde 2018. Actualmente trabaja como Técnica en el Servicio de MTN25, de la Subdirección General de Geodesia y Cartografía del IGN, en concreto en el desarrollo y optimización de los procesos automáticos para la generación del Mapa Topográfico Nacional a partir de Bases de Datos Geográficas.

También ha participado en la implementación de los procesos automáticos para el almacenamiento de todas las ediciones digitales del MTN25 en Bases y para la generación de ficheros DWG y KML de la BTN25.

#### **Santiago Prieto del Caño**

Ingeniero Técnico en Topografía y Graduado en Ingeniería Geomática y Topografía por la Universidad de Salamanca. Pertenece al Cuerpo de Ingenieros Técnicos en Topografía del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. Destinado desde 2019 en la Subdirección General de Geodesia y Cartografía del Instituto Geográfico Nacional, en concreto, en el Servicio de Edición y Trazado y actualmente en el desarrollo de la automatización del proceso de producción del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25000 (MTN25) así como en procesos que completarían la producción impresa del MTN25.

Actualmente también colabora con el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) en la generación de Vector-Tiles para el nuevo mapa para móviles en formato vectorial.

#### **Alicia González Jiménez**

Ingeniero Técnico en Topografía e Ingeniero en Geodesia y Cartografía por la Universidad Politécnica de Madrid. Desde 2006 pertenece al Cuerpo de Ingenieros Geógrafos del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana y actualmente es Jefa del Área de Cartografía donde se desarrolla el Mapa Topográfico Nacional y la Información Geográfica de Referencia de Redes de Transporte, en la Subdirección General de Geodesia y Cartografía del Instituto Geográfico Nacional. Anteriormente fue responsable del proyecto CartoCiudad desde su nacimiento en 2006 hasta julio de 2017 y miembro del Grupo de Trabajo para la elaboración de la especificación de la temática de Direcciones del Anexo I de la Directiva INSPIRE.



**TRIMBLE SX10**

Estación Robótica 1"  
1mm EDM con imagen.

Escáner de hasta  
600 metros de alta  
velocidad.



- Distribuidor de Trimble Geospatial, Spectra Precision, Trimble Intech exclusivo España y Portugal
- Laboratorio máster de referencia Trimble España
- Desarrolladores oficiales de aplicaciones personalizadas Trimble
- Alquileres en península, Baleares y Canarias

# Cartografía del sistema español de inventario y proyecciones de emisiones a la atmósfera. Serie Cartográfica LULUCF

REVISTA **MAPPING**  
Vol. 29, 202, 42-51  
septiembre-octubre 2021  
ISSN: 1131-9100

*Mapping of the Spanish system of inventory and projections of emissions to the atmosphere. LULUCF Cartographic Series*

Marta Lerner Cuzzi, Mónica M<sup>a</sup> Fernández Ramiro, Belén Fierro García, M<sup>a</sup> Ángeles San Miguel Fraile, M<sup>a</sup> Del Mar Esteban García, Juan Carlos Cano, Blanca Ruiz Franco, Ángel Roldán Martínez

## Resumen

El objetivo principal de este trabajo es la creación de una serie cartográfica para el sector LULUCF (usos del suelo, cambios del uso del suelo y silvicultura) adaptada a la Directiva INSPIRE, desde 1970 hasta 2015, que permita la estimación de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes de las actividades de dicho sector desde 1990 hasta la actualidad.

Para ello, se ha partido del análisis de la cartografía histórica de ocupación del suelo (cobertura y/o uso) de España, seleccionando un total de 14 que han sido situadas en 7 fechas de referencia (1970, 1990, 2000, 2006, 2009, 2012 y 2015). Sobre cada una de ellas se han desarrollado equivalencias que permiten su comparación con cartografía con clases de usos del suelo definidas por las directrices del IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) para el sector LULUCF.

El resultado es un conjunto de datos geoespaciales, en formato ráster, con resolución de 25 metros, que cubre todo el país para las siete fechas de referencia. Adicionalmente, se ha obtenido la cobertura de cambio por provincia a partir del análisis ráster realizado entre fechas de referencia.

La cartografía obtenida es única en España y permite incorporar nuevos mapas en el futuro.

## Abstract

*The main objective of the project is the creation of a cartographic series for the LULUCF sector (land use, land use change and forestry) adapted to the INSPIRE Directive, from 1970 to 2015, that allows the estimation of emissions and removals of greenhouse gases resulting from the activities of this sector from 1990 to the present. For this, we have started from the analysis of historical cartography of land occupation (coverage and/or use) of Spain, selecting a total of 14 that have been located in 7 reference dates (1970, 1990, 2000, 2006, 2009, 2012 and 2015). For each of them, equivalences have been developed that allow their comparison with the classes of land use defined by the IPCC guidelines for the LULUCF sector. The result is a set of geospatial data, in raster format, with a resolution of 25 meters, which covers the entire country for the seven reference dates. Additionally, the coverage of change by province has been obtained from the raster analysis carried out between reference dates.*

*The cartography obtained is unique in Spain and allows the incorporation of new maps in the future.*

**Palabras clave:** cambio climático, usos del suelo, cartografía histórica, gases de efecto invernadero, emisiones, sumideros de carbono.

**Keywords:** climate change, land use, historical cartography, greenhouse gases, emissions, carbon sinks.

Tecnologías y Servicios Agrarios S.A., S.M.E., M.P. (TRAGSATEC)  
[mlc@tragsa.es](mailto:mlc@tragsa.es), [mfra@tragsa.es](mailto:mfra@tragsa.es), [bfg@tragsa.es](mailto:bfg@tragsa.es), [masm@tragsa.es](mailto:masm@tragsa.es),  
[mmeg@tragsa.es](mailto:mmeg@tragsa.es), [jccr@tragsa.es](mailto:jccr@tragsa.es)  
Ministerio para la Transición Ecológica  
y el Reto Demográfico (MITERD)  
[BRFranco@miteco.es](mailto:BRFranco@miteco.es), [armartinez@miteco.es](mailto:armartinez@miteco.es)

Recepción 10/04/2020  
Aprobación 25/04/2020

## 1. INTRODUCCIÓN

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés), su Protocolo de Kyoto y el próximo Acuerdo de París establecen obligaciones de reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, así como de información sobre las emisiones antropogénicas por las fuentes y las absorciones por los sumideros de esos gases, que instan a los países a trabajar en el logro de la neutralidad climática, en la que los sumideros de carbono tienen un importante papel.

España, como parte de dicha Convención, así como de sus instrumentos de desarrollo, está sujeta al cumplimiento de una serie de compromisos. El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD) es el encargado de velar por su cumplimiento respecto a las emisiones a la atmósfera. Para ello, a través del Sistema Español de Inventario y Proyecciones de Emisiones a la Atmósfera (SEI) elabora anualmente el Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases

de Efecto Invernadero y de Contaminantes Atmosféricos (NIR e IIR) así como las Proyecciones de Emisiones y Absorciones a la Atmósfera.

Las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) asociados a los usos del suelo, los cambios de esos usos y la silvicultura (LULUCF, por sus siglas en inglés) se encuentran representados en el NIR.

El sector LULUCF se encuentra clasificado en las siguientes categorías de usos del suelo: tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos o artificial y otras tierras. El Inventario Nacional define cada una de esas categorías, de forma coherente con las directrices del IPPC, conforme al siguiente cuadro:

Una de las particularidades que presenta la estimación de las emisiones y absorciones asociadas al sector LULUCF consiste en la necesidad de identificar los usos del suelo y sus cambios desde 1970. Remontarse a tales fechas ha supuesto un reto para el SEI, que hasta ahora utilizaba información cartográfica que sólo cubría el periodo 1990-2012, por lo que se

ha tenido que completar la serie de información desde 1970 con la procedente de la estadística de los *Anuarios de Estadística Agraria*, del entonces Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Con la entrada en vigor del Acuerdo París, el sector LULUCF se convierte en un sector aún más estratégico, que necesitará una mejora en sus estimaciones. La UE como parte signataria de dicho acuerdo, ha establecido a través del Reglamento (UE) 2018/841 que los Estados Miembros garanticen que las emisiones de gases de efecto invernadero resultantes del uso del suelo, sus cambios y la silvicultura para el periodo 2021 y 2030 queden compensadas, como mínimo, por absorciones equivalentes de CO<sub>2</sub> de la atmósfera.

Finalmente, en este escenario, la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España se plantea la elaboración de una serie cartográfica histórica, adaptada a

Categoría	Definición
<b>Tierras forestales (FL)</b>	Tierra con vegetación leñosa y coherente con los umbrales utilizados para definir las tierras forestales en el Inventario Nacional. También comprende sistemas con vegetación actualmente inferior al umbral de la categoría FL, pero que se espera que lo rebasen. La definición operativa de bosque para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y para el Protocolo de Kioto, queda determinada por las siguientes especificaciones: <i>Bosque, comprende las tierras pobladas con especies forestales arbóreas como manifestación vegetal dominante y que se ajusten a los siguientes parámetros:</i> - Fracción de cabida cubierta arbórea (FCC) ≥20 %. - Superficie mínima 1 hectárea. - Altura mínima de los árboles maduros 3 metros. <i>También deben ser considerados bosques, los sistemas de vegetación actualmente inferiores a dichos umbrales pero que se espera que lo rebasen.</i> <i>Adicionalmente se ha considerado para el cómputo de las superficies de bosque un umbral de anchura mínima de 25 metros para los elementos lineales<sup>(1)</sup>.</i>
<b>Tierras de cultivo (CL)</b>	Tierra cultivada, incluidos los arrozales y los sistemas de agro-silvicultura donde la estructura de la vegetación se encuentra por debajo de los umbrales utilizados para la categoría FL. Esta categoría se divide en: cultivos herbáceos y cultivos leñosos.
<b>Pastizales (GL)</b>	Tierras de pastoreo y pastizales dominados por vegetación herbácea o arbustiva, así como con vegetación leñosa con FCC arbórea mayor o igual a 10 %, que no se consideran CL y que están por debajo de los valores umbrales utilizados en la categoría FL. A efectos del Inventario Nacional, se distingue entre: pastizales de vegetación herbácea, (GL <sub>h</sub> ) y pastizales de vegetación arbustiva y arbórea (GL <sub>o</sub> ).
<b>Humedales (WL)</b>	Superficies cubiertas o saturadas por agua durante la totalidad o parte del año y que no está dentro de las categorías FL, CL o GL.
<b>Asentamientos o artificial (SL)</b>	Toda la tierra desarrollada, incluidas las infraestructuras de transporte y los asentamientos humanos de cualquier tamaño, a menos que estén incluidos en otras categorías.
<b>Otras tierras (OL)</b>	Suelo desnudo, roca, hielo y todas aquellas zonas que no estén incluidas en ninguna de las otras cinco categorías anteriores.

<sup>(1)</sup> Esta restricción del umbral de anchura mínima no se aplica en el Inventario Forestal Nacional a las riberas arboladas con especies autóctonas o asilvestradas de estructura irregular, origen natural y gran biodiversidad, dado su gran valor ecológico.

Figura 1. Definición de categorías LULUCF

Base cartográfica	Escala	Unidad cartográfica mínima
CLC/LCC	1:100.000	25 ha o 100 m/5 ha
MCA1980-1990	1:50.000	2 ha
MCA2000-2010	1:50.000	2 ha
MFE50	1:50.000	6,25 ha (uso no arbolado) y 2,5 ha (uso arbolado)
FF	1:50.000/1:25.000	6,25 ha (uso no arbolado) y 2,5 ha (uso arbolado) / 2 ha (uso agrícola), 0,5 ha (humedales) y 1 ha (resto de usos)

Figura 2. Fuentes de información de las superficies de las categorías de uso del suelo del sector LULUCF

INSPIRE, de ocupación del suelo y sus cambios, que cubra el periodo comprendido entre 1970 y 2015, y que permita mejorar la estimación de emisiones y absorciones realizada hasta el momento.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal del proyecto es la creación de la Serie Cartográfica LULUCF, conforme a la Directiva INSPIRE, de acuerdo al tema 2 del anexo II, cubierta terrestre, a partir de la información cartográfica del Sistema Español de Inventario y Proyecciones de Emisiones a la Atmósfera (SEI) para:

- Disponer de la información histórica necesaria (desde 1970) para la estimación de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes de actividades relativas al sector LULUCF a lo largo de la serie histórica desde 1990.
- Implantar como fuente del sector LULUCF para el SEI un método de representación 3 (consistente en datos de conversión del uso del suelo explícitos en el espacio) que mejora el actual, que se corresponde con el método de representación 2 (superficie total de suelo, incluyendo los cambios entre categorías).
- Desarrollar el sistema de representación cartográfica de la información del sector LULUCF para el SEI mejorando el actual enfoque o método de representación empleado.

## 3. FUENTES DE INFORMACIÓN

Para la generación de la Serie Cartográfica LULUCF, se ha partido de numerosas y diversas fuentes de información, las cuales se resumen a continuación:

- 14 cartografías históricas de ocupación del suelo (cobertura y/o uso) de España:
  - Mapas de Cultivos y Aprovechamientos (MCA). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 1980-1990, 2000-2010
  - Corine Land Cover (CLC). Instituto Geográfico Nacional. 1990, 2000 y 2006 y 2012
  - Mapas Forestales de España escala 1:50.000 (MFE50), 1996-2007 y Fotos Fijas del Mapa Forestal de España (FF), 2009, 2012, 2015, ambos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
  - Cartografía del Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2009, 2012 y 2015
  - Catastro urbano de España. Dirección General de Catastro, Ministerio de Hacienda y Diputación Foral de Álava. 1970-2015
  - Cartografía de masas de agua de la Dirección General

del Agua (MITERD) e Información Geográfica de Referencia de Hidrografía «IGR Hidrografía» del Instituto Geográfico Nacional (IGN)

- Infraestructura viaria de la Base Topográfica Nacional (BTN) del IGN
  - Infraestructura ferroviaria de la Base Topográfica Nacional (BTN) del IGN
  - Aeropuertos de la Base Topográfica Nacional (BTN) del IGN
  - Roquedos obtenidos a partir del análisis realizado por teledetección a partir de imágenes SENTINEL y LANDSAT
- Información de turberas del Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

## 4. METODOLOGÍA

La elaboración de la Serie Cartográfica LULUCF (1970-2015) se ha realizado en cinco fases:

- Recopilación de información de ocupación (cobertura y/o usos) del suelo de España disponible desde 1970 hasta 2015.
- Estandarización y homogenización de la información relativa a la ocupación del suelo de todas las fuentes de información geográfica utilizadas.
- Integración y homogenización de todas las fuentes de información cartográfica recopiladas para su análisis integrado y su adaptación a los sistemas de información geográfica actuales.
- Generación de coberturas temporales de ocupación y cambio de ocupación del suelo
- Adaptación a INSPIRE de acuerdo al tema 2 del anexo II. *Cubierta Terrestre*.

