

MAPPING

VOL. 32 • Nº 214 • 2023 • ISSN: 1131-9100



XIV JORNADAS IBÉRICAS DE INFRAESTRUCTURAS DE DATOS ESPACIALES

- GO-PEG. Generación de conjuntos de datos paneuropeos
- Deteção e delimitação de corpos de água em imagens de satélite de alta resolução com aprendizagem profunda
- El Sistema de Información de Poblaciones de Andalucía (SIPOB)
- Modernización y capacitación en SIG a través de la tipología de formación-acción aplicada al sector Agrícola
- Publicación de las API de OGC

Sumario



Pág. 4

GO.PEG. Generación de conjuntos de datos paneuropeos. Caso de uso aplicado a emergencias. *Pan-European dataset generation. Use case for emergencies*

Alejandro Guinea De Salas y Mayte Toscano Domínguez



Pág. 10

Deteção e delimitação de corpos de água em imagens de satélite de alta resolução com aprendizagem profunda: um estudo preliminar com o Detectron2. *Detecting and delimiting bodies of water in high-resolution satellite images with deep learning: a preliminary study with Detectron2*

Samuel Fernandes, Alice Fialho, Isabel Patriarca



Pág. 26

El Sistema de Información de Poblaciones de Andalucía (SIPOB), nueva herramienta para conocer las áreas del territorio ligadas a la población.

The Andalusian Population Information System, new tool to know the areas of the territory linked to the population.

Elena Díaz Vega y Cristina Caturla Montero



Pág. 32

Modernización y capacitación en SIG a través de la tipología de formación-acción aplicada al sector Agrícola. *Modernization and training in GIS through the typology of training-action applied to the Agricultural sector*

Bruno Leitão, José Vieira, José Maria Lima, Bela Azevedo, Daniela Quino



Pág. 42

Publicación de las API de OGC. Experiencia en el Centro Nacional de Información Geográfica de España. *OGC API publication. Experience in the autonomous Organization in the National Center for Geographic Information of Spain.*

Cecilia Poyatos Hernández, María José García Rodríguez, Patricia Perelló Martín de las Mulas, Gloria Andrés Yusá

El conocimiento de hoy es la base del mañana

MAPPING es una publicación técnico-científica con 32 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 32 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.32 Nº214 2023 ISSN 1131-9100

DISTRIBUCIÓN, SUSCRIPCIÓN Y VENTA

eGeoMapping S.L.
C/ Arrastaría 21.
28022. Madrid. España
Teléfono: 91 006 72 23
info@revistamapping.com
www.revistamapping.com

MAQUETACIÓN

elninjafluorescente.es

IMPRESIÓN

Podiprint

Los artículos publicados expresan solo 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:

«Fotografías de la ciudad de Évora, Portugal»

Autor: Revista MAPPING

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@geomapping.com

REDACTORA JEFA

Marta Criado Valdés
mcriado@geomapping.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

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
ESTMinas. Ule. León

M^a 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

Pilar Sanz del Río
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

Jesús Velasco Gómez
ETSITGC. UPM. Madrid

CONSEJO ASESOR

Ana Belén Anquela Julián
ETSICT. UPV. Valencia

Maximiliano Arenas García
Acciona Infraestructuras. Madrid

José Juan Arranz Justel
ETSITGC. UPM. 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 Mezcuca Rodríguez
Fundación J. García-Siñeriz

Ramón Mieres Álvarez
TOPCON POSITIONING SPAIN. Madrid

Benjamín Piña Patón
Presidente

GO-PEG. Generación de conjuntos de datos paneuropeos. Caso de uso aplicado a emergencias

*Pan-European dataset generation.
Use case for emergencies*

Alejandro Guinea de Salas y Mayte Toscano Domínguez

REVISTA **MAPPING**

Vol.32, 214, 4-8

2023

ISSN: 1131-9100

Resumen

El proyecto GO-PEG es un proyecto de investigación financiado por la comisión europea, que se ha realizado entre los años 2019 y 2023, y cuyo objetivo es proporcionar acceso a conjuntos de datos temáticos armonizados, y sus correspondientes metadatos en las áreas del medio ambiente, emergencias y gestión.

Se expondrá el caso de uso específico POPIMPACT, dentro del marco de GO-PEG donde se ha generado un conjunto de datos de alto valor para identificar la población en cada edificio de una zona afectada por una emergencia, documentando las lecciones aprendidas y buenas prácticas.

Se establece una metodología en PostGIS mediante distintas funciones que armonizan la información y asigna la población en función de distintos métodos seleccionables (huella del edificio, volumen y área residencial)

Los resultados se validan mediante los principios FAIR y se publican mediante OGC API en el Catálogo europeo de metadatos.

Abstract

The GO-PEG project is a research project funded by the European Commission, which has been carried out between 2019 and 2023. Its goal is to provide access to harmonized thematic datasets and their corresponding metadata in the areas of the environment, emergencies, and management.

A specific use case, known as POPIMPACT, will be presented within the framework of GO-PEG. In this context, a high-value dataset has been generated to identify the population in each building of an area affected by an emergency, documenting lessons learned and best practices.

A methodology is established in PostGIS using various functions to harmonize the information and assign the population based on different selectable methods (building footprint, volume, and residential area). The results are validated using the FAIR principles and are published through the OGC API in the European Metadata Catalog.

Palabras clave: GO-PEG, Emergencias, Población, PostGIS, Principios FAIR, Datos de alto valor.

Keyword: GO-PEG, Emergencias, Population, PostGIS, FAIR principles, High-value data.

Alejandro Guinea de Sala. CEO de Geograma
alejandro.guinea@geograma.com
Mayte Toscano Domínguez
mayte.toscano@geograma.com

Recepción 20/11/2023
Aprobación 12/12/2023

1. INTRODUCCIÓN

GO-PEG (Generation of cross border Pan European Geospatial Datasets and Services) es un proyecto cofinanciado por los fondos Connecting Europe Facility (CEF) de la Comisión Europea dentro de la acción 2018-EU-IA. Conecta a los principales expertos en armonización de datos dentro de un Consorcio formado por empresas de Italia, España, Alemania y Dinamarca, coordinado por la universidad de Leuven, Bélgica.

Los objetivos del proyecto son:

1. Proporcionar acceso a **conjuntos de datos abiertos temáticos armonizados** y a sus **metadatos**.
2. Centrado en las áreas de **Medio Ambiente y Gestión de Emergencias y Catástrofes**.
3. Cobertura geográfica **transfronteriza** en la que participan 5 Estados miembros de la UE: Bélgica, Alemania, Dinamarca, España e Italia.
4. Resultados **accesibles** mediante servicios web que permiten a los usuarios descubrir, visualizar y descargar datos.
5. Mejora y aceleración del valor de la **cultura de los datos abiertos**, impulsada por el Portal Europeo de Datos (EDP).

Cada parte integrante del consorcio elige uno o varios casos de usos para trabajar en las siguientes temáticas:

- **geo-COVID Watch**: Contribuir a una **comprensión de la pandemia COVID-19** utilizando mecanismos de acceso directo a datos de medición desarrollados en el sector medioambiental en los últimos años.
- **FUTUREFORST**: Técnicas que ayude a los propietarios y gestores forestales a **transformar los bosques** existentes como **consecuencia** del rápido **calentamiento del planeta** y las tensiones asociadas, como tormentas, plagas, sequías, etc.
- **POP-WILDFIRE**: **Evaluar la vulnerabilidad de la población al riesgo** potencial de **incendio** en una región determinada.
- **GO-DEPTH**: Metodología para **conceptualizar, organizar y entregar información del subsuelo** fácil de usar, de alta calidad e interoperable para la planificación y el uso sostenibles de los recursos naturales.
- **TRACING**: **Limitar los efectos y rastrear el origen** de la **contaminación del agua**.
- **FAIRPORT**: Conseguir un conjunto de datos geográficos de las **zonas geográficas**, tal como se indica en el artículo 21 del reglamento alemán, sobre el **espacio aéreo para drones**.
- **POPIMPACT**: Obtener una **capa de edificios paneuropeos** a los que se ha asignado la **población**.
- Nos centraremos en el caso de uso trabajado por Geograma, **POPIMPACT**, cuyo **propósito** es doble:

Por un lado, disponer de un conjunto de datos más precisos de la población afectada por un suceso de emergencia. En la actualidad, los gobiernos conocen la distribución de la población a nivel de edificio. Sin embargo, están obligados a preservar el secreto estadístico, por lo que no pueden distribuir estos datos y para ello lo agrupan en celdillas, secciones censales, municipios, etc. Escala que es demasiado genérica para la gestión de emergencias.

Y por otro, establecer una metodología para saber rápidamente qué población se ve afectada a nivel de edificio en caso de emergencia, con el fin de actuar proporcionalmente.

2. MATERIAL Y MÉTODO

Hasta ahora, se han realizado numerosas aproximaciones para intentar conseguir una **metodología** adecuada para estas **desagregaciones**.

- **Huella de los edificios** (Lwin y Murayama 2009)
- **Volumen de los edificios** (Lwin y Murayama 2009)
- **Techo edificable residencial** (Gálvez-Salinas et al. 2013): son necesarios datos urbanísticos.
- **Sistema Dasimétrico Experto de base catastral** (CEDS) (Maantay et al. 2007): Donde haya más viviendas habrá más habitantes.
- **Número de viviendas** (R.T. Mora-García et. 2015): Distribuye proporcionalmente la población en función del número de viviendas.
- **Superficie residencial** (R.T. Mora-García et. 2015): Distribuye la población proporcionalmente según la superficie residencial.

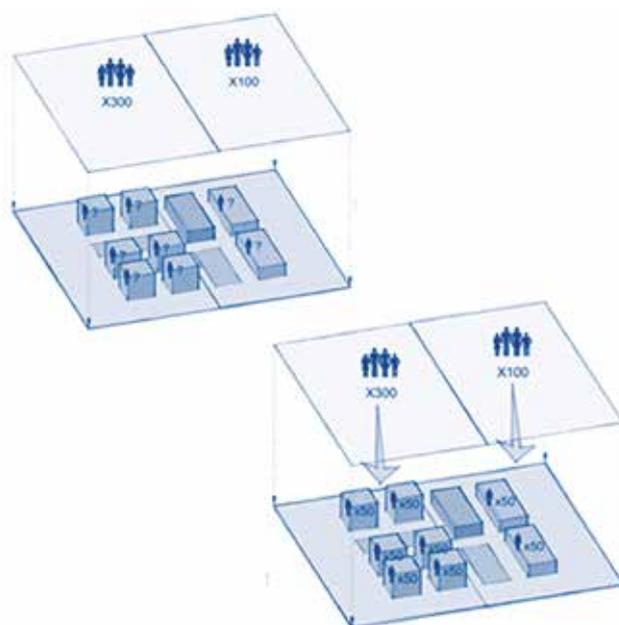


Figura 1. Asignación desde celdillas a edificios

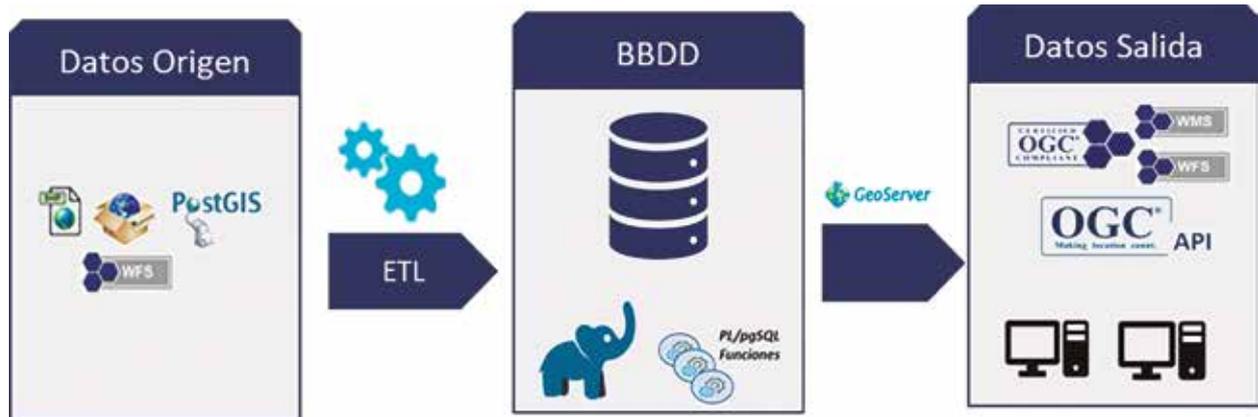


Figura 2. Arquitectura de POPImpact

En **POPImpact** hemos empleado **metodología** basada en **postGIS** donde **diversos métodos de desagregación** pueden ser **seleccionado en función a los datos disponibles** para conocer la población afectada por una emergencia. Los métodos de desagregación son:

- **Huella del edificio:** Reparte la población proporcionalmente al área de cada edificio.
- **Volumen del edificio:** Reparte la población proporcionalmente al volumen, ya que un mismo edificio tendrá más población en función al número de plantas.
- **Número de viviendas:** Reparte la población en función al número de viviendas de cada edificio, siempre que se disponga de este dato.
- **Área residencial:** Reparte la población teniendo en cuenta que un mismo edificio puede tener diversos usos, y seleccionando sólo el uso residencial siempre que se disponga de este dato.

Los datos se vuelcan a postGIS, en donde primero se le pasa una función que **armoniza** los datos y luego se le aplican los **métodos de asignación** seleccionados en una JSON paramétrico donde se le indica a las funciones cuáles son los datos más relevantes: EPSG de los datos, nombre de los atributos

que contiene el área, volumen, etc. De esta forma permitimos que **las funciones se adapten a distintos conjuntos de datos** que no tienen que tener el mismo esquema para ser procesados.

El resultado de estos procesos es la **obtención de un dataset de edificios** con el modelo de datos de **INSPIRE Building** extendido con los atributos de la **población asignada** en función al método o métodos elegidos. Además, a esta salida se incluye un metadato con una serie de indicadores o KPI que permiten tener una visión del resultado y del proceso:

- **Número de edificios:** Recuento del número de edificios en el input.
- **Número de áreas de población:** Recuento del número de áreas de población del input.
- **Número de edificios sin población:** Número de edificios que no tienen población asignada.
- **Número de áreas de población sin población:** Número de áreas con población inferior a 1.
- **Edificios con población mayor de 100:** Edificios que tienen una población mayor de 100.
- **Población sin asignar:** Recuento de población no asignada.



Figura 3. Casos de usos de POPImpact

2.1. Casos de usos

La metodología descrita se comprueba con 4 escenarios o casos de usos:

Escenario 1. Sevilla: Diferentes datos, mismo alcance

Se asigna a los edificios de catastro de la ciudad de Sevilla distinta información de población. La proveniente de las celdillas de 1 kilómetro de Eurostat, del grid de población de 250 metros del IECA y de la población del INE de secciones censales.

Se aplica los siguientes métodos de agregación: huella, volumen y número de viviendas, y se observa que para los distintos datos de entrada los resultados no varían significativamente.

Escenario 2. Francia: Grande conjunto de datos

Se realiza este escenario para validar cómo se gestiona un gran conjunto de datos, como es el caso de todos los edificios de Francia. Se procesa toda la información con el método de asignación de la huella del edificio, este proceso tiene una duración total de 8 días, lo cual es ampliamente mejorable ya que el sistema debe dar respuesta rápida en caso de emergencias.

Escenario 3. El volcán de La Palma: Una zona de riesgo real

Partiendo de los edificios catastrales de la zona afectada por el volcán de La Palma y la población de 1 kilómetro de Eurostat, se aplica los siguientes métodos de agregación: huella, volumen y número de viviendas.

Los resultados se comparan con los datos oficiales de las personas afectadas por el volcán del Instituto canario de estadística (ISTAC) recogiendo un porcentaje de acierto de 86,51 en el caso del método de huella, un 98,19% con el método del volumen y un 89,06 con el método de número de viviendas.

Escenario 4. Suiza-Francia: Datos fronterizos

Se obtiene un conjunto de datos transfronterizo para validar cómo el sistema es capaz de procesar información de

diversas fuentes y distintos modelos de datos. El resultado es un dataset de edificios armonizado con Inspire y al que se le ha asignado la población de 1 kilómetro de Eurostat.

2.2 Principios FAIR

Los conjuntos de datos resultantes y sus metadatos de **POPImpact** se publican en formato OGC (WMS; WFS y OGC API) en los portales de datos espaciales de [España](#) y de [Europa](#).

GO-PEG se desarrolla con un enfoque que garantiza el cumplimiento de los principios **FAIR**, que se refieren a la búsqueda (Findable), accesibilidad, interoperabilidad y reutilización. Para lograr esto, se llevan a cabo las siguientes acciones:

- Findable:

- Crear metadatos legibles por máquina (descripciones detalladas)
- Seguir estándares (GeoDCAT-AP, ISO19139)
- Publicar a través de Catálogos Nacionales de Datos en el Portal Europeo de Datos

- Accesible:

- Condiciones de licencia estándar
- Servicios de datos basados en estándares (OGC GEOAPI, WFS...)
- Consultas de datos habilitadas, para que los usuarios descarguen "justo lo que necesitan".

- Interoperable:

- Modelos de datos bien documentados (INSPIRE)
- Registro de listas de códigos para mejorar la interoperabilidad semántica
- Identificadores únicos para datos y metadatos

- Reusable:

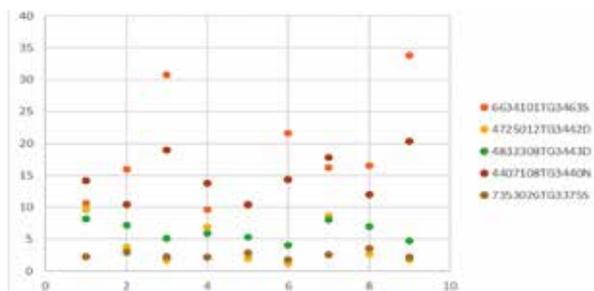
- Metadatos enriquecidos para datos y servicios, liberados con una licencia transparente, adheridos a normas y publicados en EDP
- Datos disponibles en múltiples formatos
- Modelos de datos bien documentados: especificaciones de datos INSPIRE
- Uso de codificaciones alternativas INSPIRE (GeoPackage, GeoJSON).
- Los servicios API del OGC, facilitan a personas y máquinas el descubrimiento, la comprensión y la interacción con los datos.

Para asegurar que los resultados cumplen los valores FAIR, se valida los metadatos con la herramienta FAIR Enough obteniendo un resultado de una conformidad del 62,5% detectando los siguientes problemas:

El identificador único del recurso de metadatos no es persistente y no está contenido en los propios metadatos.

El recurso no está indexado en los motores de búsqueda: Buscador DuckDuckGo, API de búsqueda personalizada de Google y buscador Bing.

Pérdida de los datos de la licencia: Esta información se



	POC 1			POC 2			POC 3		
	POC1 H.	POC 1 V.	POC 1 VV.	POC2 -H.	POC 2 V.	POC 2 VV.	POC3 H.	POC 3 V.	POC 3 VV.
6634101TG34635	10,64	15,948	30,726	9,69	10,306	21,672	16,2727	16,5369	33,79900
4725012TG3442D	9,658	3,725	1,712	6,848	1,999	1,21	8,69720	2,67817	3
4812308TG3443D	8,179	7,182	5,136	5,908	5,356	3,998	8,04515	6,98751	6
4407108TG344DN	14,15	10,475	19,024	13,78	10,438	14,354	17,7626	11,9597	20,32369
7353026TG33755	3,307	3,004	2,258	2,202	2,905	1,737	2,52141	3,53984	2,174204

Figura 4. Resultado caso de usos de Sevilla

pierde en la transformación entre Metadatos INSPIRE a GeoDCAT-AP, realizada por data.europa.eu.

CONCLUSIONES

Las lecciones aprendidas de POPIMAPCT se pueden resumir en estas grandes líneas:

Datos de gran valor: Se obtiene un conjunto de datos de valor para emergencias, pero esta aproximación se podría mejorar añadiendo más variables de edad tales como edad, situación laboral o escolar, para saber si en un determinado momento la persona está en su casa o no, datos de consumo, etc.

Fiabilidad: Se parte de la idea de que el resultado de POPImpact es siempre una aproximación, sólo los estudios que se basan en la posición de la población en tiempo real mediante el análisis de la posición de ellos teléfonos móviles, son los que más se pueden acercar a conocer qué población está afectada en un determinado caso de emergencia, pero son datos privados y no están disponibles en la actualidad.

Mejorar los datos Inspire: Los datos de los edificios del modelo de datos Inspire ofrecen todo lo necesario para los cálculos realizados en POPImpact, ya que recogen datos de área, número de plantas y número de viviendas, sin embargo muchos de estos datos no son obligatorios y muchos países no los rellenan. Se debería potenciar que no sólo los atributos obligatorios de los modelos de datos Inspire se complementen, porque si aspiramos a obtener datos de alto valor debemos partir de conjuntos de datos de calidad.

Identificadores persistentes: Se debe mejorar el acceso a los catálogos de datos espaciales con identificadores persistentes que mejoren la búsqueda y accesibilidad de los mismos.

Mejorar el tiempo de procesamiento: Es necesario mejorar la arquitectura propuesta por POPImpact mediante procesamiento escalable en la nube que de una rápida respuesta de procesamiento en caso de emergencias.

AGRADECIMIENTOS

GO-PEG (Generation of cross border Pan European Geospatial Datasets and Services) es un proyecto cofinanciado por los fondos Connecting Europe Facility (CEF) de la Comisión Europea dentro de la acción 2018-EU-IA. Se agradece la participación en el mismo del siguiente consorcio:

- Universidad de KU Leuven (<https://ees.kuleuven.be/en/sad/>)
- Epsilon Italia (<https://www.epsilon-italia.it/>)
- Wetransform (<https://www.epsilon-italia.it/>)

- Geokom (<http://www.geokom.dk/om>)
- Billbomática (<https://www.billbomatica.es/es>)

REFERENCIAS

- Gálvez-Salinas, J.A.; Fischer, J. and Valenzuela-Montes, L.M. (2013): "Methodology for the spatial disaggregation of demographic information in urban areas through the development of modifiable spatial units". *GeoFocus*, Vol. 13 (no. 1), pp. 337-366.
- Mora-García, R. and Martí-Ciriquian, P. (2015): "Desagregación poblacional a partir de datos catastrales", in de la Riva, J., I. de la Riva, J. (2015). *la Riva, J., Ibarra, P., Montorio, R., Rodrigues, M. (Eds.) 2015: Spatial analysis and geographical representation: innovation and application. University of Zaragoza and AGE, pp. 305-314. XIV Congress of the Association of Spanish Geographers, 28-30 October, Zaragoza. Spatial analysis and geographical representation: innovation and application*
https://www.academia.edu/1007842/Mapping_population_distribution_in_the_urban_environment_the_cadastral_based_expert_dasymmetric_system_CEDS
https://www.researchgate.net/publication/220605975_A_GIS_Approach_to_Estimation_of_Building_Population_for_Micro-spatial_Analysis

Sobre los autores

Alejandro Guinea de Salas

CEO y director del Departamento de Consultoría de Geograma. Se graduó en Ingeniería Geomática y Topografía en la Universidad del País Vasco. Para seguir aprendiendo, también realizó un máster en Geotecnologías Aplicadas, Urbanismo y Arquitectura en la Universidad de Salamanca. Es miembro de grupos de trabajo españoles de la Directiva INSPIRE. También es el presidente del Comité Ejecutivo de EUROGI (Organización Europea de Coordinación en Información Geográfica).

Mayte Toscano Domínguez

Consultora GIS en Geograma. Técnico Superior en Desarrollo de Aplicaciones Web, Licenciada en Historia por la Universidad de Huelva y Máster en Sistemas de Información Geográfica: Planificación, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Trabaja en la definición de procesos y estándares en Geograma, así como en el análisis funcional de proyectos de información geográfica o el desarrollo de aplicaciones geoespaciales.



TRIMBLE X12
Sistema de escaneo láser 3D

Trimble T10X
Trimble Perspective



TRIMBLE R12i
Sistema GNSS integrado

Trimble TSC5
Trimble Access



**Soluciones del mañana,
hoy a tu alcance.**



DJI MAVIC 3 ENTERPRISE
Tu dron comercial para el día a día.

DJI MAVIC 3E
DJI MAVIC 3T (THERMAL)
dji ENTERPRISE



TRIMBLE SX12
Estación total para escaneo

Trimble TSC7
Trimble Access



www.al-top.com
al-top@al-top.com
902 88 00 11

Madrid
Avda. Juan Caramuel, 1, Local 2B
Parque Científico Leganés Tecnológico
28919 Leganés (Madrid) • (+34) 91 640 78 31

Barcelona
Bofarull, 14
08027 Barcelona
(+34) 93 340 05 73

- VENTAS Y ASESORAMIENTO
- ALQUILER DE INSTRUMENTOS
- SERVICIO TÉCNICO
- SOPORTE Y FORMACIÓN



Detecção e delimitação de corpos de água em imagens de satélite de alta resolução com aprendizagem profunda. Um estudo preliminar com o Detectron2

REVISTA **MAPPING**

Vol.32, 214, 10-24

2023

ISSN: 1131-9100

Detection and delineation of water bodies in high-resolution satellite images with deep learning. A preliminary study with Detectron2

Samuel Fernandes, Alice Fialho, Isabel Patriarca

Resumo

A delimitação de corpos de água com recurso a imagens de satélite desempenha um papel crucial em diversas aplicações, como monitorização ambiental, planeamento de recursos hídricos, planeamento na defesa contra a incêndios e na análise das alterações climáticas. Neste trabalho, pretendemos explorar a aplicação da aprendizagem profunda tendo por base o Framework Detectron2, na geração automática de polígonos que representam corpos de água como pequenas albufeiras, lagos, charcos e reservatórios. A caracterização eficiente das disponibilidades hídricas dos reservatórios, albufeiras e barragens permite uma melhor e mais eficiente monitorização dos Planos de Água (PA), bem como a boa gestão desses mesmos recursos. A área geográfica de estudo e as metodologias desenvolvidas, encontra-se enquadrada nas áreas de jurisdição da Administração da Região Hidrográfica do Alentejo, Departamentos desconcentrados da Agência portuguesa do Ambiente, I.P.

Foi desenvolvido um conjunto de dados abrangente e personalizado composto por imagens de satélite de alta resolução e rótulos anotados manualmente, identificando as áreas correspondentes aos corpos de água, para treinar o modelo. Foi utilizada a arquitetura ResNet-50 combinada com a Mask R-CNN, presentes no Detectron2, para realizar a tarefa de deteção de objetos em geral e segmentação respetivamente. Em seguida, treinamos o modelo de aprendizagem profunda utilizando o nosso conjunto de dados na plataforma Google Colab, aproveitando o poder computacional das unidades de processamento gráfico (GPU).

A vantagem de usar a Framework Detectron2 é a sua capacidade rápida e eficiente de delimitação de corpos de água em grandes volumes de dados, comparativamente ao método tradicional, o qual envolve um processo manual de análise e marcação dos polígonos nas imagens de satélite através de pessoal especializado, apresentando elevados custos em termos de recursos humanos, económicos e com elevada morosidade.

Na (Figura-1) é possível observar dois corpos de água corretamente segmentados utilizando o método proposto. Esta abordagem pode impulsionar o desenvolvimento de técnicas mais precisas e eficientes para a deteção e delimitação de características hidrológicas em imagens de satélite uma vez que conseguimos segmentar corpos de água com dimensões de até 121 m². A abordagem implementada

neste trabalho pode ser aplicada a outras áreas temáticas como por exemplo a deteção de incêndios, blooms de algas, identificação de estruturas urbanas, delimitação de florestas e cultivos agrícolas.

Abstract

The segmentation of water bodies through satellite imagery plays a crucial role in various applications, including environmental monitoring, water resource planning, defence against fires, and climate change analysis. In this article aims to explore the application of deep learning based on the Detectron2 framework for the automatic generation of polygons representing water bodies such as small reservoirs, lakes, ponds, and reservoirs. Efficient characterization of water resources in small reservoirs, and dams allows a better and more effective monitoring of Water Plans (PA) and the proper management of these resources. The geographical area of study and the developed methodologies are situated within the jurisdictions of the Administração da Região Hidrográfica do Alentejo, decentralized departments of the Agência Portuguesa do Ambiente, I.P..

A comprehensive and customized dataset was developed, consisting of high-resolution satellite images with manually annotated labels identifying areas corresponding to water bodies, used for model training. The ResNet-50 architecture was combined with Mask R-CNN available in Detectron2, to perform the task of object detection in general and segmentation respectively. Subsequently, we trained the deep learning model using our dataset on the Google Colab platform, leveraging the computational power of Graphics Processing Units (GPUs).

The advantage of employing the Detectron2 framework lies in its swift and efficient capacity for of water bodies segmentation within extensive datasets, in contrast to the conventional approach which involves the analysis and marking of polygons in satellite images by specialized personnel, incurring substantial costs in terms of human resources and economic resources while also being notably time-consuming.

Two water bodies segmented using the proposed procedure can be observed in (Figure 1). This approach has the potential to drive the development of more precise and efficient techniques for the detection and segmentation of hydrological features in satellite images, as it allows the segmentation of water bodies with dimensions as small as 121 m². The methodology implemented in this work can be applied to other thematic areas, such as fire detection, algae blooms, identification of urban structures, delineation of forests, and agricultural crop mapping.

Palavras-chave: Segmentação de Imagem, Imagens de Satélite, Detectron2, Corpos de Água, Aprendizagem Profunda, Recursos Hídricos, Visão Computacional, Machine Learning

Keywords: Image Segmentation, Satellite Images, Detectron2, Bodies of Water, Deep Learning, Water Resources, Computer Vision, Machine Learning

Samuel Fernandes

Agência Portuguesa do Ambiente

samuel.fernandes@apambiente.pt

Alice Fialho

Agência Portuguesa do Ambiente ARH Alentejo

alice.fialho@apambiente.pt

Isabel Patriarca

Agência Portuguesa do Ambiente/ ARH Tejo e Oeste

isabel.patriarca@apambiente.pt

Recepción 20/11/2023

Aprobación 12/12/2023

1. INTRODUÇÃO

A água doce armazenada nos continentes é um recurso essencial para a vida na Terra, ecossistemas, biodiversidade e sociedade humana. Setores como a agricultura, indústria, ambiente doméstico, turismo, produção de energia, aquacultura e a pastorícia apresentam uma dependência significativa deste recurso. As massas de água superficiais desempenham um papel fundamental no ciclo global da água[1,2], realizando trocas constantes de massa com a atmosfera, biosfera, litosfera e hidrosfera terrestre, o que as torna um componente essencial do sistema climático e da sua variabilidade[3–5]. No entanto, o armazenamento e o fluxo de água doce, bem como a sua distribuição espacial e variabilidade, continuam largamente desconhecidos em muitas regiões do mundo[6,7], o que impede o desenvolvimento de estratégias adequadas

e sustentáveis para a gestão dos recursos hídricos[8–10]. Estes fatores adquirem uma importância crucial na região do Alentejo, onde a escassez hídrica terá repercussões nos ecossistemas e nas atividades económicas[11,12].

A precisa deteção e delimitação de corpos de água pode contribuir para alcançar as metas 6.4, 6.5, 6.6 e 6.A estabelecidas no Objetivo 6 das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável (SDGs) até 2030. O mapeamento de corpos de água superficiais ajudar-nos-á na avaliação das disponibilidades hídricas do território, na melhor compreensão dos impactos das alterações climáticas, na preservação dos serviços de ecossistema relacionados com os recursos hídricos e na implementação de atividades e programas voltados para a gestão da água, abrangendo desde estratégias de captação até o tratamento de efluentes líquidos. Os arquivos históricos de dados provenientes de satélites de observação terres-



Figura 1. Corpos de água delimitados em imagens de satélite de alta resolução com recurso ao modelo de deteção e segmentação de imagem Mask R-CNN com o Framework Detectron2.

tre são um dos únicos meios viáveis para quantificar essas dinâmicas em escala global e ao longo do tempo, uma vez que conseguem capturar informações em larga escala espacial e temporal da superfície terrestre em pouco tempo e com baixos custos.

A tradicional delimitação de corpos de água sobre ortofotomapas é dispendiosa, morosa e não tão eficaz quanto um modelo de detecção. Os métodos clássicos baseados nos índices da água [13–15] levam ao problema de classificar erroneamente pixels de água como pixels não pertencentes à água, identificar de forma imprecisa os pixels de fronteira devido à tarefa tediosa de seleção de limiares ótimos e os satélites de dados abertos apresentam uma baixa resolução de imagens impossibilitando a detecção de pequenos corpos de água. A aprendizagem profunda (deep learning) emergiu como um propulsor fundamental para a rápida evolução de uma ampla gama de tarefas voltadas à análise de imagens. Esse cenário tem proporcionado notáveis benefícios aos investigadores interessados na análise de vastos conjuntos de dados visuais. Neste campo dinâmico, denominado visão computacional, revelam-se desenvolvimentos científicos de alta relevância com aplicações em variados setores como os sistemas de condução autónoma [16,17], medicina [18], planeamento urbano [19], agricultura [20], levantamentos geológicos [21], controlo de qualidade industrial [22], biotecnologia [23] e astronomia [24]. A delimitação de corpos de água superficiais, constitui uma tarefa clássica e desafiante no campo da detecção remota e interpretação de imagens, disciplina que tem sido estudada há décadas. Kadhim, Inas et al. [25] desenvolveu em 2023 uma plataforma para segmentação de corpos de água a partir de imagens da base de dados publica Sentinel-2. Os resultados alcançados evidenciaram um desempenho bem-sucedido e uma melhoria na performance em relação a outras metodologias consideradas de estado-da-arte à época. Ma, Zhanming et al. [26] no ano de 2023 desenvolveu uma rede de pesquisa de características locais para segmentação de edifícios e água sobre imagens de detecção remota. Yuan, Kunhao et al. [27] em 2021 desenvolveu uma metodologia baseada numa rede neural convolucional profunda para segmentação de corpos de água em imagens multiespectrais provenientes de satélites. Marc Wieland et al. [28] em 2023 desenvolveu um método que permitiu delimitar corpos de água em imagens de alta resolução através de segmentação semântica, combinado diferentes arquiteturas de modelos U-Net e DeepLab-V3+MobileNet-V3, ResNet-50 e EfficientNet-B4. Também, Rishikesh et al. implementou em 2021 uma arquitetura avançada de aprendizagem profunda de múltiplos atributos para segmentação de corpos de água a partir de imagens de satélite [29].