La primera fase para la generación de la Serie Cartográfica LULUCF ha sido la recopilación de todas las cartografías digitales de ocupación del suelo (cobertura y/o usos) disponibles a nivel nacional desde 1970 hasta la actualidad.

Tras su análisis y, tomando como requisitos imprescindibles que fuesen cartografías de ocupación/ usos del suelo a nivel estatal, estuviesen disponibles en formato digital y que su modelo de datos fuese jerárquico con un uso/cobertura único por recinto. se ha determinado que las cartografías disponibles que cumplían los objetivos del trabajo eran 14 mapas históricos para las fechas de referencia 1970, 1990, 2000, 2006, 2009, 2012 y 2015.

- Mapas de Cultivos y Aprovechamientos (MCA)
  - Mapa de cultivos y aprovechamientos 1970-1990 (MCA1)
  - Mapa de cultivos y aprovechamientos 2000-2010 (MCA2)
- Mapas Forestales de España (MFE):
  - Mapa Forestal de España 1:200.000 (MFE200)

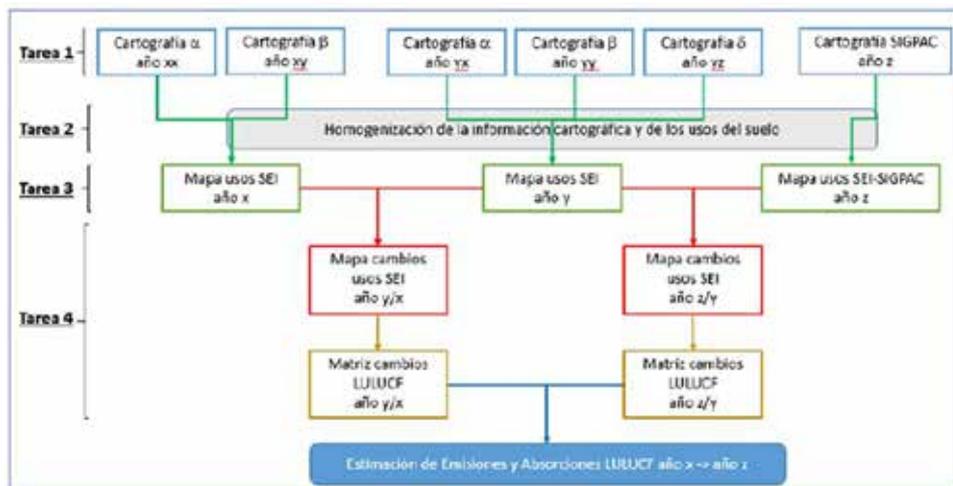


Figura 3. Esquema de las tareas realizadas

- Mapa Forestal de España 1:50.000 (MFE50)
- Fotos fijas del Mapa Forestal de España (FF) de 2009, 2012 y 2015
- Cartografías CORINE LAND COVER (CLC) de 1990, de 2000, de 2006 y de 2012
- Mapas consolidados del Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) de 2009, 2012 y 2015

En la siguiente figura se presenta un esquema de las fuentes de información y de las diferentes fechas de referencia:

En la siguiente fase, y una vez recopilada y armonizada toda la cartografía anteriormente enumerada, se procedió a su análisis y a la generación de traducciones o equivalencias necesarias para hacerlas comparables con las clases LULUCF, es decir, con aquellos usos y/o coberturas del suelo que responden a las necesidades del SEI para la estimación de las emisiones y absorciones del sector LULUCF.

Las cartografías históricas utilizadas son las primeras y únicas disponibles a nivel estatal, ejecutadas en el siglo pasado con las herramientas y los conocimientos existentes en ese

momento. Eso, tal y como hemos comprobado en los análisis realizados, ha determinado la definición de los modelos de datos, las escalas de trabajo y en definitiva los resultados de cada mapa, lo que es un aspecto muy importante tener en cuenta a la hora de comparar los datos obtenidos de dichas cartografías con cualquier conjunto de datos espaciales generado en la actualidad.

En los estudios realizados para la realización de las equivalencias con las clases LULUCF, se observaron problemas en la representa-

ción de determinadas clases, principalmente en las cartografías de fuentes más antiguas. Se detectaron desplazamientos, errores importantes debido a las escalas temporal y espacial, y otros que hicieron necesaria la realización de estudios pormenorizados de las distintas clases para la identificación de problemas y búsqueda de las mejores soluciones en cada caso para su corrección.

A modo de ejemplo, en la siguiente figura se pueden observar los problemas detectados en la representación de los ríos en el MCA1, con un desplazamiento importante en algunas zonas (no de forma sistemática) con respecto a la situación real del río, representada en la ortofoto de la fecha de referencia correspondiente.

Se buscó e incorporó información complementaria con el fin de mejorar aquellas clases en las que la información histórica no era del todo precisa y para las que existía información adicional de detalle. De esa manera se incluyó información de:

- **Catastro urbano:** A partir de los datos proporcionados por la Dirección General de Catastro y la Diputación Foral de Álava de fecha de construcción y uso, se generó una serie cartográfica histórica del uso urbano, representando

todas las edificaciones construidas antes de 1970 y en las sucesivas fechas de referencia hasta 2015 (Figura 3).

- **Masas de agua:** Tras analizar varias fuentes de información y con ayuda de la fotointerpretación de ortofotos históricas, se generó, a partir la información proporcionada por la Dirección General del Agua y el Instituto Geográfico Nacional, una cobertura de masas de agua en la que se recogen las aguas estancadas, los cursos de agua, los humedales

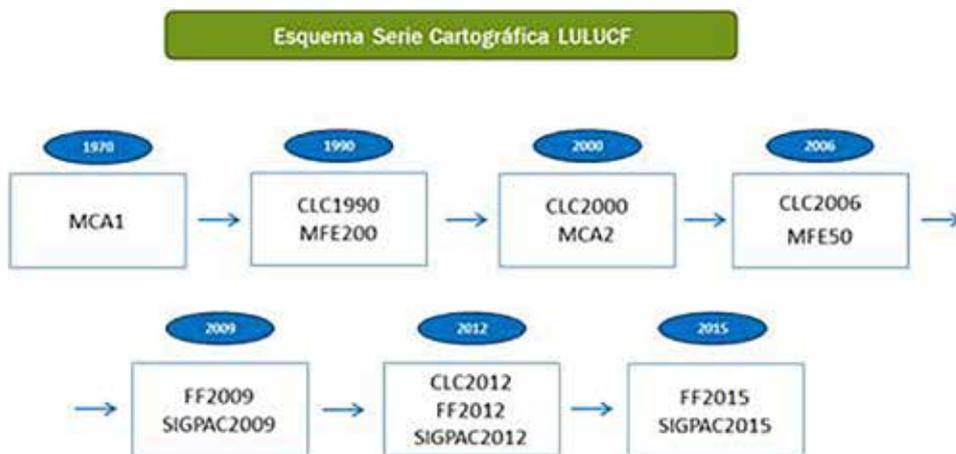


Figura 4. Esquema de fuentes cartográficas de ocupación del suelo utilizadas

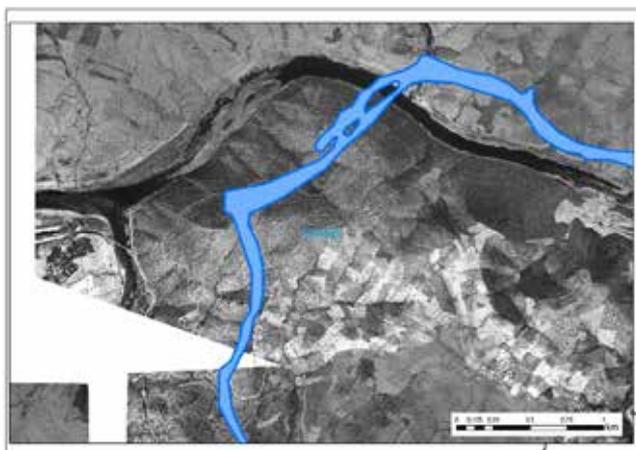


Figura 5. Detalle de desplazamiento entre MCA y ortofoto

y las láminas artificiales. Adicionalmente, y con el fin de enriquecer esta información, se identificó por fotointerpretación la fecha de construcción de los embalses y presas, para su incorporación en las fechas de referencia correspondientes.

- **Red viaria:** A partir de la red viaria proporcionada por el IGN, y tras la incorporación de las fechas de construcción mediante un proceso de fotointerpretación de ortofotos históricas, se creó una capa para su incorporación en la Serie Cartográfica LULUCF.
- **Red ferroviaria:** A partir de la información de tramificación facilitada por el IGN, fechada con datos proporcionados por el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF), se generó una capa con la mejor información existente para su inclusión en la Serie LULUCF.

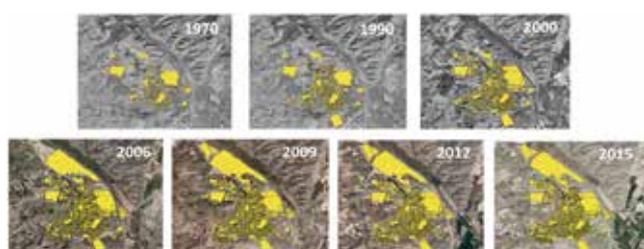


Figura 6. Serie histórica generada para el uso urbano en la localidad de Ciempozuelos (Madrid)



Figura 7. Ejemplo de uso para la cobertura de urbano

- **Aeropuertos:** A partir de la información de localización y geometría de la Base Topográfica Nacional del IGN, fechada a través de fotointerpretación de imágenes históricas.
- **Roquedos en sistemas montañosos:** Se determinó el territorio que no presentaba vegetación en distintas fechas de la serie histórica, a partir de la información del Índice de Vegetación (NDVI) máximo anual obtenido tras el tratamiento de imágenes satélite SENTINEL (10 m de píxel) y LANDSAT (30 m de píxel).

Tras la determinación de la cobertura de roquedos para toda España a través de teledetección, se llevó a cabo su validación por fotointerpretación de ortofotos históricas disponibles en el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG).

- **Turberas:** Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), cerca del 10 % de las emisiones mundiales de gases efecto invernadero provenientes de la agricultura, la silvicultura y el uso del suelo están relacionadas con el drenaje de las turberas, de ahí que sea imprescindible localizarlas con el fin de proporcionar los datos adecuados de emisiones.

Teniendo dicho fin como objetivo, se localizaron en España las turberas a partir de la información proporcionada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), a través de un proceso de fotointerpretación de la serie histórica de ortofotos.

Una vez consolidada toda la información histórica e incorporadas las mejoras, se realizó la estandarización y homogeneización de la información relativa a la ocupación del suelo de todas las fuentes de información geográfica utilizadas, es decir, se procedió a correlacionar los usos y/o coberturas del suelo de cada cartografía fuente estudiada con los usos y/o coberturas asignados para los objetivos del SEI, con lo que se obtuvieron pasarelas que clasifican de manera directa las cartografías fuente con las clases LULUCF.



Figura 8. Detalle de la cartografía de aeropuertos. Aeropuerto de Barajas (Madrid)



Figura 9. Detalle de la cartografía de NDVI máximo anual en Picos de Europa

De esta manera, las clases LULUCF establecidas han sido las siguientes:

Una vez realizadas las equivalencias necesarias para que las 14 cartografías fuente quedaran clasificadas en clases LULUCF, se generó un conjunto de datos espaciales de ocupación del suelo para cada una de las fechas de referencia

(1970, 1990, 2000, 2006, 2009, 2012, 2015), integrando la mejor información disponible de cada fuente y utilizando como base geográfica de referencia el ráster de 25 x 25 m estándar en todos los conjuntos de datos espaciales realizados en el marco de Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

En la siguiente tabla se especifican las clases LULUCF y el origen de la información para cada año de la serie:

Los datos geoespaciales generados se analizaron con herramientas basadas en sistemas de información geográfica en formato ráster y se generaron matrices de ocupación y de cambio de ocupación del suelo con información a nivel provincial. Esos datos responden a las necesidades de información geográficamente explícita para la estimación de las emisiones y absorciones del sector LULUCF que se realiza en el marco del Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero.

CAMPOS ORIGEN MFE25								LULUCF
TIPO ESTRUCTURAL	FCCA Min.	FCCA Max.	CLAIFN	DESCRIPCIÓN CLAIFN	CLAMFE	DESCRIPCIÓN CLAMFE	COND 2: TIPO BOSQUE	
13	20	100	113	Monte arbolado. Dehesa	113	Arbolado	Coníferas	121
14	20	100	115	Monte arbolado. Ribera arbolada	110	Arbolado	Coníferas	121
15	20	100	116	Monte arbolado. Bosquete pequeños	110	Arbolado	Coníferas	121
16	20	100	117	Monte arbolado. Alineaciones estrechas	110	Arbolado	Coníferas	121
18	20	100	111	Monte arbolado. Bosque	110	Arbolado	Coníferas	121
19	20	100	112	Monte arbolado. Bosque de plantaciones	112	Arbolado	Coníferas	121
171	20	100	111	Monte arbolado. Bosque	110	Arbolado	Coníferas	121
172	20	100	111	Monte arbolado. Bosque	110	Arbolado	Coníferas	121
11	20	100	111	Monte arbolado. Bosque	110	Arbolado	Mixto	131
12	20	100	112	Monte arbolado. Bosque de plantaciones	112	Arbolado	Mixto	131

Figura 10. Extracto de pasarela MFE25- LULUCF

USO SIGPAC	DESCRIPCIÓN	CLASE LULUCF
TA	Tierras Arables	729
TH	Huerta	729
IV	Invernaderos y cultivos bajo plástico	722
OV	Olivar	711
CI	Cítricos	713
FS	Frutos secos	719
FY	Frutales	714
VI	Viñedo	712
CV	Asociación Cítricos-Viñedo	719
FV	Frutos secos y viñedo	719
VF	Viñedo-frutal	719
VO	Viñedo-Olivar	715
CS	Asociación Cítricos-Frutales de cáscara	719
FF	Asociación Frutales-Frutales de cáscara	719
FL	Frutos secos y Olivar	715
CF	Asociación Cítricos-Frutales	719
OC	Asociación Olivar-Cítricos	715
OF	Olivar-Frutal	715
PS	Pastizal	230
PR	Pasto Arbustivo	220
PA	Pasto con arbolado	100
FO	Forestal	100
CA	Viales	840
ED	Edificaciones	820
ZU	Zona Urbana	810
IM	Improductivos	400
AG	Corrientes y superficies de agua	500
ZV	Zona Censurada	400
ZC	Zona Concentrada no incluida en la Ortofoto	400

Figura 11. Extracto de pasarela SIGPAC- LULUCF

Analizada la serie cartográfica generada y las matrices de superficies de ocupación del suelo, se llevó a cabo una validación de los cambios obtenidos con el fin de solventar las incoherencias producidas por la diversidad de escalas, objetivos y formatos de las cartografías de origen, a través de un proceso de fotointerpretación de la serie histórica de ortofotos.