Neste artigo, propomos uma metodologia de extração de corpos de água utilizando a framework estado-de-arte Detectron2 baseada em Pythorch. Esta plataforma de visão computacional permite desenvolver métodos de segmentação de instancias, semântica, panótica, Densepose, Cascade R-CNN, caixas delimitadoras rotacionadas, PointRend, DeepLab, ViTDet, MVITv2, entre outros [30]. Tem sido amplamente utilizada na detecção de fogos florestais [31], detecção e classificação de danos em estradas [32], cuidados de saúde [33,34], astronomia [35], agricultura [36], entre outros campos da investigação.

O principal avanço deste artigo reside na sua capacidade de detetar e delimitar com alta precisão corpos de água superficiais a partir de imagens capturadas por satélites de alta resolução. As imagens processadas pelo modelo podem conter um ou múltiplos corpos de água com diferentes dimensões e tonalidade, demonstrando assim sua eficácia na identificação de espelhos de água.

Foi desenvolvido um método automatizado de detecção e delimitação de corpos de água superficiais capturados através de satélites de alta resolução.

Para treinar o modelo proposto, recolheu-se um vasto conjunto de dados personalizados contendo vários cenários, florestais, montanhosos, agrícola, urbana, baixo índice de vegetação. Utilizou-se a ferramenta de anotação de imagem VGG Image Annotator (VIA), para delimitar os corpos de água utilizando polígonos em vez de retângulos. Foram comparados os resultados da detecção de corpos de água automatizada com o levantamento manual a ponto realizado no ano de 2017.

O restante estudo encontra-se estruturado do seguinte modo. Na Secção 2 é apresentada a área de estudo e descrito em detalhe o modelo de detecção e segmentação de corpos de água proposto. Discutiram-se os resultados experimentais obtidos a partir da análise quantitativa e qualitativa, bem como do conjunto de dados na Secção 3. O artigo conclui com um resumo dos resultados obtidos e propostas de trabalho futuras na Secção 4.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os modelos de segmentação de instâncias têm como objetivo atribuir rótulos a cada pixel dentro de uma Região da imagem por meio de uma estrutura codificador-descodificador [37]. Essa tarefa é particularmente desafiadora, pois exige não apenas a segmentação de objetos, mas também a habilidade de diferenciar entre instâncias distintas pertencentes à mesma classe. Nesta seção, apresentaremos uma descrição detalhada dos materiais e métodos adotados na criação de uma metodolo-

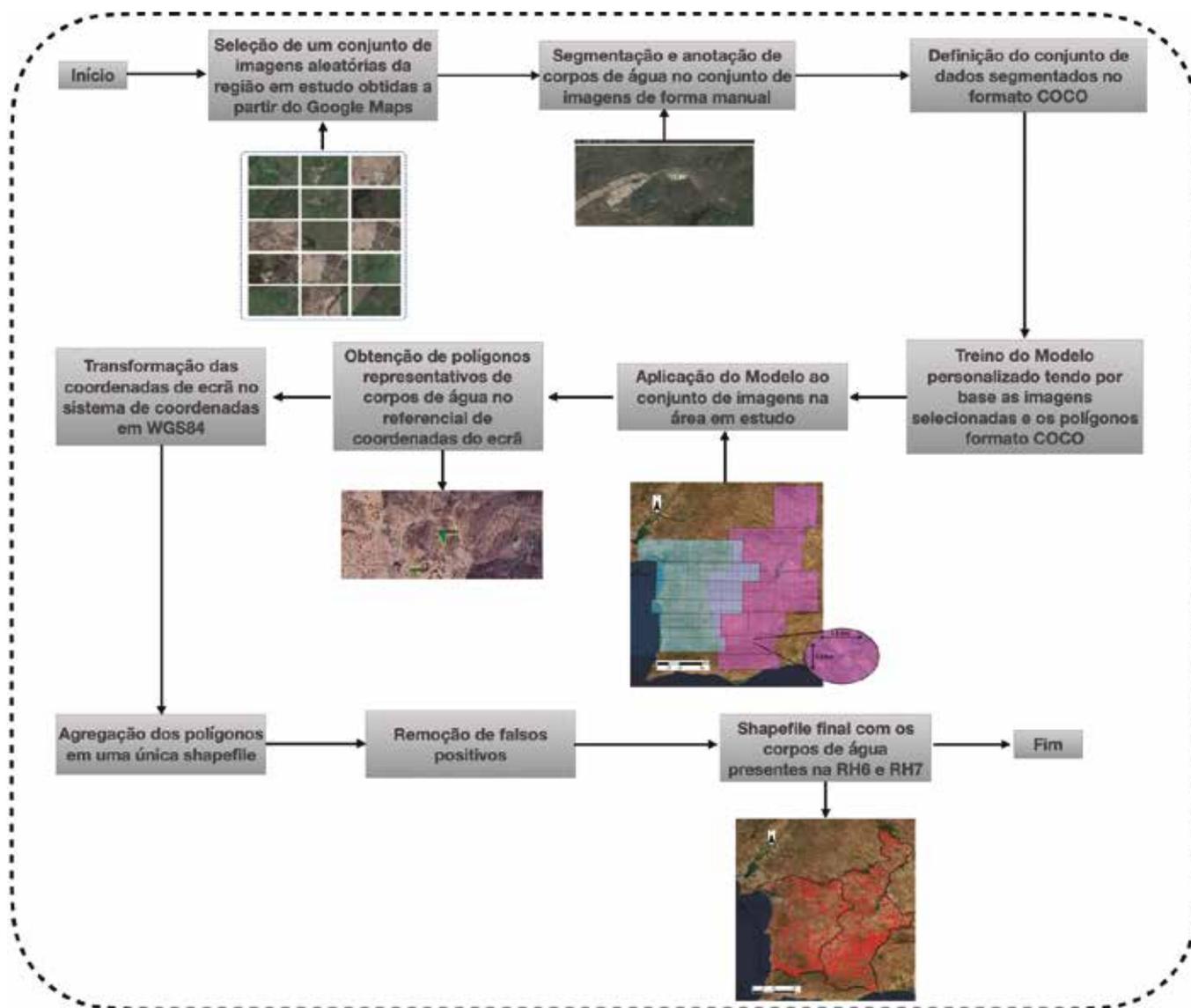


Figura 2. Diagrama de fluxo passo-a-passo da metodologia implementada. Aquisição de imagens, anotação manual de corpos de água, treino do modelo Mask R-CNN, deteção e segmentação automáticas de corpos de água sobre imagens, conversão das coordenadas dos pixels no Datum WGS84 (EPSG:4326), obtenção de shapefile final com a combinação dos corpos de água na RH6 e RH7. Apresentam-se ainda os dados de entrada e saída ao longo do procedimento.

gia para detetar e segmentar corpos de água superficiais em imagens de alta resolução.

2.1 Descrição do Fluxo de Trabalho

A implementação desta metodologia, cujo core assenta na Framework Detectron2, requereu a subdivisão do procedimento em 10 componentes, detalhadamente descritas nas subsecções seguintes. Uma representação visual dos diferentes subprocessos e dos dados de entrada e saída no formato raster e vetorial destinados à deteção e segmentação de corpos de água pode ser observada na (Figura-2).

Uma amostra aleatória de imagens das duas Regiões Hidrográficas (RH) foi cuidadosamente examinada. Durante essa análise, todos os corpos de água superficiais

identificados nessas imagens foram segmentados e anotados manualmente. Esse conjunto de imagens, juntamente com os polígonos e anotações no padrão COCO, desempenharam um papel fundamental como dados de entrada para o treino dos modelos de computação visual. Os modelos finais aplicaram-se às duas RH para segmentação de polígonos que delimitam os corpos de água. As coordenadas dos pixels associados aos polígonos foram convertidas nos sistemas de coordenadas geográfico. A shapefile intermédia contendo todas os polígonos gerados foi avaliada no sentido de eliminação de polígonos aberrantes e falsos positivos correspondentes a estruturas com tonalidade de cor e formato próximas dos corpos de água. Finalmente obteve-se a shapefile final com todos os corpos de água encontrados nas duas RH.

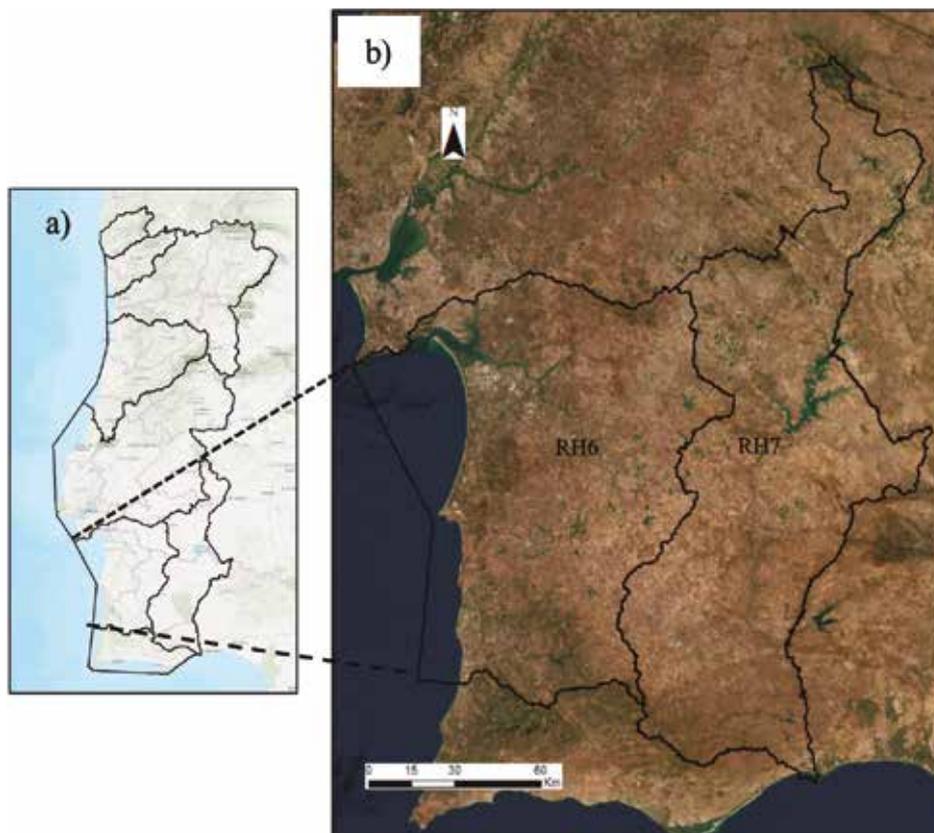


Figura 3. Delimitação das Regiões Hidrográficas da ARH do Alentejo, RH6 - Sado e Mira e RH7 - Guadiana, como indicado no mapa maior, a) mapa geral de Portugal com a delimitação das 8 Regiões Hidrográficas, b) mapa de pormenor com a identificação da Região Hidrográfica 6 e 7.

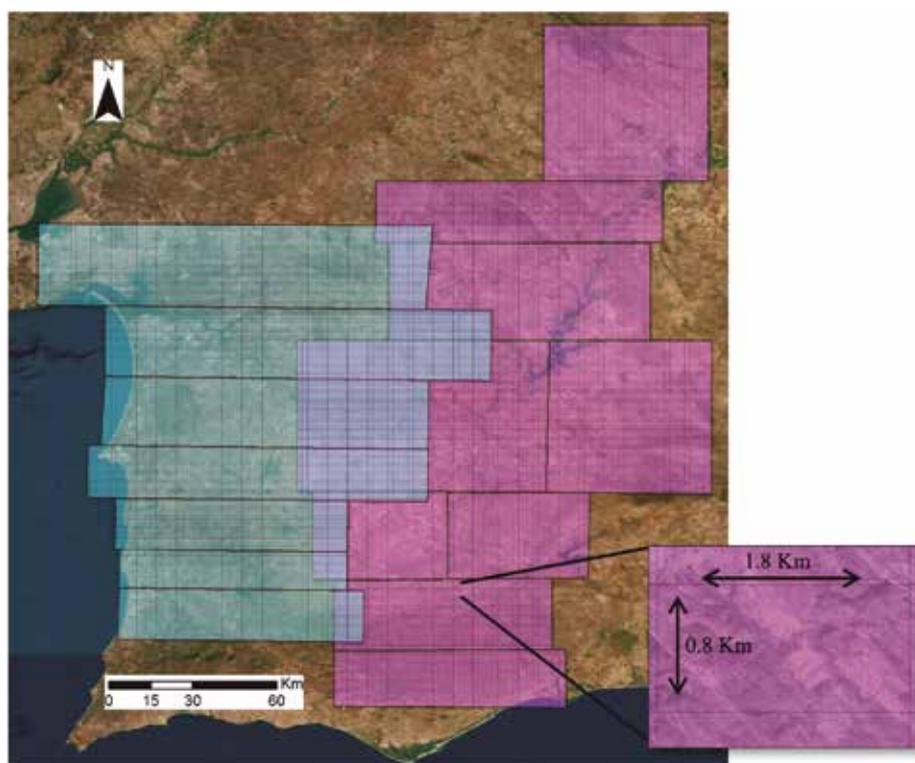


Figura 4. Abordagem utilizada para a aquisição de imagens em múltiplas seções. Uma vez que foram definidos blocos retangulares, na zona de fronteira adjacente às duas RH verificou-se a sobreposição das duas camadas.

2.2 Local de estudo

O estudo realizado centra-se nas duas Regiões Hidrográficas do Alentejo, RH6 e RH7. A RH6 - Sado e Mira com uma área total de 12 149 km², integra as bacias hidrográficas dos rios Sado e Mira e as bacias hidrográficas das ribeiras de costa. A RH7 - Guadiana, é uma região hidrográfica internacional com uma área total em Portugal de 11 611 km², integra a bacia hidrográfica do rio Guadiana e as bacias hidrográficas das ribeiras de costa. As áreas de estudo e os detalhes associados são apresentados na (Figura-3).

O clima nas duas Regiões Hidrográficas é tipicamente mediterrânico, bioclima mediterrâneo pluvisazonal oceânico, sub-árido seco, e mesotérmico [38,39], com dias quentes e secos no verão, temperaturas que podem ir até aos 45°C. No inverno os dias são frios e chuvosos com temperaturas mínimas que podem ir até aos -4°C [40,41]. A precipitação anual nas duas regiões apresenta variações entre os 266 e os 610 mm na última década [42]. A altitude varia entre os 0 m ao nível do oceano e os 1027 m na Serra de São Mamede. Estas duas regiões são altamente vulneráveis às alterações climáticas no futuro, como evidenciado pela previsão de expansão da área de clima árido [43].

2.3 Preparação dos dados de base e armazenamento de informação

A resolução espacial mede a riqueza de características contidas em imagens de deteção remota, o que é fundamental para distinguir corpos de água do resto dos objetos. As resoluções baixas geralmente resultam em menor precisão de segmentação e contornos mais grosseiros. Além

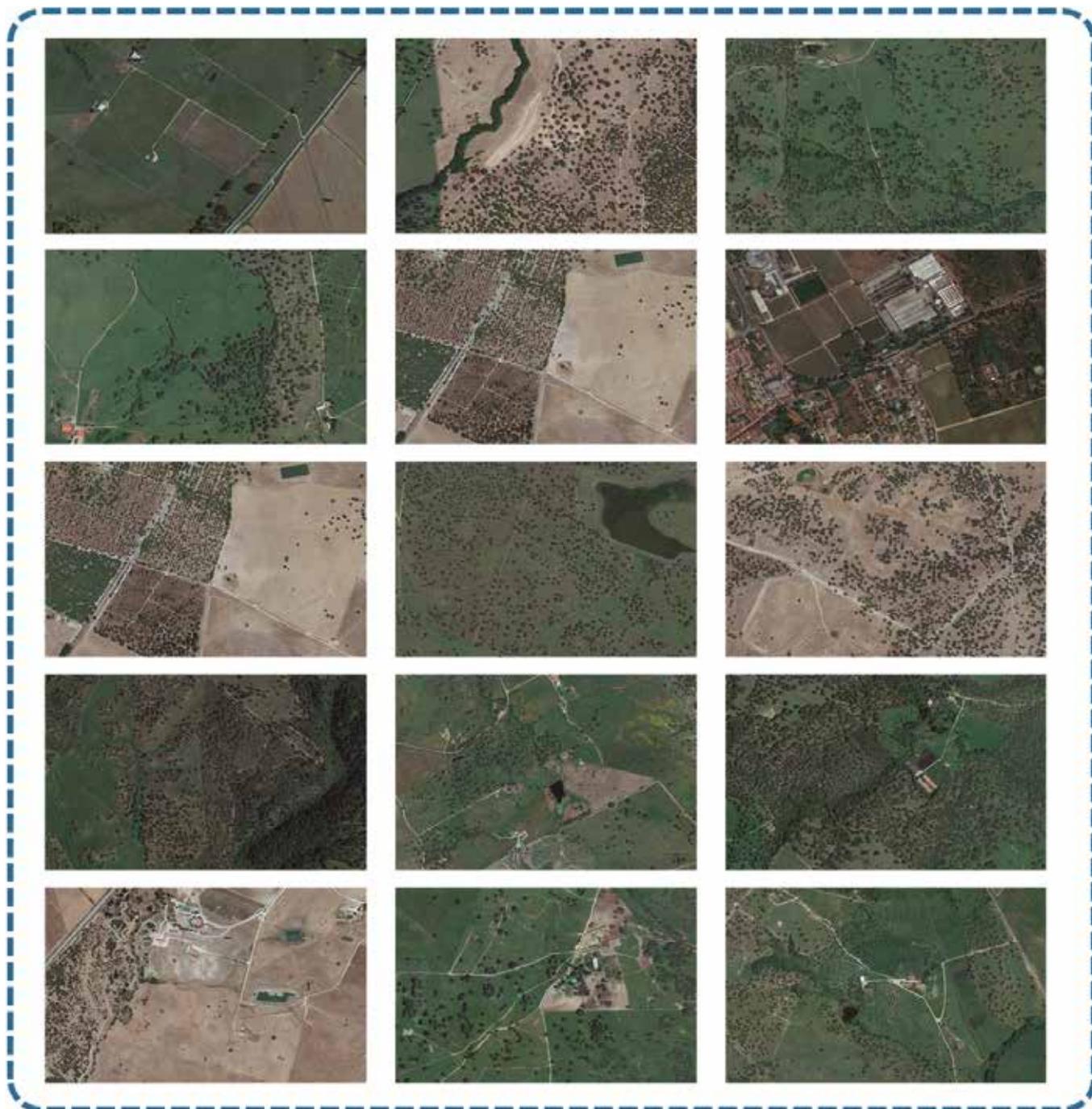


Figura 5. Amostra do conjunto de imagens utilizadas para treino do modelo. Foi utilizado um conjunto de 200 imagens na RH6 e um conjunto de 100 imagens na RH7. As imagens utilizadas poderiam conter um ou mais corpos de água com diferentes tonalidades, dimensões, estruturas físicas diversas e uma variedade de usos do solo na envolvente.