Para la obtención de los cambios producidos, se cruzaron los ráster de los 6 periodos de estudio (1970-1990; 1990-2000; 2000-2006; 2006-2009; 2009-2012; 2012-2015), analizando píxel a píxel las transiciones entre clases LULUCF para las fechas de referencia.

En total se han obtenido 20.135 tipos de cambios en las clases LULUCF. A continuación, se presentan, a modo de ejemplo, algunas de las casuísticas obtenidas.

Como resultado de esta fase, se han fotointerpetado en toda la serie histórica, en siete fechas de referencia, más de 3 millones de hectáreas; un total de más de 100.000 recintos de superficie mayor de 1 hectárea.

## 5. RESULTADOS

El resultado final, consecuencia del desarrollo de todo el proceso metodológico anteriormente descrito, es un conjunto de datos espaciales conforme a INSPIRE, en formato ráster, con una resolución de 25 metros, con la Serie Cartográfica LULUCF para siete fechas de referencia: 1970, 1990, 2000, 2006, 2009, 2012 y 2015.

ID_Categoría	Categorías	Subcategoría/Descripción	VALUE (IdClaseLULUCF)	
1	FL Tierras forestales (Forest Land)	Tierra con vegetación leñosa y coherente con los siguientes umbrales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fracción de cabida cubierta arbórea (FCC): ≥ 20%.</li> <li>• Superficie mínima: 1 hectárea.</li> <li>• Altura mínima de los árboles maduros: 3 metros.</li> <li>• Anchura mínima para los elementos lineales: 25 metros.</li> </ul> (Nota: Esta restricción del umbral de anchura mínima no se aplica en el Inventario Forestal Nacional a las riberas arboladas con especies autóctonas o asilvestradas de estructura irregular, origen natural y gran biodiversidad, dado su gran valor ecológico.) También comprende sistemas con vegetación actualmente inferior al umbral de la categoría de Tierras forestales, pero que se espera que lo rebasen.	100	
		FL <sub>a</sub> Frondosas (Broadleaved)	Tierra con vegetación leñosa comprendida principalmente por especies de <u>frondosas</u> y coherente con los umbrales utilizados para definir la categoría Tierras forestales.	110
			Igual o superior al umbral	111
			Inferior al umbral	112
		FL <sub>c</sub> Coníferas (Coniferous)	Tierra con vegetación leñosa comprendida principalmente por especies de <u>coníferas</u> y coherente con los umbrales utilizados para definir la categoría Tierras forestales.	120
			Igual o superior al umbral	121
			Inferior al umbral	122
		FL <sub>m</sub> Mixto (Mixed)	Tierra con vegetación leñosa donde no predominan ni las especies de <u>frondosas</u> ni las de <u>coníferas</u> y coherente con los umbrales utilizados para definir la categoría Tierras forestales.	130
			Igual o superior al umbral	131
			Inferior al umbral	132
		FL <sub>u</sub> Especie desconocida (Unknown)	Tierra con vegetación leñosa donde no se puede identificar la especie con los umbrales utilizados para definir la categoría Tierras forestales.	140
			Igual o superior al umbral	141
			Inferior al umbral	142
7	CL de Tierras de cultivo (Cropland)	Tierra cultivada, incluidos los arrozales y los sistemas de agro-silvicultura donde la estructura de la vegetación se encuentra por debajo de los umbrales de la categoría Tierras forestales.	700	
		CL <sub>p</sub> Cultivos leñosos perennes (Perennial Woody Crops)	Tierra cultivada con <u>cultivos leñosos perennes</u> , incluidos los sistemas de agro-silvicultura con cultivos leñosos perennes donde la estructura de la vegetación se encuentra por debajo de los umbrales de la categoría Tierras forestales.	710
			Si es posible, diferenciar los siguientes cultivos: Olivar, Viñedo y Otros cultivos leñosos (Cítrico, no cítrico y otros).	
			Olivar	711
			Viñedo	712
			Cítricos	713
			No cítricos	714
			Olivar con otros cultivos leñosos	715
		Otros cultivos leñosos	719	
		CL <sub>a</sub> Cultivos anuales (Annual Crops)	Tierra cultivada con <u>cultivos anuales y multianuales</u> (en oposición a los cultivos leñosos perennes), incluidos los arrozales y los sistemas de agro-silvicultura donde la estructura de la vegetación se encuentra por debajo de los umbrales de la categoría Tierras forestales.	720
			Arrozales	721
			Invernaderos	722
			Otros cultivos anuales	729
CL <sub>r</sub> Tierras de barbecho temporales (Temporary fallow land)	Tierra que se deja descansar durante uno o varios años antes de volver a cultivarla.  Si no es posible diferenciarlos, incluir los <u>barbechos</u> como parte de la subcategoría Cultivos anuales.	730		
2	GL Pastizales (Grassland)	Tierras de pastoreo y pastizales dominados por vegetación herbácea o arbustiva, así como con vegetación leñosa con FCC arbórea mayor o igual a 10%, que no se consideran dentro de la categoría Tierras de cultivo y que están por debajo de los valores umbrales de la categoría Tierras forestales.	200	
		GL <sub>w</sub> Vegetación arbórea (Woodland)	Tierras de pastoreo y los pastizales con <u>vegetación leñosa</u> con FCC arbórea ≥ 10%, que no se consideran dentro de las categorías Tierras forestales ni Tierras de cultivo.	210
		GL <sub>s</sub> Vegetación arbustiva (Shrubland)	Tierras de pastoreo y los pastizales dominados por <u>vegetación arbustiva</u> , que no se consideran dentro de las categorías Tierras forestales ni Tierras de cultivo.	220
		GL <sub>p</sub> Vegetación herbácea (Perennial Grasses)	Tierras de pastoreo y los pastizales dominados por <u>vegetación herbácea</u> , que no se consideran dentro de las categorías Tierras forestales ni Tierras de cultivo.	230
		GL <sub>b</sub> Pastizales quemados (Burned grassland)	Tierras de pastoreo y pastizales quemados	240

Figura 12. Definición de clases LULUCF

ID_Categoría	Categorías	Subcategoría/Descripción	VALUE (IdClaseLULUCF)	
5	WL Humedales (Wetlands)	Superficies cubiertas o saturadas por agua durante la totalidad o parte del año y que no entra en las categorías Tierras forestales, Tierras de cultivo o Pastizales.	500	
		WL <sub>T</sub> Turberas (Peatlands)	Turberas	510
			Turberas en explotación	511
			Turberas sin explotación	512
		WL <sub>F</sub> Tierras inundadas (Flooded Lands)	Embalses para la producción de energía, riego, navegación y recreo. Lagos y ríos regulados en los que se haya producido un incremento sustancial en la superficie acuática.	520
			Interiores	521
			Costeros	522
			Mixtos	523
		WL <sub>O</sub> Otros humedales (Other wetlands)	Lagos y ríos regulados en los que no se haya producido un incremento sustancial en la superficie acuática.	530
			Interiores	531
			Costeros	532
			Mixtos	533
		8	SL Asentamientos o artificial (Settlements)	Toda la tierra desarrollada, incluidas las infraestructuras de transporte y los asentamientos humanos de cualquier tamaño, a menos que estén incluidos en otras categorías.
SL <sub>U</sub> Asentamientos urbanos (Urban units)	Zona residencial (urbana y rural)			810
	SL <sub>I</sub> Zonas industriales o comerciales (Industrial or commercial units)			Zonas insutriales o comerciales
Industrial				821
Comercial				822
SL <sub>P</sub> Puertos y aeropuertos (Port areas and airports)	Puertos y aeropuertos			830
	Zonas portuarias			831
	Aeropuertos			832
	Otras			839
SL <sub>T</sub> Redes de transporte por tren y carretera (Road and rail transport networks)	Infraestructuras de transporte.			840
	Carreteras			841
	Ferrocarril no electrificado			842
	Otras			849
SL <sub>M</sub> Minas (Mineral extraction sites)	Explotaciones mineras.			850
SL <sub>D</sub> Escombreras y vertederos (Dump sites)	Escombreras y vertederos			860
SL <sub>S</sub> Zonas en construcción (Construction sites)	Zonas en construcción			870
SL <sub>V</sub> Vegetación (Vegetated areas)	Tierras con cobertura vegetal, que no se consideran dentro de las categorías Tierras forestales, Tierras de cultivo ni Pastizales.			880
	Arbolada	881		
	Arbustiva	882		
	Herbácea	883		
4	OL Otras tierras (Otherland)	Suelo desnudo, roca, hielo y todas aquellas zonas que no estén incluidas en ningunas de las otras cinco categorías anteriores: Tierras forestales, Tierras de cultivo, Pastizales, Humedales y Asentamientos o artificial.	400	

Figura 12. Definición de clases LULUCF

Clase LULUCF	1970	1990	2000	2006	2009	2012	2015
	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente
FL	MCA1	CLC90	MCA2	MFE50	FF09	FF12	FF15
CL	MCA1	CLC90	MCA2	CLC06	SIGPAC09	SIGPAC12	SIGPAC15
GL	MCA1	CLC90	MCA2	MFE50	FF09	FF12	FF15
WL	MCA2+IGN+DGA+IGME	CLC90+IGN+DGA+IGME	MCA2+IGN+DGA+IGME	CLC06+IGN+DGA+IGME	SIGPAC09+IGN+DGA+IGME	SIGPAC12+IGN+DGA+IGME	SIGPAC15+IGN+DGA+IGME
SL	CLC90+catastro+IGN	CLC90+catastro+IGN	CLC00+catastro+IGN	CLC06+catastro+IGN	SIGPAC09+catastro+IGN	SIGPAC12+catastro+IGN	SIGPAC15+catastro+IGN
OL	CLC90+capa roquedos	CLC90+capa roquedos	CLC00+capa roquedos	MFE50+capa roquedos	FF09+capa roquedos	FF12+capa roquedos	FF15+capa roquedos

Figura 13. Origen para cada clase LULUCF y fecha de referencia

Adicionalmente, se ha obtenido la cobertura de cambios por provincia a partir del análisis ráster realizado entre dos fechas consecutivas (1970 – 1990; 1990 – 2000; 2000-2006; 2006-2009; 2009-2012; 2012-2015). A cada píxel se le ha asignado un valor en función del estado: los que no han tenido cambios en el periodo se han clasificado con el valor «0» y los que han sufrido cambios con el valor «1» y se ha incluido la clase LULUCF de origen y la clase LULUCF final.

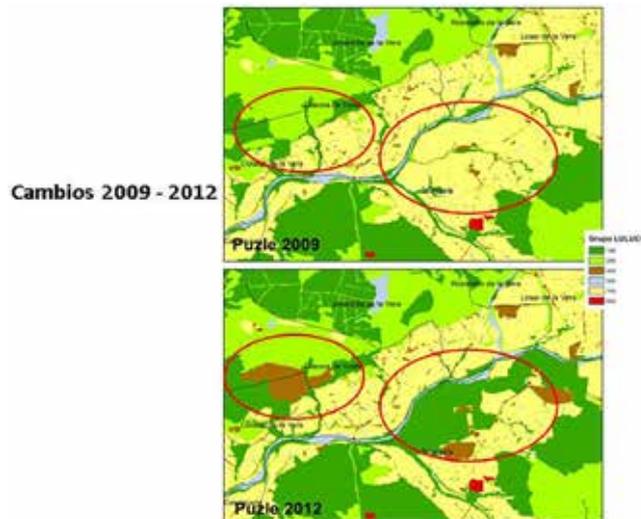


Figura 14. Ejemplo de cambios de ocupación del suelo entre fechas de referencia

Id	Usos_1970	Usos_1990	Usos_2000	Usos_2006	Usos_2009	Usos_2012	Usos_2015	CodTotal	SupHa
1356	700	700	800	800	400	700	700	700-700-800-800-400-700-700	232,19
1357	700	200	100	100	100	400	400	700-200-100-100-100-400-400	232,00
1358	400	700	800	100	100	100	100	100-400-700-800-100-100-100	231,50
1359	200	200	800	800	400	800	800	200-200-800-800-400-800-800	231,38
1360	700	400	700	200	200	200	200	700-400-700-200-200-200-200	231,38
1361	700	700	800	800	500	500	500	700-700-800-800-500-500-500	231,31
1362	700	200	700	700	700	400	700	700-200-700-700-700-400-700	230,94
1363	400	700	500	700	200	200	200	400-700-500-700-200-200-200	230,88
1364	200	400	400	400	700	700	400	200-400-400-400-700-700-400	230,38
1365	800	800	800	800	700	700	200	800-800-800-800-700-700-200	230,31
1366	700	700	800	800	200	200	700	700-700-800-800-200-200-700	230,19
1367	200	700	200	700	100	100	200	200-700-200-700-100-100-200	230,13
1368	200	700	700	700	800	200	200	200-700-700-700-800-200-200	230,00
1369	200	700	200	500	500	500	500	200-700-200-500-500-500-500	229,63
1370	200	800	800	100	200	200	200	200-800-800-100-200-200-200	229,44
1371	100	700	700	700	800	400	400	100-700-700-700-800-400-400	229,38
1372	100	200	800	800	200	200	200	100-200-800-800-200-200-200	229,13
1373	700	700	200	200	700	200	200	700-700-200-200-700-200-200	229,06
1374	200	100	200	200	700	700	200	200-100-200-200-700-700-200	228,88
1375	100	700	100	100	200	200	100	100-700-100-100-200-200-100	228,75
1376	700	700	100	100	100	100	800	700-700-100-100-100-800	228,00
1377	700	700	700	700	500	100	100	700-700-700-700-500-100-100	228,00

Figura 15. Extracto de la base de datos de la Serie Cartográfica LULUCF

## 6. RETOS

La construcción de la serie LULUCF 1970 – 2015, integrando cartografías históricas no homogeneizadas, con modelos de datos, escalas y fines diversos, ha supuesto un desafío en el manejo de grandes volúmenes de datos geográficos; en total se han manejado más de 800 millones de píxeles por cada año de la serie y correspondiente cobertura de cambios (7 mapas de la serie cartográfica y 6 coberturas de cambios, en total 10.400 millones de píxeles).