disso, modelos de aprendizagem profunda treinados em imagens de baixa resolução são desafiantes de aplicar a imagens com resoluções mais elevadas. O método proposto faz uso dos mapas de satélite de alta resolução disponíveis na plataforma Google Maps. As imagens foram recolhidas em blocos retangulares que cobrem as duas Regiões Hidrográficas, na (Figura-4) é ilustrada a metodologia de aquisição da informação. Tendo sido a

RH6 e RH7 repartidas em 7 e 9 blocos respetivamente. Por sua vez cada um dos blocos foi subdividido em pequenas quadrículas com 1.8 km de comprimento e 0.8 km de largura, com o zoom ao nível 17. As imagens recolhidas têm uma dimensão espacial de 1942 x 860 pixels. A obtenção destes dados foi realizada com recurso ao módulo satellite imagery downloader (SDI), o qual permite descarregar imagens retangulares da região pretendida, tendo como



Figura 6. Anotação de corpos de água em imagens de satélite com recurso ao software VGG Image Annotator. Na figura encontram-se anotados dois corpos de água (polígono amarelo).

variáveis de entrada as coordenadas geográficas e nível zoom, por sua vez a imagem é guardada na extensão PNG no formato de cores vermelho, verde e azul (RGB).

Como o módulo python SDI guarda as imagens sem a inclusão do sistema de coordenadas, os pontos de referência correspondentes ao vértice superior esquerdo e vértice inferior direito foram guardadas para serem utilizadas como pontos de referência no processo de conversão das coordenadas do pixel para o sistema de coordenadas WGS84. O processamento de dados foi realizado na versão gratuita do Google Colab em conjunto com o Google Drive para armazenamento de informação recolhida. Esta metodologia de armazenamento de imagens por bloco foi adotada ao invés de descartar cada imagem após o processamento, o que permitiu na ocorrência de falsos positivos e de polígonos aberrantes numa determinada área, maior rapidez na correção do modelo inicial.

2.4 Segmentação, anotação de corpos de água e treino

A segmentação de instâncias desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de modelos de deteção de objetos avançados, como o Mask R-CNN. Para treinar e validar esses modelos, é essencial contar com conjuntos de dados robustos e representativos. No contexto deste estudo, os dados utilizados para treinar o modelo foram adquiridos a partir dos blocos retangulares em duas Regiões Hidrográficas (RH). Uma amostra dessas imagens pode ser vista na (Figura-5). É importante notar que as RH6 e RH7 apresentam diferenças no que concerne à morfologia, culturas agrícolas e topografia do terreno. Portanto, optou-se por criar dois conjuntos de dados distintos para

melhorar a precisão e exatidão na deteção e segmentação de corpos de água. Na RH6, foram selecionadas aleatoriamente 200 imagens para compor o conjunto de treino do modelo. Essa decisão foi tomada devido à observação inicial de um alto número de falsos positivos, especialmente relacionados com as copas das árvores de grande porte e as sombras que elas projetam. Na RH7, escolheram-se aleatoriamente 100 imagens para o conjunto de treino, considerando as características específicas dessa região. Esta abordagem que passou por utilizar um maior número de imagens na RH6 e comparativamente com a RH7 permitiu ajustar o modelo de acordo com as particularidades de cada região, melhorando assim capacidade de segmentação e deteção de corpos de água.

A segmentação e anotação manual dos corpos de água desempenha um papel crítico no processo de treino de modelos de visão computacional, como o Detectron2, para a deteção e segmentação precisa dessas características geográficas. Para realizar essa tarefa, foi utilizado o software VGG Image Annotator (VIA), uma ferramenta amplamente reconhecida e utilizada em tarefas de anotação de dados visuais, incluindo deteção de objetos e segmentação de imagens (Figura-6). O processo de anotação permitiu a introdução de imagens específicas da área de jurisdição da ARH Alentejo no modelo, um fator que contribuiu significativamente para melhorar o desempenho na deteção de corpos de água.

Através do VIA, foi possível criar um conjunto de dados anotado com informações precisas sobre a localização dos corpos de água. O software gerou um arquivo JSON que continha as coordenadas dos polígonos que representam

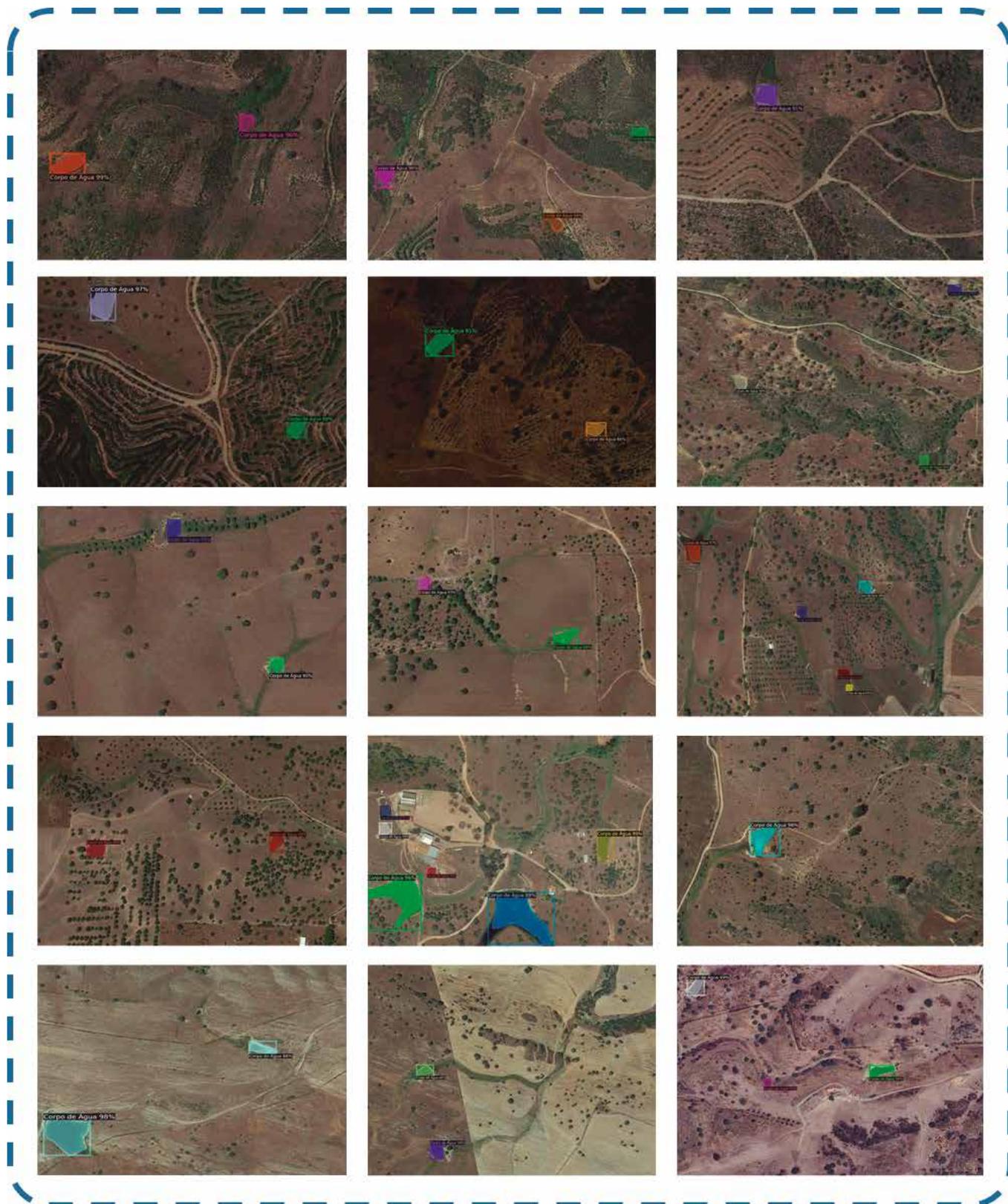


Figura 7. Amostra do conjunto de imagens analisadas pelo modelo com os respectivos polígonos e anotações.

os corpos de água, juntamente com as suas respectivas anotações. Esses dados foram formatados de acordo com o padrão COCO. É importante destacar que, para garan-

tir a consistência no treino do modelo, todas as imagens utilizadas devem ter as mesmas dimensões em termos de altura e largura. Isso é fundamental para que o modelo

possa aprender com eficácia os padrões e características dos corpos de água nas imagens de treino.

2.5 Arquitetura do Modelo

A Framework Detectron2 possui diferentes modelos de referência, que são combinações de diferentes backbones e cronogramas de treino. O backbone do modelo apresentado é a arquitetura ResNet-50, uma rede neural convolucional profundamente elaborada com 50 camadas (48 camadas convolucionais, uma camada MaxPool e uma camada de Médio pool). A escolha do ResNet-50 como backbone é fundamental para a extração de características robustas a partir das imagens de entrada. Esta arquitetura destaca-se pela capacidade de capturar informações de diferentes níveis de abstração, o que é crucial para tarefas de detecção e segmentação de objetos em imagens complexas. A arquitetura Mask R-CNN estende o Faster R-CNN ao incorporar a capacidade de segmentação por pixel, permitindo a previsão de máscaras binárias para objetos em uma imagem por meio do uso de uma rede totalmente convolucional (FCN). A FCN gera uma máscara $m \times m$ para cada região de interesse (ROI), preservando a correspondência pixel a pixel através de convoluções. Isto permite uma extração precisa da estrutura espacial do objeto. A camada RoIAlign na Mask R-CNN ajuda a manter a precisão das características das pequenas ROIs, alinhando-as com a entrada, resultando num melhor desempenho na previsão de máscaras. A camada RoIAlign é crucial para uma previsão de máscara precisa e assegura uma correspondência espacial por pixel. Para abordar objetos em diferentes escalas, a arquitetura incorpora a Feature Pyramid Network (FPN). A FPN é responsável por criar uma pirâmide de características a partir das saídas de diferentes camadas do backbone. Essa pirâmide permite que o modelo detete objetos em diferentes tamanhos. A etapa subsequente é a aplicação de uma Região de Proposta de Rede (Region Proposal Network - RPN). O RPN gera propostas de regiões candidatas que possam conter objetos. Essas propostas são uma etapa fundamental na seleção das Regiões de Interesse (Rois) que serão posteriormente refinadas para detecção e segmentação. Uma das características distintas deste modelo é o treino intensivo. O conjunto de dados foi treinado utilizando o padrão COCO numa taxa três vezes superior ao padrão.

Utilizou-se o modelo de detecção e segmentação de imagem selecionado a partir do repositório de modelos Detectron2, "mask_rcnn_R_50_FPN_3x" e a configuração dos parâmetros do treino consistiram no seguinte:

Imagens por Lote (Batch Size): Definimos um tamanho de lote de 2 imagens por iteração. Isso permite que o modelo generalize melhor e evite o ajuste excessivo(o-

verfitting), especialmente considerando as variações nas imagens de satélite.

Taxa de Aprendizagem Base (Learning Rate): Configuramos a taxa de aprendizagem base em 0.00025. Essa taxa foi cuidadosamente ajustada para controlar a convergência do modelo durante o treino.

Iterações de Treino: O modelo foi treinado ao longo de 400 iterações.

Tamanho de Lote por Imagem (Image Batch Size): Foi utilizado um tamanho de imagem de 512, que permitiu acelerar o treino sem colocar em causa a qualidade da informação.

Número de Classes: O número de classes considerado foi de 1 (Corpos de Água).

Valor crítico: Foi definindo 0.85 o limiar para o qual um objeto é identificado como corpo de água superficial.

2.6 Conversão de coordenadas DATUM WGS84

Na ausência de uma integração nativa da funcionalidade de processamento de imagens georreferenciadas no framework Detectron2 e no módulo satellite imagery downloader, foram imperativos no desenvolvimento e implementação de uma metodologia robusta para a conversão das coordenadas dos polígonos produzidos pelo modelo de computação visual para o sistema de coordenadas DATUM WGS84. Este procedimento permitiu garantir a exatidão espacial e a coerência geográfica da informação extraída.

A transformação de coordenadas é efetuada através de um modelo de regressão linear como descrito na equação 1:

$$Y = \beta X + \epsilon \quad \text{Eq.1}$$

onde Y denota as coordenadas transformadas no DATUM WGS84, X denota as coordenadas originais geradas pelo modelo de visão computacional, β e ϵ são os parâmetros do modelo linear.

Para realizar essa transformação, é necessário o conhecimento prévio de dois pontos de referência georreferenciados, que correspondem ao vértice superior direito e ao vértice inferior esquerdo da imagem ou da área de interesse em questão. Esses pontos fornecem os dados necessários para estimar os coeficientes, β e ϵ na equação da regressão linear. Uma vez calculados os coeficientes, torna-se possível aplicar a transformação linear a todas as coordenadas dos polígonos gerados pelo modelo de visão computacional, alinhando-os com o DATUM WGS84.

Após a conversão das coordenadas, os polígonos resultantes passaram por um processo de validação.

Este passo garantiu a integridade e a precisão dos dados geoespaciais, uma vez que nem todos os polígonos gerados pelo modelo de visão computacional eram necessariamente representativos de corpos de água reais.

3. RESULTADOS

O modelo de computação visual desenvolvido revelou-se capaz de detetar e segmentar corpos de água superficiais nas duas RH. Uma amostra aleatória do conjunto de dados onde o modelo conseguiu identificar corretamente os corpos de água e traçar os respetivos contornos de forma coerente com a geografia real é apresentada na (Figura 7). Juntamente com a delimitação do polígono, o output do modelo inclui o nome da classe observada e o limiar de classificação do objeto. Os modelos desenvolvidos passaram por um processo de validação tendo por base a comparação com o levantamento manual de corpos de água no formato ponto realizado no ano de 2017, para as duas regiões. A validação permitiu-nos aferir o nível de performance que o modelo pode alcançar em condições do mundo real e confirmar a sua eficácia na tarefa específica para a qual foi desenvolvido. As métricas utilizadas para a aferição dos modelos, incluíram a determinação dos polígonos positivos que efetivamente representam corpos de água, falsos positivos, polígonos que erroneamente indicam a presença dos objetos de interesse, falsos negativos e ausência de polígono quando na verdade existe um corpo de água. Foi ainda calculada a precisão, a taxa de verdadeiros positivos, o recall, parâmetro que mede a capacidade de o modelo identificar corretamente todos os exemplos positivos em um conjunto de dados e o f1-score uma única medida do desempenho de um modelo de classificação, levando em consideração tanto a precisão quanto a sensibilidade.

A precisão do modelo em determinar corpos de água foi determinada segundo a Equação-2:

$$P = \frac{TP}{TP + FP} \quad \text{Eq.2}$$

onde P denota a precisão, TP os polígonos positivos, FP falsos positivos.

A taxa de verdadeiros positivos também conhecida como a sensibilidade do modelo foi calculada através da Equação-3:

$$TPR = \frac{TP}{P} \quad \text{Eq.3}$$

O coeficiente f1-score foi determinado segundo a Equação-4:

$$F1 = 2 \times \frac{PPV \times TPR}{PPV + TPR} \quad \text{Eq.4}$$

onde PPV denota o valor preditivo positivo

O parâmetro recall foi calculado segundo a Equação-5:

$$R = \frac{TP}{TP + FN} \quad \text{Eq.5}$$

onde FN denota o número de polígonos falsos positivos.

Após a análise dos resultados obtidos (Tabela-1), verificamos que o número de polígonos positivos representativos de corpos de água foi mais elevado na RH7 em comparação com RH6, o que é expectável considerando o levantamento realizado no ano de 2017.