La homogeneización de las cartografías, buscando las equivalencias en la definición de clases y usos de cada mapa, realizando procesos SIG y de clasificación adicionales en aquellas en las que no existía una correspondencia directa, ha supuesto un importante ejercicio de estandarización de cartografías, no realizado hasta la fecha.

Adicionalmente, la incorporación de la información catastral desde el año 1970 hasta el 2015, con información de las construcciones realizadas en España en el periodo 1970–2015 y el uso asignado, así como su incorporación a la serie LULUCF como mejor información para la clase «*asentamientos – SL*», ha significado un importante desafío en el manejo de información histórica catastral.

En el proceso de generación de la Serie Cartográfica LULUCF, se ha detectado la necesidad de mejora continua, por lo que está prevista su ampliación al siguiente año de referencia (2018), tras la publicación de nuevas fuentes de información con dicha fecha, y profundizando en la actualización de la cartografía a partir de

productos de observación de la Tierra derivados del proyecto COPERNICUS, aprovechando los avances ocurridos en dicho programa en el lapso de tiempo transcurrido desde que se inició el proceso de generación de la serie.

Para ello, está previsto diseñar una metodología para la actualización de la Serie Cartográfica LULUCF en el futuro (de 2018 en adelante) a partir de datos

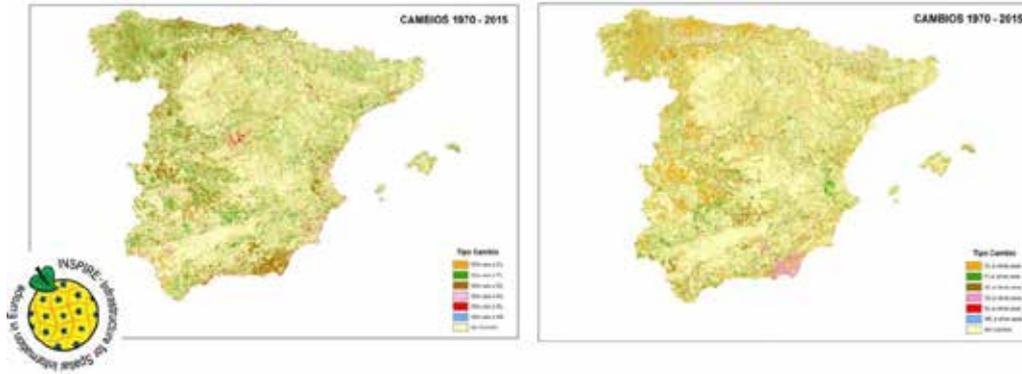


Figura 16. Mapas de cambios entre 1970 y 2015

de observación de la Tierra y otras fuentes de información disponibles. Se trata de automatizar en la medida de lo posible los procesos de actualización de los conjuntos de datos espaciales (CDE) de ocupación del suelo y cambios de ocupación del suelo mediante técnicas de teledetección. Para ello se explorarán y ensayarán diferentes métodos de obtención de coberturas de cambios a partir de imágenes SENTINEL y productos derivados del programa COPERNICUS.

## 7. CONCLUSIONES

Como conclusiones del trabajo desarrollado, descrito en los epígrafes anteriores de este artículo, se recogen los siguientes puntos:

- La serie cartográfica LULUCF proporciona información detallada sobre ocupación del suelo y sus cambios desde el año 1970 hasta el 2015, con una resolución de 25 m en todo el territorio nacional.
- Se trata de una cartografía única a nivel estatal, que refleja los cambios ocurridos en el territorio en los últimos 45 años, con una metodología que permite incorporar nuevos mapas de la serie en un futuro, que permite al SEI cumplir sus compromisos de información sobre la estimación de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero.
- La cartografía obtenida proporciona información geográficamente explícita sobre coberturas y/o usos del suelo y sus cambios en España.
- La Serie Cartográfica LULUCF mejora considerablemente la estimación de emisiones y absorciones de gases efecto invernadero y sienta las bases para la determinación de proyecciones futuras.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración e información aportada de los siguientes organismos y proyectos:

- Subdirección General de Política Forestal y Lucha contra la Desertificación. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Banco de Datos de la Naturaleza. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Subdirección de Ayudas Directas (FEGA). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Subdirección General de Cultivos Herbáceos e Industriales y Aceite de Oliva. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Instituto Geográfico Nacional.
- Dirección General del Catastro. Ministerio de Hacienda.
- Diputación Foral de Álava.

## Sobre los autores

### Equipo TRAGSATEC

*El personal que ha participado en este proyecto forma parte de un equipo técnico multidisciplinar de la empresa TRAGSATEC formado por expertos en SIG y cartografía y Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), expertos en cartografías de vegetación y usos del suelo y expertos del sector SEI que dan apoyo al MITERD para la elaboración de NIR e IIR.*

### Blanca Ruiz Franco

*Jefa de Área del Banco de Datos de la Naturaleza en el MITERD. Coordina los GTT de CODIIGE relativos a espacios protegidos, hábitat y distribución de especies, responsable del Centro Nacional de Referencia (Biodiversidad) de la AEMA de la Red EIONET española. Representante de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente del MITERD en el Consejo Superior Geográfico de España.*

### Ángel Roldán Martínez

*Jefe de Sección Técnica en la Subdirección General de Aire Limpio y Sostenibilidad Industrial, unidad en la que se integra el SEI, en el MITERD. Es responsable del sector LULUCF en el NIR. Anteriormente en la empresa pública GEACAM como técnico SIG fue coordinador técnico del proyecto para la elaboración de un mapa de modelos de combustible y de un inventario forestal regional en Castilla-La Mancha.*

# El Sol: Astro Rey y Dios Supremo

MARIO RUIZ MORALES

---



*Palabras clave:* astronomía, observatorio astronómico, Sol, eclíptica, Gracia clásica, Tolomeo, solsticios, estrellas, mayas, Yucatán, modelo cosmológico.

*Keywords:* astronomy, astronomical observatory, Sun, ecliptic, classical Grace, Ptolemy, solstices, stars, Maya, Yucatan, cosmological model.

La astronomía es la primera rama del saber en la que debieron de pensar los primeros pobladores de la Tierra. Es difícil imaginar la sorpresa que sentirían al comprobar cómo salía el Sol cada día y el temor que les embargaría al verlo desaparecer bajo el horizonte, tras haber recorrido el cielo. Sentimientos análogos tendrían cuando vieron aparecer la Luna, aunque el temor se convirtiera en este caso en alivio, por el hecho de disipar un tanto las tinieblas de la noche. Tampoco debió ser menor su sensación al ver como cada noche aparecían las estrellas, a modo de iluminarias lejanas e incrustadas en la bóveda celeste por la que parecían estar envueltas. Aunque en un principio pensarán que el Sol salía y se ocultaba por los mismos puntos del horizonte<sup>1</sup>, con el tiempo se darían cuenta de que no era así; comprobando que tales puntos se desplazaban por el horizonte. Al ser conscientes del movimiento aparente del Sol y de la producción de sombras, constatarían que en un momento dado éstas eran mínimas y que apuntaban hacia la zona del horizonte por la que nunca estaba aquel. Pasaría un prolongado espacio de tiempo para que los primeros observadores de tales fenómenos astronómicos comprobasen que la duración del periodo comprendido entre la salida y la puesta del Sol era variable, una evidente manifestación de la traslación de la Tierra alrededor del primero. Tampoco es baladí otro hecho relevante, la imposibilidad de mirar al Sol sin sentir molestias, que podrían llegar a causar un daño irreparable<sup>2</sup>. La fascinación que sentirían por el Sol, la luna y las estrellas, aquellos hombres primitivos ha quedado indirectamente reflejada en la existencia

de los numerosos petroglifos que hay repartidos por diferentes lugares de la Tierra; con la importancia añadida de que, en algunos casos, contienen evidencias irrefutables de sus conocimientos astronómicos. Mención aparte merecen los numerosos monumentos que parecen representar observatorios astronómicos, en los que se destacan las posiciones singulares del Sol en los cuatro puntos más señalados del año: los dos solsticios (invierno y verano) y los dos equinoccios (primavera y verano).

Es indudable que muchos de aquellos observadores tan remotos debieron quedarse extasiados contemplando la belleza e inmensidad del cielo nocturno repleto de luminarias. Probablemente no tardarían demasiado en constatar que la mayoría de ellas se movían de forma análoga a como hacían el Sol y la Luna, en tanto que aparecían y se ocultaban por los mismos lados del horizonte que esos dos cuerpos. Al mismo tiempo, comprobarían que, cuando unas desaparecían, surgían otras por el lado opuesto del horizonte, interrumpiéndose la secuencia con la llegada del amanecer.

Ese aspecto mutable del firmamento les debió de resultar incomprensible, máxime cuando, para un lugar y hora dados, no se veían las mismas estrellas si el intervalo de tiempo transcurrido entre dos observaciones consecutivas era considerable. Tampoco alcanzarían a comprender en un principio cómo el Sol era diferente al resto de las estrellas, en tanto que presentaba una particularidad muy llamativa: el hecho de que su máxima altura sobre el horizonte variase de un día a otro, aunque todos los valores de la misma estuviesen comprendidos entre las cifras extremas que alcanzaba en los dos solsticios y su valor medio se produjera en los equinoccios. En otras palabras, colegirían que en el periodo analizado había una clara separación: durante la primera mitad, la duración de los días era mayor que la de las noches, justo lo contrario de lo que ocurría en la otra mitad; en la frontera de las dos mitades la duración del día coincidía con la de la noche. Mucho más adelante se admitiría que tales hechos eran una prueba evidente de que el Sol estaba animado por otro movimiento complementario del diurno,



*Petroglifo escandinavo con el Sol, rodeado de adoradores. Dos de las figuras femeninas tocan el disco. Museo Underslöss & Universidad de Gothenburg*

<sup>1</sup>Esa creencia todavía está presente en un amplio sector de la población, sobre todo del ámbito urbano.

<sup>2</sup>Tal como le acabaría sucediendo a Galileo Galilei, por observarlo sin la debida protección al buscar las manchas solares.



*Alegoría del Sol naciente. Se representa como un hombre desnudo que conduce cuatro caballos, símbolo de sus desplazamientos por la bóveda celeste, y es acompañado por el padre tiempo. El astro aparece rodeado por una corona circular que representa a la banda zodiacal. El autor del grabado fue el italiano Giulio Bonasone, en torno al año 1530.*

desplazándose sobre un plano oblicuo con relación al ecuador y que forma con él un ángulo próximo a los  $23^{\circ} 26'$ , un valor conocido como oblicuidad de la eclíptica<sup>3</sup>.

Otra de las cuestiones que llamaría poderosamente la atención de aquellos astrónomos sería el diferente brillo de las estrellas, y más especialmente la mayor luminosidad de algunas, cuya trayectoria resultaba un tanto errática al compararla con la del resto. Tales astros fueron identificados de inmediato en tiempos muy pretéritos, hasta el punto de ser prehistóricos, puesto que no hay constancia de ello. Fue en la Grecia clásica en donde se les llamó planetas (πλανήτης que se puede traducir por errante), una denominación que ha llegado hasta nuestros días; debe recordarse que su número no varió hasta que fue descubierto Urano el 13 de marzo de

<sup>3</sup>En otro momento volveremos a este movimiento aparente del Sol sobre la esfera celeste, en el que va recorriendo los doce signos del zodiaco; a razón de 30o cada uno.

1781, por el astrónomo inglés William Herschell. Tanto la Luna, como el Sol y los demás planetas fueron elevados a la categoría de dioses en distintas civilizaciones, convencidos como estaban de qué se trataba de algo sobrenatural e inalcanzable. No viene mal señalar que su incidencia en nuestra vida cotidiana sigue siendo notoria, habida cuenta de que los nombres que llevan los días de la semana<sup>4</sup>. El Sol estuvo llamado desde los principios de los tiempos a ocupar el lugar más destacado en la historia del hombre, de hecho se le viene rindiendo culto desde tiempo inmemorial<sup>5</sup>, llegando

<sup>4</sup>Ha de traerse a colación que la Luna y el Sol eran considerados planetas, en los modelos teóricos de la filosofía griega, como Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno.

<sup>5</sup>Aún hoy se reza, en la cristiandad, una oración de este tenor: bendita la luz del día, el señor que nos la envía, bendito su gran poder que nos ha

a ser considerado como el dios supremo o dios de dioses.

Las primeras referencias más concretas sobre el cultivo de la astronomía, se remontan según Jean Sylvain Bailly<sup>6</sup> al año 3890 a.C. fecha hipotética en que el personaje mitológico Atlas inventó la esfera. Lamentablemente no se conserva documento alguno que avale tal supuesto, solo la tradición. Lo mismo sucede con las innegable observaciones practicadas en Egipto, de las que solo se da fe en el Calendario de Tolomeo; refiriendo los días

dejado amanecer. Otra es más conocida, pues incluso va acompañada del repicar de campanas: me refiero al Ángelus de las 12 horas, coincidente como es sabido con la culminación superior del Sol (cuando alcanza su máxima altura sobre el horizonte). Se da la curiosa circunstancia de que los sacerdotes egipcios entonaban cantos en el mismo instante.

<sup>6</sup>Histoire de l'astronomie ancienne, depuis son origine jusqu'à l'établissement de l'École d'Alexandrie. Paris, 1775.



*El Sol como rey. En el brazo derecho lleva el cetro con su figura y en el izquierdo el orbe. El león acrecienta la supremacía sobre los demás planetas. Grabado de 1548, por Hans von Ladenspelder. Serie de los planetas.*

en que tuvo lugar el orto heliaco de Sirio, después del solsticio de verano. Es sabida la importancia que tuvo en ese fenómeno en la historia de aquel país, ya que era el anuncio del desbordamiento del Nilo. De entre ellos, resulta que el más remoto es el que tuvo lugar el cuarto día tras el solsticio, alrededor del año 2550 a. C. Otra prueba indirecta apunta hacia esa misma fecha, ya que unos veinte años atrás se habría construido la gran pirámide de Guiza. Es incuestionable que hubo observaciones astronómicas previas, pues en otro caso no hubiesen podido orientar sus cuatro caras en las direcciones de los puntos cardinales con tan notable precisión. Sin embargo, no resulta aventurado suponer que la astronomía se venía estudiando en Egipto desde el milenio anterior. Las

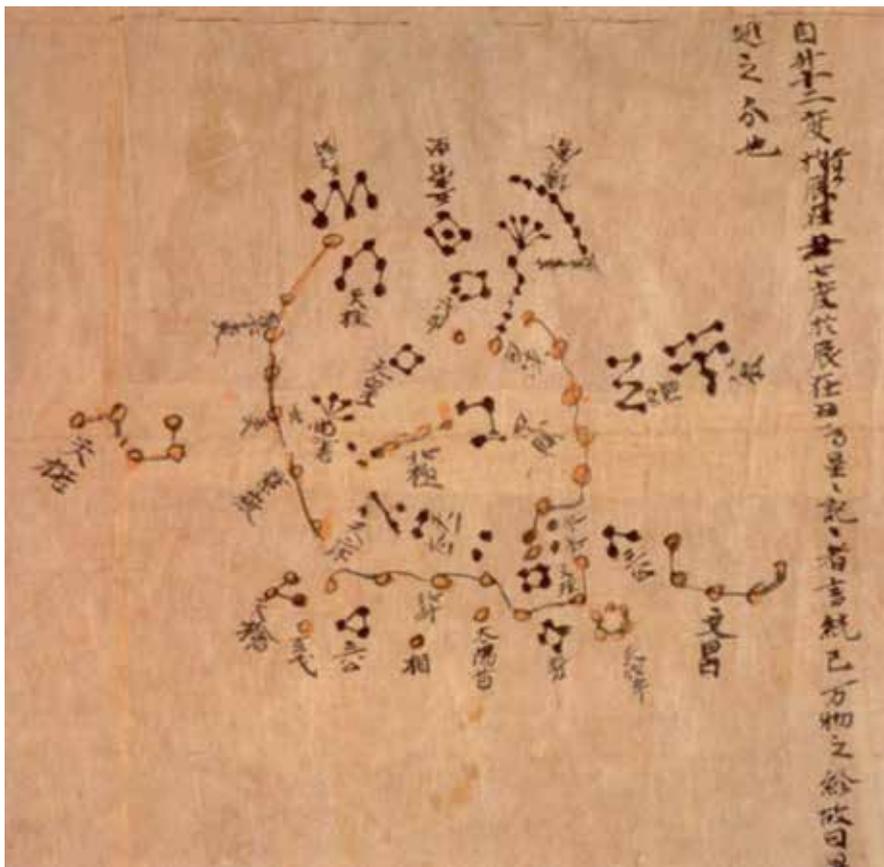
observaciones de los caldeos que figuran en el Almagesto de Tolomeo datan solo del año 721 a. C., aunque es sabido que ellos habían enviado a Aristóteles registros astronómicos de observaciones hechas en Babilonia 1903 años antes de que Alejandro Magno llegase allí; de manera que se remontarían al año 2234 a. C. Todo apunta por tanto, a que los astrónomos caldeos eran contemporáneos de los sacerdotes egipcios. Se sabe también que en los límites de su reino con el de Frigia existía un templo dedicado a Hércules<sup>7</sup>, levantado hacia el año 2700 a.C. Bailly concluyó esta breve

<sup>7</sup>Considerado en la antigüedad como el emblema del Sol, de hecho los viajes y hechos fabulosos que se le atribuyen pueden ser considerados como una especie de alegoría del movimiento del Sol.

reseña afirmando que en aquella parte de Asia se venía practicando la astronomía desde el año 3000 a. C.

A continuación, refiere cómo los antiguos persas, ancestros de los caldeos, hablaban en sus libros de cuatro estrellas que indicaban los cuatro puntos cardinales. Se ha comprobado que 3000 años a. C. las estrellas conocidas como ojo del Toro y el corazón del escorpión, marcaban precisamente los equinoccios; mientras que la del corazón del León y la del Pez austral estaban muy cerca de los solsticios. En la India tenía la astronomía una antigüedad parecida. Se pensaba que el mundo había tenido cuatro edades, la primera duró 1.728.000 años, la segunda 1.296.000, la tercera 864.000 y la cuarta 4863 años. La duración tan pequeña de esta última edad, en relación con la de las tres primeras, evidencia que esas eran imaginarias o de una clase diferente de nuestros años. Dado que los años de la última son solares, parece que la historia de sus observaciones astronómicas se remonta también a los albores del tercer milenio antes de nuestra era. Por otra parte, parece adecuada esa conclusión, ya que fue por entonces cuando calcularon los movimientos en longitud del Sol, de la Luna y de las estrellas. Añadió Bailly como prueba de que Tolomeo les había atribuido la observación de las pléyades, asegurándose en el libro de Job que esa constelación era muy conocida en Asia y que su orto heliaco anunciaba el comienzo del año.

El resumen de los albores de la astronomía china es especialmente interesante por su escasa divulgación. Se destaca en primer lugar su registro de un eclipse de Sol ocurrido en el año 2155 a. C., durante el reinado del emperador Tchong-Kang, tal como probó el jesuita francés A. Gaubil durante su misión en aquel país. En sus anales figuran recogidos otros fenómenos singulares, como la conjunción planetaria en un día de Luna llena, la cual tuvo lugar en



Fragmento de la cara celeste de Dunhuang, datada en la dinastía Tang (618-907), en la que se muestra con toda claridad la constelación de la Osa Mayor. Aparecen representadas las estrellas usando colores diferentes, atendiendo a la escuela que las identificó: las negras son de Gan De y las naranjas de Shi Shen. El mapa contiene la imagen de 1300 estrellas y se conserva en la British Library.



El Observatorio del Caracol, en Chichén Itzá, y parece que fue ultimado en el año 906. Fue llamado así por los conquistadores españoles, en atención a la escalera del interior de la torre cilíndrica remata por una cúpula sensiblemente esférica.

el año 2500 a. C. aunque Cassini dudase de su verosimilitud, el también jesuita A. Kircher demostró que realmente acaeció en el año 2449. Cita también Bailly que bajo el reino de Hoang-ti, en el 2697 a. C., uno de sus ministros, llamado Yu-chi, descubrió la estrella polar y construyó un globo celeste. Se cree igualmente que Fohi fue el primer emperador que estuvo verdaderamente interesado en la astronomía, allá por el año 2952 a. C., llegó a estudiar el movimiento de las estrellas y a reflejarlo en unas tablas astronómicas construidas a tal efecto. Bailly aseguraba en este resumen que la esfera celeste fue inventada por los astrónomos chinos.

A modo de conclusión aseguraba este erudito francés su extrañeza de que, siendo tan remotos los orígenes de la astronomía en dichas civilizaciones, no se hubiesen conseguido después logros que

viniesen a justificar sus conocimientos tan remotos, llegando a afirmar que habían mostrado para los descubrimientos la misma indolencia que para las conquistas y que en absoluto habían inventado la ciencia. Pero aún fue más lejos cuando defendía la posibilidad de que su astronomía fuese solo la herencia que habían sabido captar de una civilización superior, luego desaparecida tras algún proceso revolucionario. Esta fueron sus palabras: *«Elle est l'ouvrage d'un peuple antérieur, qui avoit fait sans doute en ce genre des progres, dont nous ignorons la plus grande partie. Ce peuple a été détruit par une grande révolution. Quelques - unes de ses découverts, de ses méthodes, des périodes qu'il avoit inventées, se sont conservées dans la mémoire des individus dispersés. Mais elles se sont conservées par des notions vagues & confuses, par une connoissance des usages, plutôt que ddes princes».*

Hasta el segundo tercio del pasado siglo, solo se tenían noticias confusas acerca del desarrollo astronómico de los pueblos de mesoamérica y particularmente de los mayas. La

explicación es el hallazgo en 1922 de una ciudad perdida en el norte de Guatemala (Tikal), en la que se encontraron diversas estelas de claro contenido astronómico. La vida de este pueblo se centró en el cosmos y el movimiento de los astros, que estudiaban con la ayuda de gnómones y desde verdaderos observatorios construidos al efecto. Gracias a sus observaciones diseñaron verdaderos calendarios extremadamente precisos; baste decir que los cálculos de la concordancia entre los ciclos mayas de 260 días y el de 365 días, dan en los trópicos resultados casi idénticos a los del año actual, con un margen de error de tan solo 19 minutos. Apoyándose en ellos, pudieron determinar las fases de la Luna, la posición del Sol en el momento de los eclipses<sup>8</sup>, de los solsticios y de los equinoccios, así como los ciclos de la naturaleza. Otras de sus observaciones se centraron principalmente en Venus<sup>9</sup>, en las Pléyades (de donde se suponían originarios), y en los planetas Marte, Júpiter y Saturno. La Vía Láctea también fue objeto de su estudio, siendo concebida como la trayectoria mítica que deberían seguir las almas cuando viajaran desde las profundidades subterráneas a los cielos del más allá.

Las alineaciones con el Sol jugaron un papel muy destacado en las ciudades mayas, de modo que los edificios ceremoniales se diseñaron de acuerdo con las direcciones cardinales. Los observatorios astronómicos presentaban la particularidad de que durante los equinoccios de primavera y de otoño los rayos solares penetraban por las troneras



Pictograma con la luna creciente y la supuesta supernova SN 1054, la cual se mantuvo visible durante 22 meses. Cañón del Chaco en Nuevo Méjico.

<sup>8</sup>Incluso se cree que registraron el de luna ocurrido el día 15 de febrero del año 3379 a. C.

<sup>9</sup>Los mayas suponían que la Tierra ocupaba una posición central en el universo y no eran conscientes de las revoluciones planetarias alrededor del Sol. Usaron mucho los ortos y ocasos de Venus, fijando en 584 días la duración de un ciclo. También sabían que cinco de ellos equivalían a ocho años solares. Por lo que las apariciones del planeta en los extremos noreste y sureste tenían lugar cada ocho años.

de los observatorios e iluminaban los muros de su interior. Uno de los ejemplos más conocidos de estos alineamientos tiene lugar en la celebrada ciudad de Chichén Itzá, en la península de Yucatán. Durante los equinoccios el Sol ilumina una de las escaleras de la pirámide dedicada al dios Quetzalcóatl y más concretamente la cabeza de una serpiente en su base. Los mayas creían también que los movimientos del Sol y de la Luna estaban guiados por los dioses, y que necesitaban la ayuda de los humanos para poder salir del mundo subterráneo que recorrían durante la noche, de ahí que efectuasen con tanta frecuencia toda clase de ritos, incluidos los sacrificios de inocentes (aunque fuesen premiados con la inmortalidad). Concluimos esta breve reseña con su modelo cosmológico de los tres mundos, a saber: el cielo, la Tierra y un océano subterráneo; en ocasiones la Tierra aparece como un gran cocodrilo flotando sobre esa agua subterránea. En esas tres regiones efectúa el Sol su doble movimiento, diario y anual.

La última referencia sobre las

manifestaciones astronómicas primitivas se va a centrar en el suroeste de los estados Unidos de América, donde cobraron especial protagonismo las tribus de los Asanazi, Mogollon y otra más genérica conocida como Pueblo, desde la llegada de los primeros conquistadores españoles. La cuestión relativa a los conocimientos astronómicos de algunos de sus componentes resulta todavía controvertida, aunque los ocho capítulos del libro *Prehistoric Astronomy in the Southwest*<sup>10</sup> debiera ayudar a disipar cualquier duda al respecto. En

<sup>10</sup>John Mckim Malville y su alumna Claudia Putnam. Big Earth Publishing.1993. Mckim es Profesor emérito del Department of Astrophysical and Planetary Sciences en la Universidad de Colorado Boulder.



*Bella alegoría del orto solar, con la carroza de Apolo apareciendo sobre el horizonte. Junto a ella se presenta un grabado holandés de Tolomeo con la esfera armilar.*

ella se comenta por ejemplo que, aunque no conocieran la estrella polar, podían materializar la dirección norte sur siguiendo procedimientos gnomónicos. Otra buena muestra de sus conocimientos astronómicos era el hecho de saber la época del año en que se encontraban, a través de la posición del orto solar sobre su horizonte sensible. Se le atribuyen también los clásicos calendarios en espiral, sobre la que llegaba a proyectarse la luz solar, a través de ranuras abiertas en la roca circundante, en las épocas más señaladas del año. Son numerosos los pictogramas que se conservan y que están repartidos por sus zonas de influencia, llegaron a representar en uno de ellos (Cañón del Chaco) la supernova del cangrejo, visible el 4 de julio del año 1054, aunque algunos asegurasen que se trata del planeta Venus. Mención especial merece la llamada Casa Rinconada, una construcción circular en lo alto de una colina, que parece representar el modelo cosmológico de los Anasazi o bien un observatorio solar, en base a los nichos que contiene a la posición de una alineación sensiblemente coincidente con la meridiana.

A pesar de haberle prestado tanta atención al Sol desde tiempos prehistóricos, solo se logró tener una idea cabal de sus movimientos relativos, asociados a la rotación diaria de la Tierra y a su traslación anual. En cambio de su naturaleza apenas



*Nicho con el Dios Ra en el templo de Abu Simbel, al Sur de Egipto. En la estela de la derecha aparece el Dios Shmash sentado, bajo la luna y las estrellas, delante de él sobresale la imagen de un disco solar apoyado en un altar y suspendido por otra deidad.*



Huitzilopochtli, en el Códice Telleriano-Remensis (Méjico. S. XVI). El arquero en la obra *Petición de los Cielos* (1645)

se supo nada hasta nuestros días, gracias al imparable desarrollo de la era espacial y al creciente lanzamiento de sondas que han ido explorando su sistema y a él mismo. Se comprende así que hayan proliferado toda clase de mitos y leyendas, algunas de las cuales han perdurado durante milenios y aún se mantienen en el acervo popular. Lo más sobresaliente, en ese aspecto, ha sido el haber llegado a considerarlo Dios en la mayoría de las civilizaciones<sup>11</sup>. De los muchos ejemplos que podrían traerse a colación, nos ha

<sup>11</sup>Es esta una circunstancia que puede hacer sonreír a algún insensato, a pesar de que el mismo Sócrates le dirigía sus plegarias. Muchos de nuestros sesudos razonamientos es probable que hagan sonreír también en los siglos venideros, una vez que hayan sido superados nuestros conocimientos.



Observar la corona solar iluminada por la luna



Eclipse total de Sol ocurrido el 20 de marzo de 2015, siendo visible desde las regiones polares del hemisferio norte. La imagen de la derecha es la advocación tricéfala del Dios Lug, fue descubierta en Reims.

parecido representativa la selección que se resume a continuación.

La adoración de Ra, el antiguo dios solar de Egipto, no se limitó a Heliópolis sino que alcanzó a los propios faraones que se autoproclamaron sus hijos. Tal fue el papel asignado a Ra, que llegó a ser considerado el creador del mundo. La alegoría de

los movimientos fue en este caso el empleo de un barco en lugar de la carroza, de manera que no solo se podría desplazar por los cielos sino también en el inframundo. Se daba por supuesto que renacía cada día, con la llegada del orto. En la antigua Mesopotamia surgió la figura de Shamash como Dios de la justicia, el cual le entregó a Hammurabi su celebrado código. Una de sus representaciones fue la de un disco solar, aunque llegase a ser considerado el Dios del cielo y de la Tierra. Existía la creencia de que recorría los cielos en una carroza, viendo así todo lo que ocurría durante el día. También viajaba por el inframundo hasta la llegada del día. Él fue el dios supremo para toda Babilonia.