Como a RH6 apresenta um conjunto de características orográficas e culturas agrícolas próprias, a deteção de corpos de águas nesta região foi mais desafiadora. Observou-se num estágio preliminar que a utilização do modelo calibrado com informação da RH7 na RH6 apresentava resultados pobres e ainda que se tenha incrementado o número de dados de entrada com imagens da Região, verificou-se que as métricas como a precisão e o f1-score foram inferiores às métricas obtidas para a RH7. Uma das causas que levou ao aumento de falsos positivos foi a classificação de copas de árvores cuja tonalidade se aproximou da água. As sombras das árvores pela sua tonalidade e forma foram algumas vezes classificadas como corpos de água. Verificou-se também nas zonas urbanas uma tendência para a classificação de campos desportivos ou zonas de recreio como corpos de água. Segundo a análise efetuada verificou-se que o modelo apresentou uma maior precisão na RH7, 0.06 pontos superior à RH6 e o recall foi exatamente o mesmo nas duas RH. Consequentemente verificou-se uma melhoria qualitativa nos resultados da RH7 comparativamente à RH6. Numa perspetiva global, o modelo desenvolvido permitiu identificar e delimitar 9236 corpos de água em contraste com os 13902 identificados em 2017, obteve uma precisão de 0.71, uma taxa de verdadeiros positivos de 0.67, o recall de 0.60 e o f1-score de 0.68. Estima-se ainda que devido à dinâmica do território existam atualmente mais 1450 corpos de água presentes nas duas RH quando comparado com o ano de referência.

	RH6	RH7	Global
<u>Positivos</u>	3577	5659	9236
<u>Falsos Positivos</u>	1660	1891	3551
<u>Falsos Negativos</u>	2376	3740	6116
<u>Total</u>	5237	7570	12807
<u>Corpos água 2017</u>	5291	8611	13902
<u>Precisão</u>	0.68	0.74	0.71
<u>Taxa de Verdadeiros Positivos</u>	0.67	0.65	0.67
<u>Recall</u>	0.60	0.60	0.60
<u>F1-score</u>	0.67	0.69	0.68

Tabela 1. Resultados do modelo de computação visual Mask R-CNN após implementação na RH6 e RH7 e a performance global conjugando as duas RH. Os corpos de água de 2017 dizem respeito ao levantamento a ponto efetuado nesse ano e que serviu de referência ao nosso estudo.

de água pode ser observada na (Figura-8). Através desta abordagem foi possível não apenas a detecção dos corpos de água, mas também a delimitação das suas extensões, oferecendo um mapeamento altamente informativo e visualmente esclarecedor. Ainda que a figura apresentada seja estática numa grande escala, a camada geospacial no formato shapefile, permite uma visualização clara dos açudes, pequenas albufeiras, charcos, lagos, lagoas e represas, ajudando na tomada de decisão relacionadas com o uso sustentável da água, proteção de ecossistemas aquáticos, monitorização das alterações climáticas, gestão de recursos hídricos para a agricultura e ainda na defesa contra incêndios.

A camada resultante da metodologia desenvolvida e que contém todos os polígonos representativos de corpos

de água

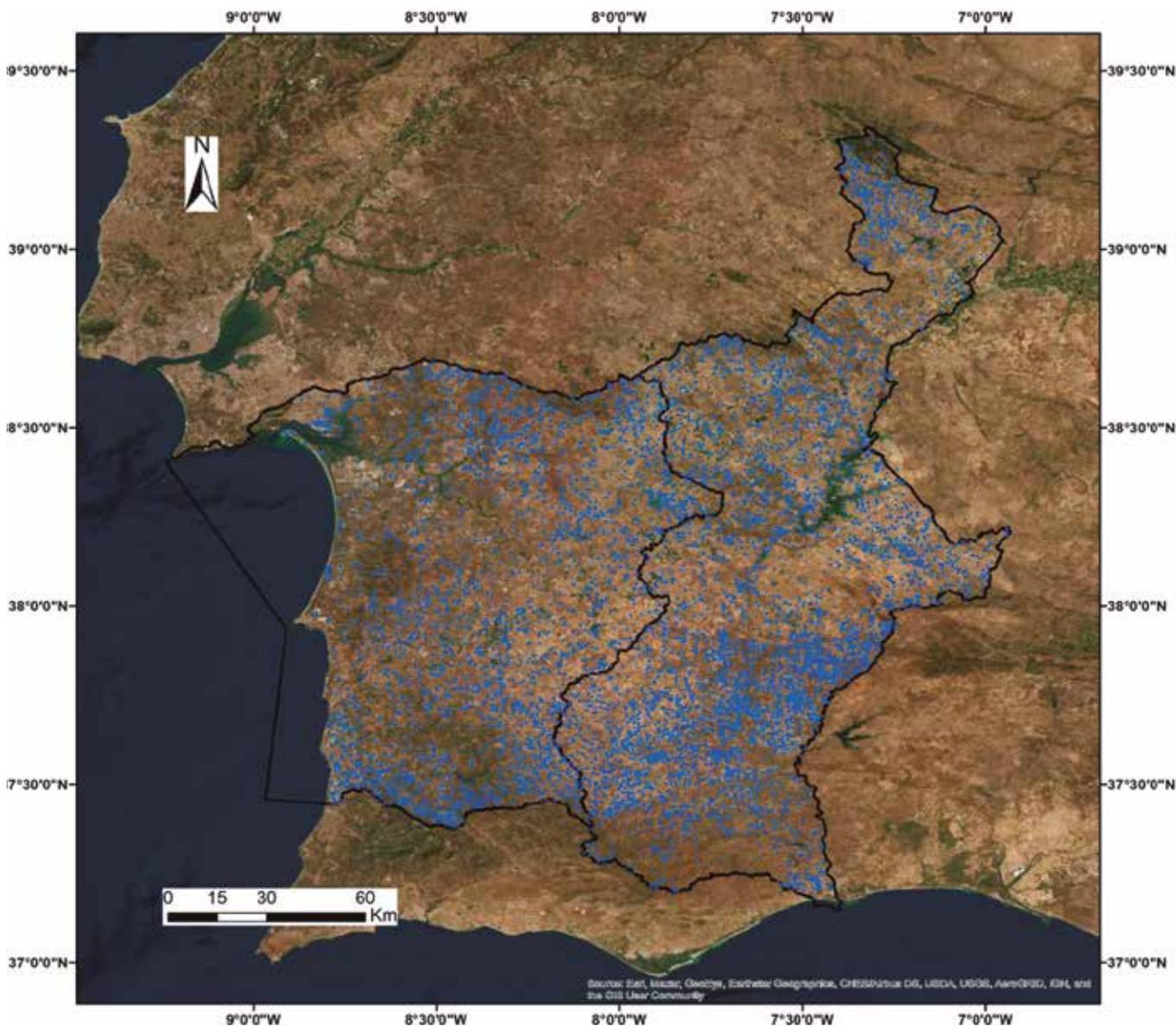


Figura 8. Mapa final com a representação de todos os corpos de água (polígono azul) detetados e segmentados na RH6 e RH7.

Observa-se uma maior densidade de corpos de água sobretudo no Norte e Centro-Sul da RH7 e a menor densidade de corpos de água ocorre na zona Centro-Norte da RH6 e Sul da RH7. O menor corpo de água identificado, com uma área de 121 m² foi detetado na RH7 é um exemplo da capacidade do modelo Mask R-CNN implementado por meio da Framework Detectron2. Essa precisão notável é essencial para identificar corpos de água em todas as escalas, desde pequenos charcos até grandes represas. O impacto na gestão da água é significativo, pois cada corpo de água, independentemente do tamanho, desempenha um papel vital nos ecossistemas aquáticos e na segurança hídrica.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi desenvolvida uma nova metodologia para análise de imagens de alta resolução com o objetivo de extrair informações sobre corpos de água superficiais em grande escala. O levantamento foi realizado nas Regiões Hidrográficas da ARH do Alentejo, RH6 e RH7, e os resultados obtidos comparados com a informação de referência do ano de 2017, recolhidos pela metodologia clássica a ponto. A metodologia utiliza a Framework Detectron2 para a implementação de um algoritmo de segmentação de instâncias que classifica os pixels em categorias, distingue objetos individuais da mesma categoria e atribui uma identificação única a cada um deles. O algoritmo utilizou as vantagens das redes neurais convolucionais, usando a arquitetura ResNet-50 conjugada com a arquitetura Mask R-CNN para obter características em diferentes níveis. Os resultados demonstraram que o modelo conseguiu identificar e delimitar corretamente 9236 corpos de água dos 13902 identificados no ano de referência, evidenciando uma taxa de acerto na ordem dos 67%. Tipicamente os modelos computacionais utilizam dados de treino na ordem dos milhares de objetos, o que neste estudo preliminar não ocorreu, tendo sido utilizadas 300 imagens na combinação das duas RH. Pretende-se numa próxima abordagem utilizar os polígonos obtidos atualmente para treinar um modelo com uma maior taxa de acerto, exatidão e precisão. Ainda que não se disponha de polígonos históricos que nos sirvam de referência para avaliar a precisão na definição dos polígonos, pode-se afirmar que na sua vasta maioria, os segmentos gerados encontram-se enquadrados com os corpos de água. Em virtude da versatilidade da Framework Detectron2, a metodologia aqui proposta pode ser utilizada em outros contextos da deteção remota como a ecologia aquática, levantamento de estruturas urbanas, florestas, agricultura, caracterização de elementos urbanos, deteção de desastres naturais, segurança e defesa.

AGRADECIMENTOS

Os meus mais sinceros agradecimentos ao Dr. André Matoso (Diretor ARH Alentejo), Eng. Alice Fialho (Chefe Divisão Planeamento e Informação da ARH Alentejo) e José Mendes (Técnico Superior na Divisão de Planeamento e Informação). Quero também expressar a minha gratidão para com a toda a equipa da ARH Alentejo que acreditaram neste trabalho, cujo conhecimento profundo e dedicação à excelência foram fundamentais para o êxito deste projeto inovador. Agradecemos profundamente pelo seu empenho e colaboração exemplares, que enriquecem o campo da tecnologia e da ciência e esperamos ansiosamente continuar a trilhar este caminho emocionante.

BIBLIOGRAFIA

- H. Xia, J. Zhao, Y. Qin, J. Yang, Y. Cui, H. Song, L. Ma, N. Jin, Q. Meng, Changes in Water Surface Area during 1989–2017 in the Huai River Basin using Landsat Data and Google Earth Engine, *Remote Sens.* 2019, Vol. 11, Page 1824. 11 (2019) 1824. <https://doi.org/10.3390/RS11151824>.
- D. Yang, Y. Yang, J. Xia, Hydrological cycle and water resources in a changing world: A review, *Geogr. Sustain.* 2 (2021) 115–122. <https://doi.org/10.1016/J.GEO-SUS.2021.05.003>.
- A. El Moll, Water resources and climate change: regional, national and international perspective, *Sustain. Circ. Manag. Resour. Waste Towar. a Green Deal.* (2023) 309–336. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95278-1.00010-3>.
- M. Yadav, H.G. Gosai, G. Singh, A. Singh, A.K. Singh, R.P. Singh, R.N. Jadeja, Major impact of global climate change in atmospheric, hydrospheric and lithospheric context, *Glob. Clim. Chang. Environ. Refug. Nature, Framew. Leg.* (2023) 35–55. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24833-7_3/COVER.
- J.J. Bogardi, B.M. Fekete, Water: A unique phenomenon and resource, *Handb. Water Resour. Manag. Discourses, Concepts Examples.* (2021) 9–40. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60147-8_2/COVER.
- F. Papa, F. Frappart, Surface Water Storage in Rivers and Wetlands Derived from Satellite Observations: A Review of Current Advances and Future Opportunities for Hydrological Sciences, *Remote Sens.* 2021, Vol. 13, Page 4162. 13 (2021) 4162. <https://doi.org/10.3390/RS13204162>.
- W. Dorigo, S. Dietrich, F. Aires, L. Brocca, S. Carter, J.F. Cretaux, D. Dunkerley, H. Enomoto, R. Forsberg, A. Güntner, M.I. Hegglin, R. Hollmann, D.F. Hurst, J.A.

- Johannessen, C. Kummerow, T. Lee, K. Luoju, U. Looser, D.G. Miralles, V. Pellet, T. Recknagel, C.R. Vargas, U. Schneider, P. Schoeneich, M. Schröder, N. Tapper, V. Vuglinsky, W. Wagner, L. Yu, L. Zappa, M. Zemp, V. Aich, Closing the Water Cycle from Observations across Scales: Where Do We Stand?, *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 102 (2021) E1897–E1935. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0316.1>.
- G.L. Kyriakopoulos, Circular economy and sustainable strategies: Theoretical framework, policies and regulation challenges, barriers, and enablers for water management, *Water Manag. Circ. Econ.* (2023) 197–230. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95280-4.00014-X>.
- C. Faye, A.A. Sow, S. Dieye, Water management policy for freshwater security in the context of climate change in Senegal, *Clim. Chang. Water Resour. Africa Perspect. Solut. Towar. an Imminent Water Cris.* (2021) 255–276. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61225-2_12/COVER.
- P.H. Gleick, H. Cooley, Freshwater Scarcity, <https://doi.org/10.1146/Annurev-Environ-012220-101319>. 46 (2021) 319–348. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-ENVIRON-012220-101319>.
- J. Rocha, C. Carvalho-Santos, P. Diogo, P. Beça, J.J. Keizer, J.P. Nunes, Impacts of climate change on reservoir water availability, quality and irrigation needs in a water scarce Mediterranean region (southern Portugal), *Sci. Total Environ.* 736 (2020) 139477. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.139477>.
- P.M.M. Soares, D.C.A. Lima, Water scarcity down to earth surface in a Mediterranean climate: The extreme future of soil moisture in Portugal, *J. Hydrol.* 615 (2022) 128731. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2022.128731>.
- [13] S. Lu, B. Wu, N. Yan, H. Wang, Water body mapping method with HJ-1A/B satellite imagery, *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 13 (2011) 428–434. <https://doi.org/10.1016/J.JAG.2010.09.006>.
- W. Jiang, Y. Ni, Z. Pang, X. Li, H. Ju, G. He, J. Lv, K. Yang, J. Fu, X. Qin, An Effective Water Body Extraction Method with New Water Index for Sentinel-2 Imagery, *Water* 2021, Vol. 13, Page 1647. 13 (2021) 1647. <https://doi.org/10.3390/W13121647>.
- X. Yang, Q. Qin, P. Grussenmeyer, M. Koehl, Urban surface water body detection with suppressed built-up noise based on water indices from Sentinel-2 MSI imagery, *Remote Sens. Environ.* 219 (2018) 259–270. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2018.09.016>.
- S. Ghosh, A. Pal, S. Jaiswal, K.C. Santosh, N. Das, M. Nasipuri, SegFast-V2: Semantic image segmentation with less parameters in deep learning for autonomous driving, *Int. J. Mach. Learn. Cybern.* 10 (2019) 3145–3154. <https://doi.org/10.1007/s13042-019-01005-5>.
- I. Papadeas, L. Tsochatzidis, A. Amanatiadis, I. Pratikakis, Real-Time Semantic Image Segmentation with Deep Learning for Autonomous Driving: A Survey, *Appl. Sci.* 2021, Vol. 11, Page 8802. 11 (2021) 8802. <https://doi.org/10.3390/APP11198802>.
- X. Liu, L. Song, S. Liu, Y. Zhang, A Review of Deep-Learning-Based Medical Image Segmentation Methods, *Sustain.* 2021, Vol. 13, Page 1224. 13 (2021) 1224. <https://doi.org/10.3390/SU13031224>.
- M.R. Ibrahim, J. Haworth, T. Cheng, Understanding cities with machine eyes: A review of deep computer vision in urban analytics, *Cities.* 96 (2020) 102481. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2019.102481>.
- Y. Lu, D. Chen, E. Olaniyi, Y. Huang, Generative adversarial networks (GANs) for image augmentation in agriculture: A systematic review, *Comput. Electron. Agric.* 200 (2022) 107208. <https://doi.org/10.1016/J.COM-PAG.2022.107208>.
- X. Sang, L. Xue, X. Ran, X. Li, J. Liu, Z. Liu, Intelligent High-Resolution Geological Mapping Based on SLIC-CNN, *ISPRS Int. J. Geo-Information* 2020, Vol. 9, Page 99. 9 (2020) 99. <https://doi.org/10.3390/IJGI9020099>.
- M.E. El-sayed, A.W. Youssef, O.M. Shehata, L.A. Shihata, E. Azab, Computer vision for package tracking on omnidirectional wheeled conveyor: Case study, *Eng. Appl. Artif. Intell.* 116 (2022) 105438. <https://doi.org/10.1016/J.ENGAPPAI.2022.105438>.
- A. Vembadi, A. Menachery, M.A. Qasaimeh, Cell Cytometry: Review and Perspective on Biotechnological Advances, *Front. Bioeng. Biotechnol.* 7 (2019) 462391. <https://doi.org/10.3389/FBIOE.2019.00147/BIBTEX>.
- H. Farias, D. Ortiz, G. Damke, M. Jaque Arancibia, M. Solar, Mask galaxy: Morphological segmentation of galaxies, *Astron. Comput.* 33 (2020) 100420. <https://doi.org/10.1016/J.ASCOM.2020.100420>.
- I.J. Kadhim, P. Premaratne, A Novel Deep Learning Framework for Water Body Segmentation from Satellite Images, *Arab. J. Sci. Eng.* 48 (2023) 10429–10440. <https://doi.org/10.1007/S13369-023-07680-5/FIGURES/4>.
- Z. Ma, M. Xia, L. Weng, H. Lin, Local Feature Search Network for Building and Water Segmentation of Remote Sensing Image, *Sustain.* 2023, Vol. 15, Page 3034. 15 (2023) 3034. <https://doi.org/10.3390/SU15043034>.
- K. Yuan, X. Zhuang, G. Schaefer, J. Feng, L. Guan, H. Fang, Deep-Learning-Based Multispectral Satellite Image Segmentation for Water Body Detection, *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 14 (2021) 7422–7434. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2021.3098678>.
- M. Wieland, S. Martinis, R. Kiefl, V. Gstaiger, Semantic segmentation of water bodies in very high-resolution satellite and aerial images, *Remote Sens. Envi-*