En la tradición griega, el dios Apolo, hijo de Zeus (El Dios de dioses), se desplazaba por el cielo en una carroza tirada por caballos y con su luz iluminaba el mundo. La iconografía de Apolo fue muy variada, llegando a ser representado como el Sol radiante, que protegía con su luz disciplinas tan variadas como la música, la lógica y la razón. Con la llegada del cristianismo se le asoció al demonio, como relejo de la intolerancia hacia todo lo pagano. El mito de Apolo ha estado presente

en el mundo de la filosofía, asociándolo en multitud de ocasiones a aspectos de la vida cotidiana, de la sociedad y hasta de la naturaleza. No obstante, es obligado recordar que él no presidía el panteón, sino que lo hacía Zeus<sup>12</sup> (el Júpiter romano). La idea de que la Tierra es el centro del universo ha perdurado en el tiempo, desde que sus primitivos pobladores observaban que el Sol, la luna y las estrellas parecían girar en torno a ella. Así quedó plasmado en el sistema geocéntrico de Tolomeo (siglo II d.C.), que mantuvo su vigencia mucho tiempo después de que Copérnico (en los albores del siglo XVI) defendiera que realmente era el Sol el que ocupaba dicho centro. El sistema del astrónomo alejandrino, con la Tierra estacionaria, fue abrazado por la Iglesia; defendiéndose en su seno que el Sol ocupaba la cuarta esfera, entre las de Venus y Marte.

Una de las tradiciones solares más trágicas son las de la civilización azteca, concretamente las asociadas a Huitzilopochtli, Dios del Sol y de la guerra. Su iconografía era variada, aunque solía ser representado con plumas de color azul y verde, simulando las del colibrí. Pero a pesar de ello requería la ayuda de los humanos para vencer las trabas que le ponían las deidades de la oscuridad y poder volver a dar la luz del día. La ayuda no era baladí, en tanto que requerían la sangre del corazón del sacrificado. Otra de las tradiciones más llamativas es la de la civilización china, pues una vez hubo 10 soles en el cielo. Todos ellos viajaban individualmente con su esposa Xihe, hasta que un día decidieron aparecer en el cielo al mismo tiempo. Sin embargo fue tanto el calor ocasionado que Dijun, el padre de todos ellos, les ordenó que se comportasen. Al no ser atendida su petición, ordenó al arquero Hou Yi que les disparase, siendo así como murieron nueve de ellos y quedó solo uno.

La tribu de los Inuit vive tanto en Alaska,

<sup>12</sup>En la mitología griega Zeus tuvo con Leto dos hijos gemelos: Apolo y Artemisa.

como en Groenlandia y otras regiones del Ártico. Entre sus tradiciones se encuentra la leyenda que explica la existencia del Sol y de la Luna, asociando ambos cuerpos al dios lunar Annigan y a su hermana, la diosa solar Malina. Al parecer durante un periodo en que vivieron juntas, un día se pelearon entre sí. Malina se alejó enfadada y Annigan la siguió continuamente sin conseguir reconducir la situación. Hasta tal extremo llegó la situación, que Annigan dejó de comer y se hizo cada vez más delgado, de ahí las fases lunares. Cuando la luna desaparece, los Inuit pensaban que Annigan se había ido a comer. Al finalizar la persecución logra alcanzar a Malina y tiene lugar el eclipse solar. Al igual que sucedió con otras divinidades previas al cristianismo, en la mitología celta aparece la figura del Dios Lug (Lugh o Lugus), una especie de rey guerrero reluciente que ayudó a una tribu irlandesa a ganar su guerra con una raza de gigantes. Estos eran dirigidos por Balor, una especie de diablo del submundo que llegó a ser el abuelo de Lug. Este llegó a derrotar a su abuelo, a pesar de la ayuda que le prestó un cíclope mágico. La historia de este dios luminoso es análoga a las que se contemplan en la tradición indoeuropea, recordando en muchos supuestos al dios Apolo. El nombre de este dios celta explica el origen de topónimos como Lyon (*Lugdunum*), Leyden (*Lugdunum Batavorum*) y Lugo.

En la mitología escandinava, Frey era el Dios de la paz, fertilidad, lluvia y del Sol naciente. La leyenda señalaba que montaba un jabalí de oro, llamado Gullinbursti, con el que viajaba por el cielo y el océano. De tal manera que si estaba contrariado, se podía fugar en su propio barco, el Skíðblaðnir, el cual era el mejor de toda Escandinavia. Cuando no usaba el barco, Freyr lo plegaba y lo guardaba en su bolsillo. En la antigua mitología hindú, Suria, como Dios solar, representaba la forma visible de lo divino, tal como podía verse con toda claridad cada día. Representado como un hombre rojo con tres ojos y cuatro brazos, este Dios iba generalmente en una carroza, tirada

por siete caballos o bien por un solo caballo con siete cabezas. Se supone que Suria sana a los enfermos y como tal es honrado en templos y festivales en toda la India. Se cree que este Dios Sol es también el garante de la buena fortuna- un atributo que explica el hecho de que muchos comerciantes coloquen un símbolo del Sol sobre las puertas de sus tiendas.

Los indígenas Fon de Benín y los Ewé, que habitan en Ghana, Benín y Togo, creen que Lisa (Dios del Sol) y Mawu (el Dios de la Luna) tiene espíritus gemelos. Para ellos, los dos juntos son los creadores del universo, Representando Mawu la maternidad y la fertilidad mientras que Lisa es la encarnación de la energía, el trabajo y la fuerza. En la religión cristiana se observan prácticas parecidas a las que han sido mencionadas hasta aquí. En efecto, la fecha del propio nacimiento de Jesucristo parece que fue forzada para que no coincidiese exactamente con el solsticio de invierno. La proliferación de imágenes en los que se representa al creador o al salvador con corona es signo evidente de la influencia solar, más clara es todavía en las famosas custodias, saliendo de la sagrada forma haces de rayos como si fuese el mismo Sol. El paralelismo entre los doce apóstoles, los doce meses del año y los doce signos del zodiaco tampoco ofrece



*Estatuilla de Rällinge (Södermanland, Suecia), se cree que representa a Frey y data de la época vikinga. Imagen de Suria montando la carroza tirada por siete caballos, solía llevar siempre una flor de loto.*

duda, de hecho son muchas las imágenes en las que aparece Jesucristo rodeado de los doce signos.

Culminamos esta aproximación a la figura del Sol, con una interesante reflexión de la NASA<sup>13</sup> que refleja sintéticamente su importancia para nosotros:

*“Nothing is more important to us on Earth than the Sun. Without the Sun’s heat and light, the Earth would be a lifeless ball of ice-coated rock. The Sun warms our seas, stirs our atmosphere, generates our weather patterns, and gives energy to the growing green plants that provide the food and oxygen for life on Earth”*

<sup>13</sup>National Aeronautics and Space Administration. A meeting with the universe chapter 3-1: The Sun and Us



*Una representación moderna de las deidades Mawu y Lisa. A la derecha fresco de Jesús en el centro del zodiaco. Catedral Svetitskhoveli en Mtskheta (Georgia).*

## Beneficios de una solución móvil profesional de captura de datos GNSS-GIS.

### ¿Qué es una solución móvil de captura datos GNSS-GIS?

Una solución GNSS-GIS generalmente es un dispositivo de mano móvil colector de datos y *software* integrado con capacidad de almacenar características y coordenadas georreferenciadas con precisión para luego representarlas en un sistema GIS.

Comúnmente dentro de las precisiones que se alcanzan con un sistema GNSS-GPS ocupan el rango entre los navegadores GNSS (mayor de 5 m) y los equipos topográficos de altas prestaciones, aunque por construcción ya pueden alcanzar precisiones centimétricas.

En la actualidad los dispositivos SIG profesionales:

- consiguen la precisión requerida de forma sencilla tanto en tiempo real, como en postproceso.
- Baterías con gran capacidad y diseño ergonómico para soportar largas jornadas de trabajo de forma cómoda
- pantallas visibles a la luz solar directa del Sol incluso en verano.
- preparados para el trabajo en entornos agresivos y condiciones climáticas adversas.
- combinación *hardware-software*

fácil de manejar por el personal de campo.

- Fácil e intuitiva integración con los sistemas SIG / Oficina.
- Colectores con varios sensores de captura integrados (GNSS, cámara de fotos, modem, lector de códigos de barras, distanciómetro,...)

Con todo ello se logra una rápida reducción de costes, se disminuyen los tiempos en la rentabilidad ROI de la inversión inicial. En nuestra experiencia hay dispositivos que un mínimo cuidado y mantenimiento están como el primer día funcionando de hace diez años de adquisición.

Resumiendo, en sus características son soluciones GNSS profesionales, precisas, fiables, versátiles, integradas, móviles, fáciles de usar y completamente personalizables para las aplicaciones demandadas.

Las precisiones demandadas en los receptores GNSS-GIS son obtenidas a través de distintos métodos de corrección diferencial en tiempo real o postproceso.

En tiempo real:

- SBAS (EGNOS en Europa), muy demandado por su comodidad y precisión submétrica alcanzada gratuita desde el origen de este tipo de equipos y suficiente

para muchas aplicaciones de campo.

- Fuente externa, estaciones de referencia GNSS-GPS vía NTRIP tanto privadas como públicas (En España Instituto Geográfico Nacional, organismos geografía comunidades autónomas)
- RTX , Banda L , tecnología para corrección de alta precisión propietaria de Trimble bajo suscripción para distintos rangos. Real Time Extended (RTX), permite combinar los datos en tiempo real con un posicionamiento innovador y algoritmos de comprensión, para lograr precisiones en muchas partes del mundo de hasta cuatro centímetros de forma independiente, en apenas un minuto de inicialización, eliminando la cobertura de datos móviles telefonía. (Consultar receptores y *software* compatible)

En postproceso a través de la descarga y cálculo con ficheros rinex de las estaciones de referencia GNSS-GPS permanentes, que incluyen este tipo de servicio. La descarga de los ficheros se puede realizar de forma automática (procesos *software* oficina) o bien de forma manual.

### Necesidad que cubren los equipos GIS - Aplicaciones

Los receptores GNSS-GIS nacieron para cubrir el hueco entre los primeros GPS navegadores de montañero que solo permitían la captura o navegación a waypoints predefinidos con precisión cercana o más de diez metros de error y los equipos centimétricos para Topografía de alto coste.



Surgieron para muchos trabajos se requerían precisiones submétricas o métricas, equipos sencillos y fáciles de llevar o usar por la orografía del terreno y que tuvieran un uso intuitivo para el técnico de campo.

El mundo del SIG los adoptó para inventarios tanto urbanos como forestales, cálculos de superficies y trabajos catastrales rústicos.

A partir de aquí el avance de la tecnología, su comodidad en el uso, con su coste medio y su adaptación a otras ramas de la ingeniería y consultaría que utilizan datos geospaciales, ha conseguido que se universalicen y tengan una gran acogida.

Son muchas las aplicaciones y necesidades que solventan, siendo las principales:

- controles de cultivos, valoraciones de superficie para ayudas agrarias, viñedos, forestales y controles PAC (Política agraria común), siendo necesario que los equipos y *software* estén auditados.
- mantenimiento de inventarios y activos agrícolas o urbanos que necesitan descripción detallada de atributos y características mediante encuestas o formularios.
- Amojonamiento y Deslinde de Montes, Vías Pecuarias, Costas, Dominio Público Hidráulico, Parques, etc.
- estudios de proyectos y su evaluación.
- determinación georrefenciada de sondeos y catas.
- yacimientos arqueológicos
- parques eólicos y solares
- En conjunto con detectores electromagnéticos de canalizaciones delimitación georrefenciada de su posición.
- inventarios de fauna y flora
- posición de manchas tóxicas en superficie por contaminación radiológica.
- seguridad y emergencias
- Aplicaciones de defensa y militares

### **Hardware - Portfolio SIG de Trimble y Spectra Geospatial**

Trimble y Spectra Geospatial son marcas líderes y de gran tradición en el mercado de las soluciones de geoposicionamiento Mapping GIS. Desde hace más de veinte años tienen una gran tradición y demanda las series GNSS de mano Geoexplorer de Trimble y MobileMapper de Spectra.

Actualmente las dos marcas tienen un amplio portfolio en distintas configuraciones y precisión escalable en cuatro rangos. Métricas, submétricas, decimétricas y centimétricas.

La composición óptima de una solución Mapping GIS es la de un colector, receptor, antena GNSS y *software* de captura y gestión de datos.

En la gama hay varias configuraciones que lo tienen todo integrado siendo las actuales:

- Trimble GeoExplorer serie 7X, Trimble TDC150 y Spectra SP20 (desde 1 cm)
- Trimble Nomad 5 (1-3 m)
- Trimble TDC100 Series, Trimble TDC600, Spectra Mobile Mapper 50 Series y Spectra Mobile Mapper 60 (1-3 m)
- Juno 5 Series (1-3 m)
- Tablets Trimble PC T10 y PC T7 (2-5 m)

Receptores antenas GNSS para usuarios que por las características de su trabajo o configuración de la

solución no desean un «todo integrado», el catálogo dispone de las siguientes opciones:

- Trimble R2 y Spectra SP60 (desde 1 cm)
- Trimble R1 (50cm)

### **Software:**

Con la adopción de los sistemas operativos Android, la gama de *software* se ha universalizado, existiendo un gran número de programas y apps tanto gratuitas, como de pago, para la adquisición y gestión de datos. Prácticamente se cubren todas las necesidades de los usuarios y proyectos, con la posibilidad de crearse o configurarse a medida.

En Cartografía y SIG las principales características que debe de cumplir el *software* que complementa al dispositivo profesional serían las siguientes:

- Captura de datos en autónomo, tiempo real y post-procesado con las constelaciones y señales disponibles.
- Visualización en todo momento de las precisiones de captura de información.
- Incorporación de fotografías con su posición.
- Posibilidad de creación atributos de datos (diccionarios de datos o encuestas) en el *software* del colector o importado del *software* del correspondiente de oficina.
- Registro de datos de calidad de



las posiciones GNSS tomadas.

- Posibilidad de navegación a puntos o características de la ruta.
- Incorporación de mapas, ficheros de fondo o servidores WMS.
- Interoperatividad con los ficheros Esri Shape (escritura, importación y exportación)

Actualmente el *software* que se dispone tanto en Trimble como en Spectra Geospatial que reúne las características anteriores.

- Trimble Terrasync Profesional
- Trimble Terraflex
- Trimble Penmap
- Spectra Mobile Mapper Field

En el mercado hay *software* de empresas de terceros perfectamente compatibles con los dispositivos Trimble estando entre estos: DH3E ArpentGIS, Esri Collector, TCP MDT.

Además, existe *software* gratuito en la AppStore de Google igualmente compatible tales como SWMaps, Cartodroid y QField

## Soluciones pago por uso.

Las soluciones perpetuas en las que se hace un desembolso inicial han sido y siguen siendo las más comunes entre los técnicos e ingenieros que las necesitan para sus proyectos de Cartografía, catastro y GIS. Sus principales ventajas residen en ser las de una inversión prevista que no se tiene que provisionar periódicamente y se tiene a libre disponibilidad



Cierto es que en ocasiones el proyecto de captura de datos que, aunque se tiene que hacer con precisión GIS, este es breve en su consecución o bien son campañas anuales de pocos días, con lo que la inversión de una solución de captura perpetua no es rentable, ya que no se tienen otros trabajos de la misma naturaleza que así lo aconsejen.

Para ello Trimble tiene en su portafolio soluciones de pago por uso (desembolso según su utilización) de la misma calidad que las perpetuas. Su principal ventaja además de realizar el pago según su utilización, es la flexibilidad en cuanto a la precisión, existiendo varios rangos y los componentes (antena, receptor y *software*).

En el catálogo se dispone de Trimble Catalyst, antena receptora GNSS, a la que se la puede dotar de los *software* Trimble Terraflex, Penmap u otros de terceros en un Smartphone o Tablet compatible, más una opción de precisión a demanda con rangos desde el cm hasta el metro.

## Realidad aumentada con alta precisión.

Como complemento a los instrumentos tradicionales Trimble ha creado Sitevision. SiteVision es un sistema de realidad aumentada de alta precisión que permite mostrar lo que aún no existe en el mundo real o bien ver en pantalla los elementos ocultos bajo tierra.

Con ello permite los técnicos visualizar y comprender los datos antes de comenzar los proyectos porque utiliza dos datos adquiridos a través de un escáner, estación total, GNSS y GIS o bien los importados a través de ficheros CAD, ESRI, TBC entre otros.

## Resumen.

Una solución de captura GIS profesional es un conjunto de dispositivo *hardware*, *software* y distintos sensores de captura para obtener precisiones de los activos y sus atributos con precisión.

A partir de aquí, se recomienda el uso de soluciones preparadas para el trabajo en campo, con capacidad de poder trabajar en condiciones climáticas adversas, durabilidad de las baterías en largas jornadas de trabajo, visibilidad óptima y alta rugerizacion que le de protección ante las caídas y seguridad de almacenamiento de los datos

Trimble.y Spectra junto con Al-Top Topografía en sus divisiones de GIS ofrecen este tipo de soluciones profesionales primando la fiabilidad, precisión, versatilidad e integración más su longevidad. Todo ello con un gran equipo de expertos que ofrecen un completo asesoramiento y soporte postventa para que el cliente adquiera un dispositivo de captura de datos adecuado a sus demandas personalizado y sencillo de utilizar

Gracias a estas premisas se ha conseguido que los productos Mapoing GIS de Trimble y Spectra Geospatial sean líderes con un alto grado de satisfacción entre sus clientes

**Trimble Geospatial** ofrece soluciones que facilitan flujos de trabajo productivos y de alta calidad, y el intercambio de información, lo cual genera valor para una cartera global y una diversa clientela conformada por topógrafos, empresas de ingeniería y servicios de GIS, gobiernos, servicios públicos y autoridades de transporte. Las innovadoras tecnologías de Trimble incluyen sensores integrados, aplicaciones de campo, comunicaciones en tiempo real, y *software* de oficina para análisis de datos, modelado y procesamiento.

Estamos innovando en el futuro de la inteligencia de datos, donde convergen personas, productos y lugares sin contratiempos para que pueda dejar su huella y su legado.

<https://es-la.geospatial.trimble.com/GIS>

**Spectra Geospatial** es una marca líder conocida por ofrecer productos de calidad a los mercados de Topografía, SIG y construcción. Se centra en las necesidades específicas del sector de la Topografía convencional. Spectra Geospatial ofrece un completo catálogo de productos que incluye sistemas de navegación global por satélite (GNSS), sistemas de posicionamiento global (GPS), estaciones totales ópticas, *hardware* de recolección de datos, *software* de campo y de oficina, como, así como una amplia gama de herramientas de construcción.

La robustez y confiabilidad son la base como opción ideal de valor.

La marca Spectra Geospatial está respaldada por un sólido soporte técnico postventa valorado por los usuarios de Topografía y construcción.

<https://spectrageospatial.com/category/aplicaciones-industriales/sig-mapeo/?lang=es>



**Al-Top Topografía, S.A.** es una empresa española con más de 25 años (fundación 1986) de experiencia en el sector de la Topografía, GIS, Ingeniería, construcción, agricultura y edificación. Ofrece equipos de topografía y soluciones geoespaciales integradas a su medida.

Su visión es que los profesionales nos consideren su socio tecnológico, su proveedor de referencia y donde acudir con garantías cuando tiene una necesidad.

Sus valores incluyen la vocación de servicio, el respeto y satisfacción del cliente, el compromiso de ofrecer productos de calidad, la voluntad de trabajar en la mejora continua y la adaptación a las nue-

vas tendencias tecnológicas geoespaciales. El conocimiento de las necesidades y problemas del sector, a los que le ofrece la mejor solución, trato personalizado y cercano, la ha consolidado como un referente en el ámbito nacional

Al-Top Topografía es distribuidor autorizado en España de Trimble, Spectra Precision Láser, DJI Enterprise y TcPMDT. Servicios de alquiler, venta, servicio técnico y soporte.

<https://www.al-top.com/>

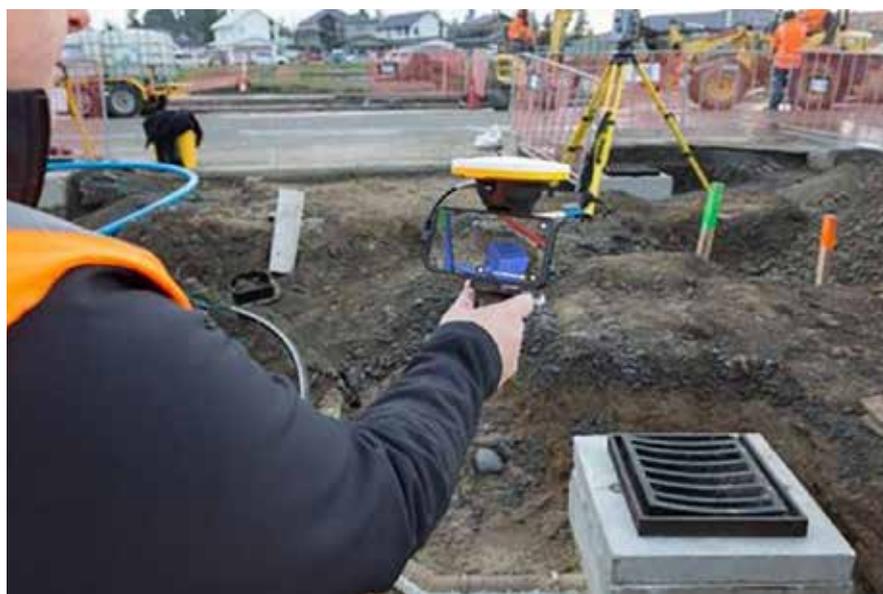
**Juan Toro Rebollo** ejerce de consultor geoespacial de la división Mapping GIS en Al-Top Topografía y de delegado en la zona centro Madrid de España.

Ingeniero en Topografía, con una alta experiencia por más de 25 años en actividades de SocialMedia y programación, soporte y consultoría técnica comercial de la distribución de instrumental topográfico en empresas punteras del sector.

Bloguero y editor de <http://interresporlageomatica.com> by Juan Toro, Blog orientado a todo aquello que puede ser curioso e interesante en la Geomática y Topografía.

Cofundador de Geoblogguers, espacio de encuentro de los blogueros de la Geomática y ciencias de la Tierra.

<https://www.linkedin.com/in/juantororebollo/>



## Efrén Díaz: «La batalla tecnológica contra el coronavirus amenaza el derecho a la privacidad de las personas»

«La información geoespacial influye en la privacidad del ciudadano, ya que nuestra posición no solo indica dónde estamos, sino también quiénes somos»



¿El Gobierno me va a rastrear y saber dónde estoy en cada momento? ¿Me van a poder multar si salgo de casa en el confinamiento? ¿Van a geolocalizarme para saber si estoy contagiado de Covid-19? Estas y otras preguntas similares se difunden y propagan una enorme preocupación no sanitaria, sino de protección personal.

El abogado, Doctor en Derecho y responsable de las Áreas Tecnología y de Derecho Espacial del Bufete Mas y Calvet, Efrén Díaz, ha publicado recientemente **Aspectos legales de los datos y servicios geoespaciales y su incidencia en la privacidad** y nos aclara estas dudas. Con el objetivo de acercar problemas legales derivados de la geolocalización y sus consecuencias, el abogado señala que la investigación resulta de utilidad «para sistematizar la aplicación legal de tecnologías de última generación, desde el Blockchain o los drones, hasta el Internet de las Cosas o las nuevas redes 5G». El trabajo tiene como finalidad profundizar en los aspectos jurídicos de la información geoespacial, «haciendo especial énfasis en temas como la protección de datos personales, ya que nuestra posición no solo indica dónde estamos, sino también quiénes somos».

«La batalla tecnológica contra el coronavirus parece amenazar el derecho a la privacidad de las personas. Así lo han puesto de manifiesto las dificultades para el desarrollo de las aplicaciones móviles para el seguimiento de la enfermedad dentro y fuera de nuestras fronteras», apunta el abogado. La finalidad de las medidas digitales y de geolocalización adoptadas es mejorar la gestión de la crisis sanitaria y, para ello, «contar con información real sobre la movilidad de las personas en los días previos y durante el confinamiento». Por eso, las autoridades competentes han trabajado en el desarrollo urgente de aplicaciones informáticas. Sin embargo, tal y como explica, «existen muchas dudas sobre si la aplicación permitirá sólo la geolocalización del usuario a los efectos de verificar que se encuentra en un determinado lugar y si además va a recabar datos como nombre, número de teléfono móvil (para el envío de SMS), DNI o NIE (para posterior cruce con la tarjeta sanitaria), dirección completa o fecha de nacimiento...». Además, no siempre ha habido claridad sobre si la geolocalización es un dato opcional, que requeriría el consentimiento del usuario de la aplicación.

Por otro lado, a esa indeterminación se añade el hecho de que la Orden Ministerial estatal encomiende a la Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial, del Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital- y no al Ministerio de Sanidad-, «el análisis de la movilidad de las personas en los días previos y durante el confinamiento». Sorprende que no se concrete «hasta cuántos días previos» podrá geolocalizarse, lo que, a su parecer, genera inseguridad jurídica.

El abogado incide en que, en todo caso los datos del estrepitoso fracaso de esa batalla tecnológica, al menos en España, son claros. Desde que la aplicación Radar Covid comenzó a funcionar el pasado 19 de agosto de 2020 y hasta el 27 de enero de este año, sólo un 2,1 % de los ciudadanos que han dado positivo en la prueba de Covid lo han notificado en la app. Tras su despliegue en todas las comunidades autónomas, las descargas de la plataforma han ido en descenso, tal y como señala Efrén Díaz. Si era necesario alcanzar una cuota de uso del 60 % para su efectividad, sólo un 17 % de la población española ha ins-

talado en su móvil Radar Covid. Y la causa principal parece ser la desconfianza por motivos de privacidad.

## **REGULACIÓN EN EL ENTORNO DE LA GEOLOCALIZACIÓN**

El abogado asegura que hay dos principales regulaciones en vigor. En Europa está vigente el Reglamento General de Protección de Datos. Adicionalmente, «debemos destacar la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo del 14 de marzo de 2007, por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (Inspire), que ofrece una regulación concreta sobre los datos y servicios geoespaciales, con particular atención a la interoperabilidad de los servicios en los Estados miembros».

El principal aporte de los datos geoespaciales al entorno jurídico es doble: «por una parte, permite mantener una infraestructura que posibilita conocer mejor la realidad, con mayor precisión, y prestar servicios de mayor calidad. Por otra parte, la interoperabilidad jurídica de que la geoinformación permite la relación e interacción entre los agentes jurídicos y los operadores técnicos implicados en actuaciones, procesos y procedimientos jurídicos, administrativos, judiciales o extrajudiciales».

El letrado señala que jurídicamente se plantean nuevos e importantes retos ante la necesidad de fijar reglas y estándares legales aplicables. «La escasa sistematización de las normas existentes y la heterogeneidad de sistemas jurídicos nacionales e internacionales genera una creciente dificultad a la hora de ofrecer soluciones jurídicas seguras en la práctica, especialmente a quienes ejercemos como abogados y nos enfrentamos a tratar de buscar soluciones a cuestiones complejas que precisan de seguridad jurídica, sobre todo preventiva».

## **DERECHOS DE LOS CIUDADANOS ANTE ESTOS DATOS**

Efrén Díaz indica que en tiempos de pandemia, no sólo hemos visto ubicar la expansión de la enfermedad sobre mapas, sino también el desarrollo de aplicaciones para ubicar a los posibles afectados o sus contactos directos. Sobre sus datos geoespaciales los ciudadanos tienen derechos, y algunos tan fundamentales como el de protección de datos personales.

Así, aclara que «cuando los datos geoespaciales sean además datos personales resulta de directa y plena aplicación la normativa de protección de datos (RGPD y LOPDGDD, entre otras) y de sus medidas de seguridad, como la llevanza del registro de las actividades de tratamiento, seguridad del tratamiento, notificación de una violación de la seguridad de los datos personales a

la autoridad de control, realización de la evaluación de impacto relativa a la protección de datos o designación de delegado de protección de datos».

En consecuencia, los derechos de los ciudadanos sobre los datos geoespaciales, cuando sean datos personales, son principalmente los derechos de protección de datos ya existentes. «En concreto, son los siguientes conforme a la nueva regulación europea: acceso, rectificación, supresión (olvido), portabilidad, oposición y limitación del tratamiento (abreviadamente, ARSOPOL)».

## **RIESGOS PARA LA PRIVACIDAD Y PROTECCIÓN DE DATOS**

«Para la persona, el principal riesgo es la privacidad; y para los servicios de geoinformación, el principal riesgo es la calidad y la interoperabilidad», incide el abogado. Con respecto a la privacidad de la geoinformación señala que un dato geográfico puede afectar a la persona y, por ello, los individuos requieren la pertinente protección jurídica. «La regulación europea de la privacidad se refiere a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos. Es decir, se protegen los datos personales para proteger a la persona, y no al revés».