- ron. 287 (2023) 113452. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2023.113452>.
- R.G. Tambe, S.N. Talbar, S.S. Chavan, Deep multi-feature learning architecture for water body segmentation from satellite images, *J. Vis. Commun. Image Represent.* 77 (2021) 103141. <https://doi.org/10.1016/J.JVCIR.2021.103141>.
- GitHub - facebookresearch/detectron2: Detectron2 is a platform for object detection, segmentation and other visual recognition tasks., (n.d.). <https://github.com/facebookresearch/detectron2> (accessed August 31, 2023).
- A.B. Abdusalomov, B.M.S. Islam, R. Nasimov, M. Mukhiddinov, T.K. Whangbo, An Improved Forest Fire Detection Method Based on the Detectron2 Model and a Deep Learning Approach, *Sensors* 2023, Vol. 23, Page 1512. 23 (2023) 1512. <https://doi.org/10.3390/S23031512>.
- V. Pham, C. Pham, T. Dang, Road Damage Detection and Classification with Detectron2 and Faster R-CNN, *Proc. - 2020 IEEE Int. Conf. Big Data, Big Data 2020.* (2020) 5592–5601. <https://doi.org/10.1109/BIGDATA50022.2020.9378027>.
- R. Divya, J.D. Peter, Smart healthcare system-a brain-like computing approach for analyzing the performance of detectron2 and PoseNet models for anomalous action detection in aged people with movement impairments, *Complex Intell. Syst.* 8 (2022) 3021–3040. <https://doi.org/10.1007/S40747-021-00319-8/FIGURES/21>.
- B. Rai, S.A.S. Kumar, F. Chincholi, H. Koestler, Detectron2 for Lesion Detection in Diabetic Retinopathy, *Algorithms* 2023, Vol. 16, Page 147. 16 (2023) 147. <https://doi.org/10.3390/A16030147>.
- G. Merz, Y. Liu, C.J. Burke, P.D. Aleo, X. Liu, M. Carrasco, V. Kindratenko, Y. Liu, Detection, Instance Segmentation, and Classification for Astronomical Surveys with Deep Learning (DeepDISC): Detectron2 Implementation and Demonstration with Hyper Suprime-Cam Data, *MNRAS.* 000 (2023) 1–16. <https://arxiv.org/abs/2307.05826v1> (accessed September 1, 2023).
- .F. Restrepo-Arias, P. Arregocés-Guerra, J.W. Branch-Bedoya, Crops Classification in Small Areas Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) and Deep Learning Pre-trained Models from Detectron2, *Intell. Syst. Ref. Libr.* 226 (2023) 273–291. https://doi.org/10.1007/978-3-031-08246-7_12/COVER.
- Tian, Z. Chu, Q. Hu, L. Ma, Class-Wise Fully Convolutional Network for Semantic Segmentation of Remote Sensing Images, *Remote Sens.* 2021, Vol. 13, Page 3211. 13 (2021) 3211. <https://doi.org/10.3390/RS13163211>.
- O. Póvoa, V. Lopes, A.M. Barata, N. Farinha, Monitoring Genetic Erosion of Aromatic and Medicinal Plant Species in Alentejo (South Portugal), *Plants.* 12 (2023) 2588. <https://doi.org/10.3390/PLANTS12142588/S1>.
- C. Santos-Silva, R. Louro, Assessment of the diversity of epigeous Basidiomycota under different soil-management systems in a montado ecosystem: a case study conducted in Alentejo, *Agrofor. Syst.* 90 (2016) 117–126. <https://doi.org/10.1007/S10457-015-9800-3/FIGURES/2>.
- I. Pulido-Calvo, J.C. Gutiérrez-Estrada, V. Sanz-Fernández, Drought and Ecological Flows in the Lower Guadiana River Basin (Southwest Iberian Peninsula), *Water* 2020, Vol. 12, Page 677. 12 (2020) 677. <https://doi.org/10.3390/W12030677>.
- A.A. Rodríguez Sousa, C. Tribaldos-Anda, S.A. Prats, C. Brígido, J. Muñoz-Rojas, A.J. Rescia, Impacts of Fertilization on Environmental Quality across a Gradient of Olive Grove Management Systems in Alentejo (Portugal), *Land.* 11 (2022) 2194. <https://doi.org/10.3390/LAND11122194/S1>.
- SNIRH :: Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, (n.d.). <https://snirh.apambiente.pt/> (accessed September 29, 2023).
- C. Andrade, J. Contente, J.A. Santos, Climate change projections of dry and wet events in iberia based on the wasp-index, *Climate.* 9 (2021). <https://doi.org/10.3390/cli9060094>.

Sobre los autores

Samuel Fernandes:

Concluiu a Licenciatura em Engenharia do Ambiente no Instituto Politécnico de Bragança, Portugal, em 2014, onde foi distinguido como o melhor aluno do curso nesse ano. Obteve o grau de Mestre em Tecnologia Ambiental

no Instituto Politécnico de Bragança, em 2015, tendo desenvolvido um sistema de monitorização e controlo da qualidade do ar interior: construção, validação e aplicação como parte do seu projeto de mestrado. Em 2023, concluiu com sucesso o seu Programa Doutoral na Universidade de Évora, obtendo o grau de Doutor em Engenharia Mecatrónica e Energética, com

especialização em Mecatrónica. Durante o seu percurso de doutoramento, contribuiu significativamente para o desenvolvimento de instrumentação optoelectrónica de última geração especialmente concebida para a avaliação da qualidade da água. Recebeu um prestigioso convite da Universidade de Évora para integrar o corpo docente como professor no próximo ano letivo de 2023. A Universidade solicitou especificamente que lecionasse o curso "Energia Solar Fotovoltaica" como parte do programa de licenciatura em Engenharia de Energias Renováveis. Desde 2019, exerce a função de Técnico Sénior na Agência Portuguesa do Ambiente/Administração Regional de Recursos Hídricos do Alentejo, no departamento de Planeamento e Informação. Recebeu da Agência para a Modernização Administrativa uma menção honrosa pelo Sistema de Incentivo à Inovação Pública na categoria de Desenvolvimento de Modelos de Gestão. Na vanguarda dos seus interesses de pesquisa está o avanço das técnicas de deteção remota com vista à otimização dos processos de gestão e tomada de decisão. Em particular, dedica-se ao desenvolvimento de dispositivos optoelectrónicos que permitem a monitorização em tempo real da qualidade da água. Com experiência em espectroscopia UV/Vis, sistemas embarcados, modelos numéricos e análise de grandes volumes de dados, possui um conhecimento abrangente das várias áreas que contribuem para os seus objetivos de investigação.

Alice Maria Guerreiro Fialho

Licenciada em Engenharia dos Recursos Hídricos (1997) – Universidade de Évora

Mestre em Georrecursos (2008) – Instituto Superior Técnico
Formação profissional: Curso de ArcGis (9.2) Avançado

Técnica Superior na Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. Assume as funções de Chefe de Divisão de Planeamento e Informação da Administração da Região Hidrográfica do Alentejo, na Agência Portuguesa do Ambiente, I.P., desde abril de 2013 até ao presente.

Possui 26 anos de experiência profissional nas áreas de planeamento, gestão, monitorização e licenciamento de recursos hídricos, no âmbito da qual se destacam as seguintes tarefas:

- Conceção, implementação, gestão e exploração de redes de monitorização de recursos hídricos e produção de informação técnica;
- Coordenação regional de Planos de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH) e de Planos de Gestão de Riscos de Inundações (PGRI);
- Acompanhamento técnico de projetos, direção e

coordenação de obras de execução de piezómetros de redes de monitorização; seleção de equipamentos de aquisição de dados automáticos com vista à instrumentação de redes de monitorização e elaboração de processos de concurso para implementação de estações de monitorização.

- Articulação entre atividades de monitorização e de licenciamento de utilizações de recursos hídricos, no contexto da análise de dados de autocontrolo e do estado das massas de água, bem como tarefas de apoio à definição de metodologias e procedimentos de trabalho, propostas de orientação técnica e modelos e atuação, no âmbito da análise e emissão de títulos de utilização de recursos hídricos.
- Elaboração de registo de zonas protegidas de captação de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, e de propostas para regulamentação de zonas protegidas.
- Emissão de pareceres de afetação de recursos hídricos no âmbito de: ações com potenciais impactes de poluição difusa; avaliação de impacte ambiental; áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos, entre outros.

Isabel Silva Patriarca

Licenciada em Engenharia Geográfica (Pré-Bolonha, 5 anos), fez parte do organismo pertencente ao Ministério da Defesa Português, o Instituto Hidrográfico desde meados dos anos 90 até 2018. Foi pioneira no lançamento da cartografia náutica digital eletrónica oficial (CEN) para navegação segura, produto baseado em Sistemas de Informação Geográfica, tendo integrado a equipa responsável de produção e validação em Portugal. Seguiu-se um período em que foi responsável no mesmo Instituto pela gestão dos Sistemas de Informação na produção de cartografia náutica oficial eletrónica e em papel e atualização destes produtos cartográficos. Atualmente encontra-se a exercer funções no âmbito dos Sistemas de Informação Geográfica e Observação da Terra, dando também apoio aos Sistemas de Informação na Agência Portuguesa do Ambiente I.P. / Administração da Região Hidrográfica do Tejo e Oeste, no departamento de Planeamento e Informação. Tem conhecimentos em linguagem de programação Python, Machine Learning e manipulação de imagens de satélite. Autora de artigos apresentados nas JiiDES de 2021 e 2022 e publicados na revista Mapping - Jornal Internacional de Geomática e Ciências da Terra. Autora de diversos outros artigos apresentados em conferências e jornadas e publicados nas respetivas revistas da especialidade. Membro da Ordem dos Engenheiros.

Códigos electrónicos

Código Geoespacial

Selección y ordenación:
Efrén Díaz Díaz
Abogado, Doctor en Derecho.

Edición actualizada a 4 de mayo de 2022



El Sistema de Información de Poblaciones de Andalucía (SIPOB), nueva herramienta para conocer las áreas del territorio ligadas a la población

REVISTA **MAPPING**
Vol.32, 214, 26-31
2023
ISSN: 1131-9100

The Andalusian Population Information System, new tool to know the areas of the territory linked to de population

Elena Díaz Vega, Cristina Caturla Montero

Resumen

El Sistema de Información de Poblaciones de Andalucía (SIPOB) es un producto de base de datos espacial que proporciona información homogénea, precisa y codificada de la localización de la población en el territorio.

El Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA) ya había generado una base de referencia del sistema de asentamientos y de la territorialización del Nomenclátor del Instituto Nacional de Estadística (INE), por lo que el SIPOB se desarrolla sobre esta información de partida. Se aborda un exhaustivo proceso de revisión y actualización de las bases disponibles, combinando la fotointerpretación con los datos procedentes de múltiples fuentes y, bajo una visión integral del poblamiento, se estructura en una base de datos PostgreSQL/PostGIS. El desarrollo de este conjunto de datos mantiene una doble perspectiva, que combina la variable territorial con la estadística, lo que permite generar un marco continuo y codificado del territorio. Los primeros resultados de SIPOB ya están publicados en la web del IECA, incluyendo un visor cartográfico, presentándose como una nueva herramienta para el análisis detallado del poblamiento de Andalucía y de las posibles variables que con ella pueden trasladarse a la realidad territorial.

Abstract

The Andalusian Population System (SIPOB) is a spatial database product that provides homogeneous, precise and coded information on the location of the population in the territory. The Institute of Statistics and Cartography of Andalusia (IECA) had already generated a reference base of the settlement system and the territorialization of the Nomenclature of the National Institute of Statistics (INE), so the SIPOB is developed on this starting information. An exhaustive process of review and updating of the available databases is undertaken, combining photointerpretation with data from multiple sources and, under a comprehensive view of the settlement, it is structured in a PostgreSQL/PostGIS database. The development of this data set maintains a double perspective, which combines the territorial variable with statistics, which allows it to generate a continuous and codified framework of the territory. The first results of SIPOB are already published on the IECA website, including a cartographic viewer, presenting itself as a new tool for the detailed analysis of the population of Andalusia and the possible variables that with it can be transferred to the territorial reality.

Palabras clave: Poblamiento, Unidades poblacionales, Entidad de población, Núcleo, Diseminado, Agrupación

Keywords: Settlement, Population units, Population entity, Population nucleus, Scattered, Grouping

Elena Díaz Vega
Gabinete de Mapas. Servicio de Producción Cartográfica.
Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA)
elena.dianez@juntadeandalucia.es
Cristina Caturla Montero
Jefa del Servicio de Producción Cartográfica
Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA)
cristina.caturla@juntadeandalucia.es

Recepción 20/11/2023
Aprobación 27/12/2023

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETO

Hoy día, el conocimiento sobre la localización de la población en el territorio resulta una cuestión clave en el desarrollo de cualquier política pública, puesto que es sobre dicho territorio y, concretamente, sobre los habitantes que se distribuyen en él, sobre los que finalmente recaen sus efectos. La calidad de esta información determina las opciones de poder llevar a cabo una adecuada planificación y gestión de esas políticas, como podrían ser la ordenación del territorio, las medidas para la sostenibilidad, la gestión de los recursos sanitarios y educativos o el paisaje, y especialmente, la gestión de las emergencias.

La potencialidad de esta información aumenta si a ella se incorpora la variable estadística, obteniendo datos que permiten mayores análisis sobre el poblamiento. La fuente principal sobre esta variable es la operación estadística del Instituto Nacional de Estadística (INE) conocida como Nomenclátor o Población del Padrón continuo por unidad poblacional, que detalla las entidades y núcleos de población existentes a 1 de enero en cada municipio, incluyendo sus códigos y sus poblaciones referidas a esa fecha.

Consciente de este interés, el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA) trabaja desde hace más de una década para recoger, mantener y ofrecer una base de referencia geográfica que permita la representación y el análisis de los diferentes elementos del sistema urbano y de poblamiento. Entre los trabajos de generación/actualización de los Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA), se desarrolló el conjunto de datos del Sistema Urbano, que incluye tanto la información relativa a los asentamientos urbanos, como una aproximación cartográfica a las Unidades Poblacionales del Nomenclátor del INE.

El marco normativo tanto europeo como nacional incide en la trascendencia de estos datos. La Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España (LISIGE), que traspone la Directiva 2007/2/CE INSPIRE, incluye a las Entidades de Población en el listado de la información que constituye la Información Geográfica de Referencia (Anexo I). A nivel autonómico, el Plan Estadístico y Cartográfico de Andalucía 2023 – 2029 (Ley 9/2023, de 25 de septiembre), que ordena y planifica la actividad estadística y cartográfica de la Comunidad Autónoma, incluye entre los objetivos específicos de información (Anexo II), la información geográfica de referencia, entre la que especifica el poblamiento y los nombres geográficos.

Desde el Grupo de Expertos de las Naciones Unidas sobre la Integración de la Información Estadística y Geoespacial, se incide igualmente en la integración de la información estadística y geoespacial, y con ello, generar datos que informen y permitan la toma de decisiones basada en datos y evidencia para respaldar las prioridades de desarrollo locales, regionales, nacionales y agendas globales, como la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

En este contexto, desde el IECA se aborda la revisión y actualización completa del conjunto de datos sobre el poblamiento, desde una perspectiva más amplia, con el desarrollo de una base de datos espacial en la que, sobre un modelo de datos estable, se clasifica, jerarquiza y codifican todas las áreas del territorio que están asociadas a la presencia de la población.

El presente trabajo tiene como objetivo presentar la metodología empleada para generar el Sistema de Información de Poblaciones de Andalucía (SIPOB) y los principales retos que se plantean tanto para su desarrollo como para los posibles análisis que éste permite.

2. DESARROLLO DE SIPOB

SIPOB se desarrolla como una base de datos espacial centrada en recoger toda la información codificada y actualizada sobre los lugares en los que se asienta la población en el territorio, y en ella se trabaja tanto a nivel de producción y normalización de los datos, como para su posterior difusión.

En concreto, este sistema se estructura en una base de datos PostgreSQL/PostGIS que permite la adecuada gestión de sus recursos. Se trata de una base de datos espacial continua, a una escala no definida expresamente, ya que es un producto que proporciona información tanto a la escala correspondiente al ámbito municipal, con la aproximación cartográfica a la división en entidades de población, como al detalle de las propias edificaciones que conforman el poblamiento (IECA, 2023).

2.1. Información de partida

Los esfuerzos realizados en esta línea de trabajo se remontan a casi dos décadas, cuando se inicia un proceso de levantamiento del conjunto de datos sobre el poblamiento a partir del Mapa Topográfico de Andalucía 1:10.000 (MTA10). La base generada parte de la fotointerpretación con las ortofotografías PNOA 2013 y 2016, revisada en base al Callejero Digital de Andalucía Unificado (CDAU), el Nomenclátor Geográfico de Andalucía (NGA) y otras fuentes de referencia,

como la cartografía vectorial del catastro (CONSTRU) y el planteamiento urbanístico municipal. La capa poligonal resultante conforma la base de referencia de lo que se identificó como el sistema de asentamientos de Andalucía.

A su vez, el IECA había trabajado en la territorialización de la información alfanumérica del Nomenclátor, generando unas capas de polígonos con la plasmación cartográfica de las Entidades Singulares y, en la provincia de Almería, de las Entidades Colectivas, y otra, a partir de la mencionada capa de asentamientos, con los núcleos de población y el diseminado que están recogidos en dicha estadística, e incluyendo su correspondiente código INE. Estas capas constituyen el punto de partida a partir del cual se conformará el actual SIPOB.

2.2. Metodología

A principios del 2018 se inicia un proceso de análisis de la información disponible sobre esta temática, conscientes ya no sólo de la necesidad de actualización de los datos sino del tratamiento y explotación de los mismos. Las aplicaciones y demandas generadas sobre ellos constataban que son numerosos los proyectos e infraestructuras de información, no solo del IECA, que necesitan disponer de la información territorializada y actualizada de la población para poder lograr sus objetivos.

Se inicia así una nueva línea de trabajo para mejorar y completar la base de referencia sobre el poblamiento, apoyada sobre una base de datos espacial que se mantenga actualizada, tanto en su geometría como en la información alfanumérica, y con un modelo de datos que permita la clasificación y jerarquización de las poblaciones, con mayor concreción que el que da el Nomenclátor.

La metodología definida se apoya en varias líneas de trabajo, que se han ido abordando en este tiempo. La primera de ellas se centra en el análisis y revisión de la información disponible, sobre la que definir un nuevo modelo de datos acorde con las necesidades y objetivos planteados, y que permitiera proceder a su volcado en una base de datos PostgreSQL/PostGIS.

En esta fase inicial también se aborda el estudio de la metodología que estaba desarrollando el Instituto Geográfico Nacional (IGN) sobre la Información Geográfica de Referencia de Poblaciones, y se identifican con claridad las líneas comunes que comparten ambos proyectos. Teniendo en cuenta las diferencias propias que derivan de un ámbito y escala de trabajo distintos, el diseño del modelo de datos también se condiciona a criterios similares a los del IGN, que ga-

rantizara una evolución a modelos intercambiables o con posibilidad de generar mecanismos de traspaso de información.

Una vez integrada la capa de partida en la base de datos espacial y estructurada según el nuevo modelo, se inicia un proceso de revisión y actualización, con el que se acomete el análisis y corrección tanto de las geometrías como de sus atributos, así como la generación de nuevos objetos, a partir del análisis de las ortofotografías del PNOA de máxima actualidad disponibles, del año 2019, como principal fuente de referencia.

Previo al desarrollo de esta fase, se identificaron las fuentes de información de mayor interés, valorando su integración en el flujo de trabajo para el proceso de compleción y actualización de los datos. Para profundizar en el conocimiento y categorización del poblamiento y, con ello, mejorar la forma en la que éste queda recogido en esta base de referencia, se valora el contraste con datos procedentes de fuentes muy diversas, algunas ya contempladas en los trabajos previos, pero definiendo protocolos de relación más complejos.

De esta forma, la revisión y actualización de la base disponible incluye también la valoración de la información de las fuentes que se han priorizado en el flujo de trabajo, muchas de ellas provenientes de otros proyectos desarrollados por el IECA. Entre ellas, deben destacarse las siguientes:

- La Base Cartográfica de Andalucía (BCA10), que compone una fuente básica al aportar todos los elementos estructurantes del territorio, y con especial interés en cuanto a construcciones y toponimia.
- El Inventario Toponímico de Asentamientos de la Comunidad de Andalucía (ITACA), que trabaja directamente con las administraciones locales para que sean ellas las que validen y normalicen la toponimia de sus asentamientos. La toponimia de los más de 250 municipios que han validado institucionalmente esas denominaciones en el pleno de sus Ayuntamientos, se incorpora como fuente prioritaria.
- El Callejero Digital de Andalucía Unificado (CDAU), que recoge los portales en los que reside la población (viviendas) o en los que ejerce una actividad (establecimientos o locales), y que resulta especialmente de interés en ámbito del diseminado.
- Los Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA), que incluye bases cartográficas de temas específicos, como la información sobre equipamientos o infraestructuras, de distinta procedencia y que

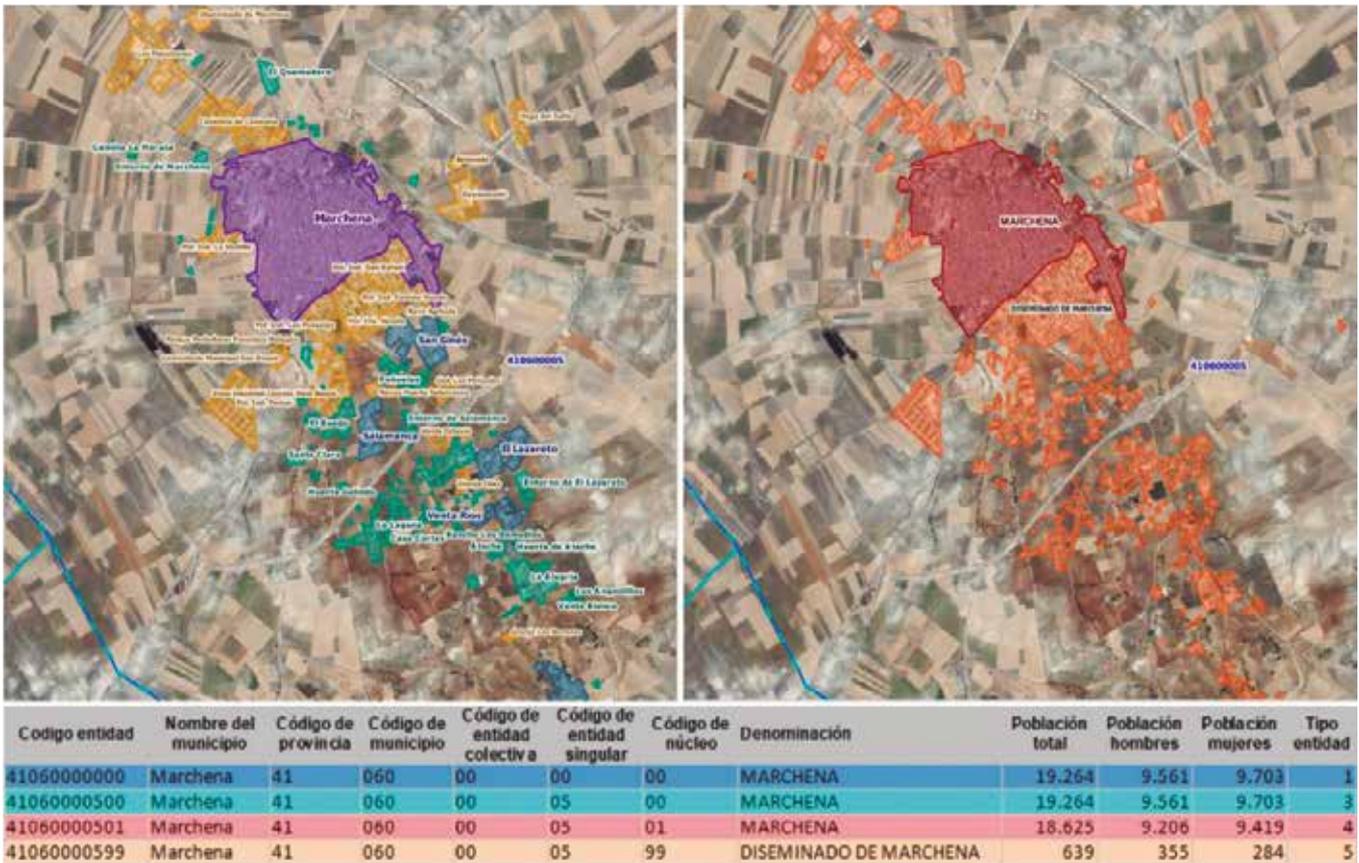


Figura 1. Poblaciones en Marchena (Sevilla). Izquierda, según modelo SIPOB y derecha, según Nomenclátor INE. Abajo, Nomenclátor INE, 2022 (una sola Entidad Singular, en celeste).

permite trabajar con garantía de actualización, coherencia geométrica y continuidad territorial.

- El inventario y caracterización de los Espacios Productivos de Andalucía (ESPAND), que proporciona información detallada sobre el suelo industrial en los municipios.

En las tareas de contraste también se cuenta con fuentes externas, entre las que, además de las ya mencionadas del INE e IGN, destacan los datos de Catastro, que ofrecen información detallada tanto toponímica como sobre usos y estado de las edificaciones.

A su vez, y aunque SIPOB realiza una interpretación exclusivamente territorial del poblamiento, y en ningún caso se aplican criterios de carácter legal o administrativo, la documentación del planeamiento urbanístico y territorial también es una fuente de consulta básica, de gran utilidad en la identificación o concreción del territorio construido.

En esta fase de producción de la base de referencia revisada y actualizada, se recoge todo aquello que esté asociado a la presencia de la población en el territorio, superando la concepción inicial de asentamiento y de su carácter eminentemente residencial.

Para identificar y jerarquizar el poblamiento a mayor detalle que las unidades poblacionales del Nomenclátor, se genera un código de 15 dígitos, compartiendo los 11 primeros con el del INE, que permite seguir concretando en el análisis territorial del poblamiento más allá de la correcta identificación de los núcleos de población. Además de las cabeceras y núcleos secundarios, en SIPOB pueden diferenciarse otras realidades, como son las poblaciones en diseminado, las edificaciones aisladas, y otros usos que también se desarrollan fuera de esos núcleos, tanto ligados a actividades productivas, como a las infraestructuras, equipamientos o servicios.

Esta base se desarrolla sobre una unidad mínima de representación, las agrupaciones, a partir de las cuales se generan las poblaciones, y se amplía el volumen de atributos para poder clasificarlas y jerarquizarlas en el sistema urbano. El tratamiento que recibe cada agrupación en la base de datos es la que posteriormente, por agregación, permite la interpretación de las poblaciones según el modelo por el que se opte.

Esta fase incluye el diseño del correspondiente modelo de calidad, acorde a la norma UNE-EN-ISO 19157:2014 Información Geográfica – Calidad de

datos. Se trata de un modelo de datos de calidad relacional, que cuenta con 27 medidas implementadas a través de funciones PI/PgSQL específicas, descritas mediante los componentes técnicos definidos por ISO 19157 y ampliados por SIPOB, y completada con otras que se implementan en FME.

En cuanto a los flujos de trabajo, se fija un hito en el mantenimiento de los datos, centrado en dos actualizaciones básicas que deben realizarse en el inicio de cada año. Una es de carácter alfanumérico, con el volcado del nuevo Nomenclátor que publica el INE, y la otra, geométrica, con el ajuste de la base cartográfica a la capa de límite municipales, generada por el proyecto de Delimitaciones Territoriales del IECA, en la versión que recoja todos los replanteos publicados en BOJA hasta el 31 de diciembre del año anterior.

3. RESULTADOS Y DESARROLLO

Finalizada esta primera etapa de producción de los datos según el nuevo modelo que estructura a este Sistema de Información, se inicia una nueva fase, centrada en la consolidación de este producto de base de datos espacial y la difusión de los resultados.

Actualmente, el conjunto de datos de SIPOB, que proporciona una información homogénea, precisa y actualizada del poblamiento andaluz, cuenta con más de 60.000 poblaciones identificadas. Tras el amplio pro-

ceso de revisión y actualización de la base cartográfica que disponía el IECA, se han llegado a triplicar los objetos espaciales identificados en el territorio.

En este tiempo, la evolución de dicha base hasta conformar el actual SIPOB se produce bajo una visión integral del concepto de poblamiento, por lo que no se trata sólo de incrementar el volumen de información que ésta acoge. La localización, delimitación y asignación de topónimos se plantea sobre cualquier área del territorio en la que las personas ejercen alguna actividad (residir, trabajar, comprar, etc.), llevando a cabo un reconocimiento detallado de los lugares en los que se asienta la población y que son reconocidos con una denominación o identidad propias (tanto edificaciones de uso residencial y su espacio asociado, como aquellas que acogen otros usos y sus estructuras asociadas).

A su vez, el desarrollo de este conjunto de datos se mantiene bajo una doble perspectiva que combina la variable territorial, asociada a la delimitación geométrica y georreferenciada de las poblaciones, con la estadística, a través de la territorialización del Nomenclátor INE, aunque con un mayor nivel de desagregación. De esta forma, SIPOB genera un marco continuo y codificado del territorio, que permite un conocimiento más exhaustivo de la población y, con ello, le da mayor potencialidad en ámbitos como la planificación urbana y territorial, la producción de cartografía, la georreferenciación de estadísticas o la gestión de las emergencias.

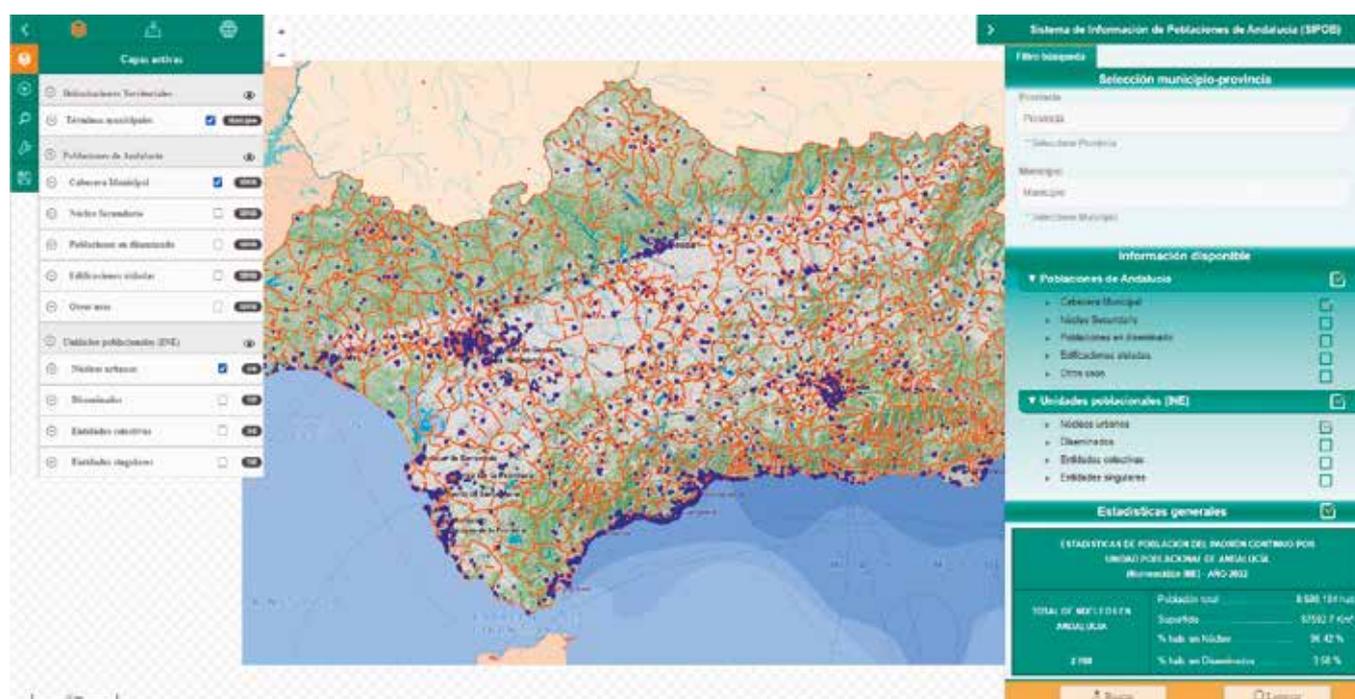


Figura 2. Imagen del visor cartográfico de SIPOB. <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/visores/SIPOB/>.

Los resultados de esta primera versión están publicados en la página web del IECA, que ofrece documentación sobre este proyecto, incluyendo el documento de especificaciones y los relativos a los procedimientos de calidad aplicados. También están disponibles los datos a través de los correspondientes servicios interoperables para su visualización y descarga. Se incluye el acceso a un visor cartográfico específico, en el que se muestra la información organizada en capas generadas a partir de la base de datos espacial, tanto según el modelo propio de SIPOB, como en base a las unidades poblacionales del Nomenclátor. El visor ofrece la consulta y explotación de los datos a partir de herramientas de búsqueda según criterios territoriales y/o temáticos.

Con la publicación de SIPOB se ofrece una nueva herramienta que, apoyada en una base de datos espacial codificada, resulta de especial interés en los procesos de planificación y gestión del territorio, facilitando la interpretación de variables de carácter muy diverso (demográficas, ambientales, sobre infraestructuras o servicios básicos, etc.). Consolidados como parte de la información geográfica de referencia, sobre los datos de SIPOB se prevé un procedimiento de actualización y mejora permanente. La publicación del nuevo mosaico de la cobertura PNOA de Andalucía del 2022 plantea actualizar nuevamente la base e incrementar su nivel de compleción, y con ello se valorarán también los posibles ajustes del modelo de datos actual. En cualquier caso, el desarrollo de SIPOB sobre una base de datos espacial facilita la interrelación con datos provenientes de fuentes diversas. La potencialidad de establecer estas vías de cruce o intercambio recae tanto en las posibilidades de mejora de la calidad y veracidad de la información resultante, como en las nuevas líneas de trabajo que se generan para obtener nuevos datos de interés, que encuentran con SIPOB su reflejo en el territorio.