Por otra parte, la falta de calidad y los problemas de interoperabilidad de la información geoespacial constituye un riesgo para la efectiva prestación de los servicios. «Basta imaginar que una ambulancia que debe prestar asistencia en un accidente carece de información geográfica correcta. Puede que no llegue a socorrer al herido, o que llegue tarde por no seleccionar la ruta más rápida y evitar un atasco previsible. Esto tendría sus propias consecuencias también jurídicas, incluida en el sector público la eventual acción para reclamar la responsabilidad patrimonial de las Administraciones públicas competentes».

Por último, a raíz del teletrabajo, los trabajadores tienen derecho a la intimidad y uso de dispositivos digitales en el ámbito laboral y de lo que guardan en sus ordenadores, como ha reconocido el artículo 87 de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. De este modo, el abogado menciona que «los trabajadores y los empleados públicos tendrán derecho a la protección de su intimidad en el uso de los dispositivos digitales puestos a su disposición por su empleador. De igual modo, el Estatuto de los trabajadores, en el art. 20 dispone que el empresario podrá adoptar las medidas más oportunas de vigilancia y control para verificar el cumplimiento por el trabajador de sus obligaciones y deberes laborales».

## 1. Información general

MAPPING es una revista técnico-científica que tiene como objetivo la difusión y enseñanza de la Geomática aplicada a las Ciencias de la Tierra. Ello significa que su contenido debe tener como tema principal la Geomática, entendida como el conjunto de ciencias donde se integran los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de información geográfica, y su utilización en el resto de Ciencias de la Tierra. Los trabajos deben tratar exclusivamente sobre asuntos relacionados con el objetivo y cobertura de la revista.

Los trabajos deben ser originales e inéditos y no deben estar siendo considerados en otra revista o haber sido publicados con anterioridad. MAPPING recibe artículos en español y en inglés. Independientemente del idioma, todos los artículos deben contener el título, resumen y palabras claves en español e inglés.

Todos los trabajos seleccionados serán revisados por los miembros del Consejo de Redacción mediante el proceso de «Revisión por pares doble ciego».

Los trabajos se publicarán en la revista en formato papel (ISSN: 1131-9100) y en formato electrónico (eISSN: 2340-6542).

Los autores son los únicos responsables sobre las opiniones y afirmaciones expresadas en los trabajos publicados.

## 2. Tipos de trabajos

- **Artículos de investigación.** Artículo original de investigaciones teóricas o experimentales. La extensión no podrá ser superior a 8000 palabras incluyendo resumen, tablas y figuras, con un máximo de 40 referencias bibliográficas. Cada tabla o figura será equivalente a 100 palabras. Tendrá la siguiente estructura: título, resumen, palabras clave, texto (introducción, material y método, resultados, discusión y conclusiones), agradecimientos y bibliografía.
- **Artículos de revisión.** Artículo detallado donde se describe y recopila los desarrollos más recientes o trabajos publicados sobre un determinado tema. La extensión no podrá superar las 5000 palabras, incluyendo resumen, tablas y figuras, con un máximo de 25 referencias bibliográficas.
- **Informe técnico.** Informe sobre proyectos, procesos, productos, desarrollos o herramientas que no supongan investigación propia, pero que sí muestren datos técnicos interesantes y relevantes. La extensión máxima será de 3000 palabras.

## 3. Formato del artículo

El formato del artículo se debe ceñir a las normas expuestas a continuación. Se recomienda el uso de

la plantilla «Plantilla Texto» y «Recomendaciones de estilo». Ambos documentos se pueden descargar en la web de la revista.

- A. Título.** El título de los trabajos debe escribirse en castellano e inglés y debe ser explícito y preciso, reflejando sin lugar a equívocos su contenido. Si es necesario se puede añadir un subtítulo separado por un punto. Evitar el uso de fórmulas, abreviaturas o acrónimos.
- B. Datos de contacto.** Se debe incluir el nombre y 2 apellidos, la dirección, el correo electrónico, el organismo o centro de trabajo. Para una comunicación fluida entre la dirección de la revista y las personas responsables de los trabajos se debe indicar la dirección completa y número de teléfono de la persona de contacto.
- C. Resumen.** El resumen debe ser en castellano e inglés con una extensión máxima de 200 palabras. Se debe describir de forma concisa los objetivos de la investigación, la metodología empleada, los resultados más destacados y las principales conclusiones.
- D. Palabras clave.** Se deben incluir de 5-10 palabras clave en castellano e inglés que identifiquen el contenido del trabajo para su inclusión en índices y bases de datos nacionales e internacionales. Se debe evitar términos demasiado generales que no permitan limitar adecuadamente la búsqueda.
- E. Texto del artículo de investigación.** La redacción debe ser clara y concisa con la extensión máxima indicada en el apartado «Tipos de trabajo». Todas las siglas citadas deben ser aclaradas en su significado. Para la numeración de los apartados y subapartados del artículo se deben utilizar cifras arábigas (1. Título apartado; 1.1. Título apartado; 1.1.1. Título apartado). La utilización de unidades de medida debe seguir la normativa del Sistema Internacional.

El contenido de los **artículos de investigación** puede dividirse en los siguientes apartados:

- **Introducción:** informa del propósito del trabajo, la importancia de éste y el conocimiento actual del tema, citando las contribuciones más relevantes en la materia. No se debe incluir datos o conclusiones del trabajo.
- **Material y método:** explica cómo se llevó a cabo la investigación, qué material se empleó, qué criterios se utilizaron para elegir el objeto del estudio y qué pasos se siguieron. Se debe describir la metodología empleada, la instrumentación y sistemática, tamaño de la muestra, métodos estadísticos y su justificación. Debe presentarse de la forma más conveniente para que el lector comprenda el desarrollo de la investigación.
- **Resultados:** pueden exponerse mediante texto, tablas

y figuras de forma breve y clara y una sola vez. Se debe resaltar las observaciones más importantes. Los resultados se deben expresar sin emitir juicios de valor ni sacar conclusiones.

- **Discusión:** en este apartado se compara el estudio realizado con otros que se hayan llevado a cabo sobre el tema, siempre y cuando sean comparables. No se debe repetir con detalle los datos o materiales ya comentados en otros apartados. Se pueden incluir recomendaciones y sugerencias para investigaciones futuras.

En algunas ocasiones se realiza un único apartado de resultados y discusión en el que al mismo tiempo que se presentan los resultados se va discutiendo, comentando o comparando con otros estudios.

- **Conclusiones:** puede realizarse una numeración de las conclusiones o una recapitulación breve del contenido del artículo, con las contribuciones más importantes y posibles aplicaciones. No se trata de aportar nuevas ideas que no aparecen en apartados anteriores, sino recopilar lo indicado en los apartados de resultados y discusión.
- **Agradecimientos:** se recomienda a los autores indicar de forma explícita la fuente de financiación de la investigación. También se debe agradecer la colaboración de personas que hayan contribuido de forma sustancial al estudio, pero que no lleguen a tener la calificación de autor.
- **Bibliografía:** debe reducirse a la indispensable que tenga relación directa con el trabajo y que sean recientes, preferentemente que no sean superiores a 10 años, salvo que tengan una relevancia histórica o que ese trabajo o el autor del mismo sean un referente en ese campo. Deben evitarse los comentarios extensos sobre las referencias mencionadas.  
Para citar fuentes bibliográficas en el texto y para elaborar la lista de referencias se debe utilizar el formato APA (*American Psychological Association*). Se debe indicar el DOI (*Digital Object Identifier*) de cada referencia si lo tuviera. Utilizar como modelo el documento «**Como citar bibliografía**» incluido en la web de la revista. La exactitud de las referencias bibliográficas es responsabilidad del autor.
- **Curriculum:** se debe incluir un breve Currículum de cada uno de los autores lo más relacionado con el artículo presentado y con una extensión máxima de 200 palabras.

En los **artículos de revisión e informes técnicos** se debe incluir título, datos de contacto, resumen y palabras claves, quedando el resto de apartados a consideración de los autores.

**F. Tablas, figuras y fotografías.** Se deben incluir solo tablas y figuras que sean realmente útiles, claras y representativas. Se deben numerar correlativamente según la cita en el texto. Cada figura debe tener su pie explicativo, indicándose el lugar aproximado de colocación de las mismas. Las tablas y figuras se deben enviar en archivos aparte, a ser posible en fichero comprimido. Las fotografías deben enviarse en formato JPEG o TIFF, las gráficas en EPS o PDF y las tablas en Word, Excel u Open Office. Las fotografías y figuras deben ser diseñadas con una resolución mínima de 300 pixel por pulgada (ppp).

**G. Fórmulas y expresiones matemáticas.** Debe perseguirse la máxima claridad de escritura, procurando emplear las formas más reducidas o que ocupen menos espacio. En el texto se deben numerar entre corchetes. Utilizar editores de fórmulas o incluirlas como imagen.

#### 4. Envío

Los trabajos originales se deben remitir preferentemente a través de la página web <http://www.revistamapping.com> en el apartado «**Envío de artículos**», o mediante correo electrónico a [info@revistamapping.com](mailto:info@revistamapping.com). El formato de los archivos puede ser Microsoft Word u Open Office y las figuras vendrán numeradas en un archivo comprimido aparte.

Se debe enviar además una copia en formato PDF con las figuras, tablas y fórmulas insertadas en el lugar más idóneo.

#### 5. Proceso editorial y aceptación

Los artículos recibidos serán sometidos al Consejo de Redacción mediante «**Revisión por pares doble ciego**» y siguiendo el protocolo establecido en el documento «**Modelo de revisión de evaluadores**» que se puede consultar en la web.

El resultado de la evaluación será comunicado a los autores manteniendo el anonimato del revisor. Los trabajos que sean revisados y considerados para su publicación previa modificación, deben ser devueltos en un plazo de 30 días naturales, tanto si se solicitan correcciones menores como mayores.

La dirección de la revista se reserva el derecho de aceptar o rechazar los artículos para su publicación, así como el introducir modificaciones de estilo comprometiéndose a respetar el contenido original.

Se entregará a todos los autores, dentro del territorio nacional, la revista en formato PDF mediante enlace descargable y 1 ejemplar en formato papel. A los autores de fuera de España se les enviará la revista completa en formato electrónico mediante enlace descargable.

# Suscripción a la revista MAPPING

## Subscriptions and orders

### Datos del suscriptor / Customer details:

Nombre y Apellidos / Name and Surname: \_\_\_\_\_  
Razón Social / Company or Institution name: \_\_\_\_\_ NIF-CIF / VAT Number: \_\_\_\_\_  
Dirección / Street address: \_\_\_\_\_ CP / Postal Code: \_\_\_\_\_  
Localidad / Town, City: \_\_\_\_\_ Provincia / Province: \_\_\_\_\_  
País - Estado / Country - State: \_\_\_\_\_ Teléfono / Phone: \_\_\_\_\_  
Móvil / Mobile: \_\_\_\_\_ Fax / Fax: \_\_\_\_\_  
e-mail: \_\_\_\_\_ Fecha / Order date: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### PAPEL

**SUSCRIPCIÓN ANUAL / SUBSCRIPTION:**

- España / Spain : 60€
- Europa / Europe: 90€
- Resto de Países / International: 120€

Precios de suscripción por año completo 2020 (6 números por año) *Prices year 2020 (6 issues per year)*

**NÚMEROS SUELTOS / SEPARATE ISSUES:**

- España / Spain : 15€
- Europa / Europe: 22€
- Resto de Países / International: 35€

Los anteriores precios incluyen el IVA. Solamente para España y países de la UE *The above prices include TAX Only Spain and EU countries*

### DIGITAL

**SUSCRIPCIÓN ANUAL / ANNUAL SUBSCRIPTION:**

- Internacional / International : 25€

Precios de suscripción por año completo 2020 (6 números por año) en formato DIGITAL y enviado por correo electrónico / *Prices year 2020 (6 issues per year)*

**NÚMEROS SUELTOS / SEPARATE ISSUES:**

- Internacional / International : 8€

Los anteriores precios incluyen el IVA. Solamente para España y países de la UE *The above prices include TAX Only Spain and EU countries*

### Forma de pago / Payment:

Transferencia a favor de eGeoMapping S.L. al número de cuenta CAIXABANK, S.A.:

**2100-1578-31-0200249757**

Bank transfer in favor of eGeoMapping S.L., with CAIXABANK, S.A.:

**IBAN nº: ES83-2100-1578-3102-0024-9757 (SWIFT CODE: CAIXAESBXXX)**

### Distribución y venta / Distribution and sale:

Departamento de Publicaciones de eGeoMapping S.L.

C/ Arrastaria 21. 28022-Madrid

Tels: (+34) 91 006 72 23; (+34) 655 95 98 69

e-mail: [info@revistamapping.com](mailto:info@revistamapping.com)

[www.revistamapping.com](http://www.revistamapping.com)

Firma \_\_\_\_\_

# CONTIGO TODO EL CAMINO



PLANIFICACIÓN > PROSPECCIÓN > DISEÑO > ORGANIZACIÓN > EJECUCIÓN > INSPECCIÓN

Sea cual sea el tipo de proyecto, el tamaño de su empresa o la aplicación específica, ponemos a su disposición una amplia gama de soluciones de medición y posicionamiento de precisión para satisfacer sus necesidades.

Descubra lo que otros profesionales como usted están logrando con la tecnología de Topcon.

[topconpositioning.com/es-es/insights](https://topconpositioning.com/es-es/insights)

MINISTERIO DE TRANSPORTE, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA  
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL  
CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

# cartografía digital

www.ign.es



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD  
Y AGENDA URBANA

INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
NACIONAL



Oficina central y comercialización:  
General Ibáñez de Ibero, 3 • 28003 MADRID  
Teléfono: +34 91 597 94 15 • Fax: +34 91 553 29 13  
e-mail: [consulta@cniq.es](mailto:consulta@cniq.es)

## CENTRO DE DESCARGAS DE DATOS

<http://centrodedescargas.cniq.es/CentroDescargas/index.jsp>

BASE CARTOGRÁFICA NUMÉRICA (BCN 1000, 50, 200, 25),

MAPA TOPOGRÁFICO NACIONAL (MTN50,25),

MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT1000, 200, 25),

LÍNEAS LÍMITE, BASE DE DATOS DE POBLACIÓN, MAPA DE USOS DEL SUELO,

ATLAS NACIONAL DE ESPAÑA, CARTOGRAFÍA TEMÁTICA.



Instituto Geográfico  
Nacional 1870 · 2020