REFERENCIAS

- Sempere-Souvannavong, J-D, et al (2020). *Población y territorio. España tras la crisis de 2008*.
- Alonso-Sarría F., Valdivieso Ros C. (2019): “*Cartografía de núcleos de población en la demarcación hidrográfica del Segura integrando información de diferentes fuentes*”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 24, p.59-75. ISSN: 1578-5157. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.620>
- IECA, 2023. “Sistema de Información de Poblaciones de Andalucía (SIPob). Especificaciones del proyecto”. 19p. <https://www.ieca.junta-andalucia.es/sipob/metodologia/especificaciones-proyectoSIPOB.pdf>

Sobre los autores

Elena Díáñez Vega

Licenciada en Geografía por la Universidad de Sevilla, con experiencia en los sectores público y privado en el ámbito de la planificación y la ordenación del territorio. Funcionaria de carrera en el Cuerpo Superior Facultativo desde el año 2009, en el año 2017 se incorpora al Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, y desarrolla su actividad en diversos proyectos del Servicio de Producción Cartográfica y es responsable de la dirección técnica del proyecto “Sistema de Información de Poblaciones de Andalucía (SIPOB)”, desarrollado por el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía.

Cristina Caturla Montero

Licenciada en Geografía por la Universidad Complutense de Madrid, con experiencia en los sectores público y privado en el ámbito de la teledetección y la cartografía. Funcionaria de carrera en el Cuerpo Superior Facultativo desde el año 2006, en el año 2007 se incorpora al Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, ocupando el puesto de Gabinete de Mapas y desde 2010 como Jefa de Servicio de Producción Cartográfica.

Modernización y capacitación en SIG a través de la tipología de formación-acción aplicada al sector Agrícola

REVISTA **MAPPING**
Vol.32, 214, 32-40
2023
ISSN: 1131-9100

Modernization and training in GIS through the typology of training action applied to the Agricultural sector

Bruno Leitão, José Vieira, José Maria Lima, Bela Azevedo, Daniela Quino

Resumen

A través de dos proyectos financiados por el Programa Operativo Regional del Norte (Norte2020), la Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte (DRAP Norte) promovió, a través de la entidad de formación Esri Portugal, cursos de formación en Sistemas de Información Geográfica con los objetivos de: i) mejorar las habilidades de los técnicos en esta materia, especialmente en la adquisición, edición, análisis e intercambio de datos geográficos; ii) aplicar nuevas herramientas a los procesos de trabajo de la organización; iii) concentrar toda la información espacial recopilada en la actividad operativa para mejorar la gestión y la planificación.

Utilizando la tipología formación-acción, que engloba diferentes modalidades de formación, a saber: seminarios, formación presencial, workshops y formación en contexto de trabajo, los técnicos implicados desarrollaron diversos trabajos prácticos, desde diferentes áreas operativas, con destinatarios internos o externos y que mejoraron la cantidad, calidad y disponibilidad de información geográfica asociada al sector agrícola.

Entre los trabajos realizados, se encuentran casos de desmaterialización de formularios con recolección de datos geográficos, de aplicaciones combinadas de campo y oficina para facilitar la recolección y edición de datos de control y visitas, de plataformas para cargar datos históricos dispersos, de creación de páginas con información temática y un portal geográfico que agrega todos los resultados obtenidos en 15 meses.

Abstract

Through two projects financed by the Northern Regional Operational Program (Norte2020), the Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte (DRAP Norte) promoted, through the training entity Esri Portugal, training courses in Geographic Information Systems with the objectives of: i) improving the skills of technicians in this area, especially in the acquisition, editing, analysis and exchange of geographic data; ii) applying new tools to the organization's work processes; iii) concentrating all the spatial information collected in the operational activity to improve management and planning.

Using the training-action typology, which encompasses different training modalities, namely: seminars, classroom training, workshops and on-the-job training, the technicians involved developed various practical works, from different operational areas, with internal or external recipients and which improved the quantity, quality and availability of geographic information associated with the agricultural sector.

Among the works carried out, there are cases of dematerialization of forms with geographic data collection, of combined field and office applications to facilitate the collection and edition of control and visit data, of platforms to load dispersed historical data, of creation of pages with thematic information and a geographic portal that aggregates all the results obtained in 15 months.

Palabras clave: Agricultura, Modernización administrativa, Desmaterialización, Digitalización, Administración Pública, Sistemas de Información Geográfica

Keywords: Agriculture, Administrative modernization, Dematerialization, Digitalization, Public Administration, Geographic Information Systems

Bruno Leitão

Técnico Superior, Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte

bruno.leitao@drapnorte.gov.pt

José Vieira

Diretor de Serviços, Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte

josevieiral@drapnorte.gov.pt

José Maria Lima

Chefe de Divisão, Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte

jmglimal@drapnorte.gov.pt

Bela Azevedo

Técnica Superior, Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte

bela.azevedo@drapnorte.gov.pt

Daniela Quino

Geoformadora, ESRI Portugal

daniela.quino@esri.pt

Recepción 20/11/2023

Aprobación 27/12/2023

1. INTRODUCCIÓN

En 2020, mediante la Resolución del Consejo de Ministros N° 86/2020, el Ministerio de Agricultura y Alimentación (MAA) estableció la Agenda de Innovación para la Agricultura 2020-2030, disponiendo en uno de sus pilares (Estado) la iniciativa Reorganiza, que tuvo como objetivo a la modernización y simplificación administrativa en el ámbito de la gobernanza de la agricultura (medidas relacionadas con los procesos internos), mediante la eliminación de redundancias, una mayor interoperabilidad y el intercambio de datos, la revisión y simplificación de los procesos (reduciendo la burocracia y racionalizando los procesos) y la digitalización de los procedimientos y formas de interacción.

Los objetivos operativos de la iniciativa *Reorganizar* son 1.) simplificar los procedimientos internos; 2.) promover la comunicación, el intercambio y la interoperabilidad entre los servicios directos e indirectos de la administración estatal; y 3.) acelerar la transición digital en los organismos MAA.

Con base en los objetivos globales y operativos de la Agenda de Innovación para la Agricultura 2020-2030 y la necesidad de modernización y capacitación en Sistemas de Información Geográfica (SIG), la DRAP Norte, como servicio periférico del MAA con capacidades para ejecutar las medidas de agricultura, desarrollo rural y política pesquera en el área geográfica NUTII Norte de Portugal, implementó, a través de una tipología de formación innovadora (formación-acción), dos proyectos financiados por el Programa Operativo Regional Norte (Norte2020).

El uso de la tipología formación-acción aplicada a los SIG implicó una escucha frecuente de las necesidades formativas de los alumnos y el establecimiento de un diálogo constante a partir del cual se tomaron decisiones sobre los procesos de trabajo y contenidos necesarios para desarrollar las acciones planificadas. El uso de este tipo de formación fue a la vez innovador y desafiante, más que un proceso de formación, demostró ser el catalizador de un proceso de transformación de los alumnos y de la organización, desafiando sus capacidades técnicas y personales.

Desde el punto de vista de las ciencias agronómicas y forestales, los retos técnicos planteados en esta acción formativa implicaron el trabajo desde diferentes áreas, en concreto la hidráulica, la sanidad vegetal, la producción agrícola y ganadera, los sistemas agrarios, la economía y sociología rural, las infraestructuras agrarias, la agricultura y el medio ambiente, sin olvidar nunca que las ciencias geográficas, especialmente el trabajo de cartografía, fueron un elemento común en todos los desafíos.

2. LOS DESAFÍOS DE LA FORMACIÓN-ACCIÓN

La formación-acción se estructuró en dos etapas diferenciadas (I etapa - Geosimplex+ de marzo de 2022 a marzo de 2023 y II etapa - Procesos Estructurados de marzo de 2023 a junio de 2023) con los objetivos de: *i)* mejorar las competencias de los técnicos en esta materia, especialmente en adquirir, editar, analizar y compartir datos geográficos; *ii)* aplicar nuevas herramientas a los procesos de trabajo de la organización; *iii)* concentrar toda la información espacial recopilada en la actividad operativa para mejorar la gestión y la planificación. Cada etapa estuvo compuesta por 4 fases: *a)* fase 1 – diagnóstico; *b)* fase 2: preparación de un plan de acción; *c)* fase 3: implementación del plan de acción; *d)* fase 4: evaluación y difusión de resultados, que incluye cinco métodos de formación, a saber: seminarios, formación presencial, práctica simulada, workshops y formación en contexto de trabajo.

El proceso de selección alumnos se desarrolló durante la primera quincena de marzo de 2022, sorprendiendo por el elevado número de interesados (141 colaboradores). Este entusiasmo y deseo de modernizar los procesos de trabajo y adquirir nuevas habilidades aumentó la exigencia e importancia que asumió para la organización la formación-acción, especialmente asociada al empoderamiento que era necesario en la elaboración y ejecución del plan de acción. Al mismo tiempo, se identificó la necesidad de nuevas aplicaciones para reforzar e incrementar el nivel de especialización del personal técnico en estas áreas y de adquisición de equipos que permitan el cambio en la organización.

Por ser un proceso de formación largo (15 meses), con temas nuevos y tecnológicamente desafiantes, que implicaron alteraciones en los ritmos habituales de trabajo y ajustes en las tareas diarias de los alumnos, la formación-acción se asoció con un alto riesgo de desmotivación de los alumnos. En este sentido, se volvió fundamental estimular la búsqueda de soluciones que resolvieran problemas específicos dentro de la organización y que contribuyeran a la innovación, la mejora de los servicios, los conocimientos técnicos y las habilidades personales de los colaboradores (*soft skills*).

Muchas veces los resultados de las formaciones realizada en las organizaciones solo tienen un impacto específico en un servicio, unidad o departamento, pero las transformaciones organizativas en varias unidades son raras, incluso cuando se llevan a cabo los mismos actos o procedimientos. En este tipo de formación destacamos cuatro actores principales: la dirección, los alumnos, la coordinación y la entidad formadora (Esri PT). Estos ele-



a)



b)



c)



d)

Figura 1. Ejemplos de diversos métodos de formación implementados, formación presencial en sala (a), formación en contexto de trabajo (b), seminarios (c) y workshops (d).



Figura 2. Trabajos públicos resultantes de la formación-acción: agricultura en áreas protegidas (a), agricultura familiar (b), riego (c), potencial agrícola (d), zona vulnerable (e), sistema de información agraria (d).

mentos son los factores clave para alcanzar los objetivos marcados y mejorar el desempeño de la organización mediante el uso de herramientas apoyadas en información geográfica, que permiten cumplir con los requisitos tecnológicos y, sobre todo, técnicos.

3. UNA VISIÓN TÉCNICA Y TERRITORIAL INTEGRADA

La diversidad de temas en el campo de la agricultura que DRAP Norte tiene que apoyar en su actividad

operativa debido a sus responsabilidades, implican la necesidad de agregar datos de diferentes áreas y crean la necesidad de agregar y analizar rápidamente indicadores, sucintos y dirigidos a objetivos específicos de las políticas agrícolas. En este sentido, el uso de los SIG permite construir una visión agregada, integrada y geográfica de los aspectos técnicos de la agricultura de la región Norte de Portugal.

Entre los 19 grupos de trabajo creados durante la formación-acción (17 en la I etapa del proceso de formación y 2 en la II etapa), se utilizaron 40 herramientas con aplicabilidad a los temas identificados en la fase de diagnóstico. Del trabajo realizado algunos trabajos son



Figura 3. Trabajos internos resultante de la formación-acción: VFL (a), sistema de información agraria (b), VITIS (c) sanidad vegetal (d).

públicos y otros internos, sin embargo, todo el soporte y uso está centralizado en un Portal Geográfico creado en *ArcGis Sites* cuya función es agregar la información producida por los grupos de trabajo, estructurar y hacer accesible toda la información en un formato compatible con los objetivos del PEPAC.

Los trabajos públicos realizados fueron:

Agricultura en áreas protegidas de la Red Natura 2000 – Dashboard con análisis de información geográfica en formato abierto relativa a la agricultura en las áreas protegidas de NUT II Norte.

Potencial agrícola – Storymap con mapas de aptitud agrícola para 4 cultivos: maíz, kiwi, olivos y viñedos (subregión vitivinícola de Valpaços) relevantes para la región.

Formación profesional - Dashboard con las acciones de formación agrícola realizadas, incluyendo la distribución de acciones aprobadas, entidades formadoras y alumnos.

Zona vulnerable (Directiva Nitratos) – Storymap/Dashboard para difundir los resultados del monitoreo de la Zona Vulnerable de Esposende-Vila do Conde y promover la conciencia de los agricultores sobre las buenas prácticas agrícolas.

Clima y cambio climático - Dashboard para proporcionar datos de las estaciones meteorológicas y actualización del sistema de declaración de pérdidas

agrícolas.

Licencia ganadera - Dashboard para presentar información y distribución geográfica de explotaciones ganaderas autorizadas.

Riego – Dashboard para consultar almacenamiento en 7 embalses administrados por DRAP Norte.

Agricultura familiar - Dashboard para analizar y evaluar la presencia de agricultores con estatus de agricultura familiar en la región.

Organización de Productores - Dashboard para explorar los indicadores de las Organizaciones de Productores (como número de miembros, naturaleza jurídica, valor comercializado, área y sector de producción) e identificar su área social.

Control - Dashboard con indicadores de acciones de control de superficie por medida de apoyo.

Agricultura orgánica - Dashboard para analizar y evaluar la presencia de agricultores orgánicos.

Sistema de Información Agraria – este grupo creó cuatro trabajos, dos (públicos) que involucraron la construcción de Dashboards para la presentación de producción estándar contemplada en el artículo 5 ter, apartado 2, del Reglamento (CE) no 1217/2009. y dos (internos) que involucraron desmaterializar la recolección de información sobre los mercados agrícolas y sobre el estado de los cultivos y pronósticos de cosechas.



Figura 4. Información geográfica producida durante las visitas de campo para control de inversiones (izquierda) y reestructuración del viñedo (derecha).

Sanidad vegetal – Sistema para desmaterializar el proceso de seguimiento y certificación de viñedos madre.

Ordenamiento territorial – Dashboard para agregar información relevante para la dirección de los distintos procesos administrativos internos por infracciones al Régimen Jurídico de la Reserva Agrícola Nacional.

VFL, VITIS y VFL Florestal – Sistema integrado de recolección centralizada de información geográfica y alfanumérica asociada a visitas físicas locales con atributos homogéneos y emisión de informes en proyectos de la PAC.

4. UN NUEVO MODELO DE TRABAJO CON INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Los procesos de trabajo relacionados con a la reestructuración y reconversión de viñedos de la OCM vitivinícola (VITIS) y las visitas de control de inversiones del Programa de Desarrollo Rural (VFL) implicaron la construcción de una solución tecnológica mixta que permitiera alcanzar dos objetivos: 1) mantener el mismo nivel de desempeño para asegurar el cumplimiento de los requisitos de las responsabilidades delegadas por el Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas (IFAP); y 2) agregar datos geográficos y atributos para análisis y cruce de datos con otros elementos de la infraestructura de datos espaciales de DRAP Norte.

Este modelo de trabajo con la recolección de datos geográficos con un sistema centralizado buscó lograr una mayor homogeneización y estandarización de los datos recolectados en campo, centralización de la información y la posibilidad de realizar análisis multivariados para producir nuevos elementos y mayor conocimiento sobre los datos asociados al sector agrícola de la región Norte y apoyar la toma de decisiones.

El desarrollo de modelos de datos y listados de valores fue realizado por técnicos especializados en las tres áreas de aplicaciones de campo desarrolladas (VFL Mobile App, VFL Florestal Mobile App y VITIS Mobile App) y resultó del proceso participativo y de adaptación de la tecnología a las necesidades operativas y cumplimiento de requisitos técnicos y reglamentarios para la recolección de elementos geográficos para los procesos de trabajo.

Como cualquier otro proceso de modernización, el nuevo modelo puede evolucionar y adaptarse a los

cambios legales y técnicos emergentes, sin embargo, es fundamental mantener una visión transversal e integrada de los procesos, estructurando el nuevo modelo tecnológico en 3 fases:

Fase 1 – recopilación de datos; Implica recopilar datos geográficos en el campo (georreferenciación) o en la oficina (digitalización) utilizando aplicaciones de campo de ESRI Inc., ArcGis Collector o ArcGis Field-Maps. Los datos a recopilar están estandarizados y existen listas de valores para algunos campos.

Fase 2 – análisis/edición; Después de recopilar los datos y actualizar la información en la base de datos, los técnicos podrán acceder a una aplicación web (ArcGis WebApp Builder) donde podrán: descargar los datos (en formatos shp y json), editar (corregir o agregar) atributos de datos o editar la geometría.

Fase 3 – difusión; Los Dashboards tienen como objetivo presentar los principales indicadores para la ejecución de las operaciones de campo y resumir información técnica centralizada. Esta disponibilidad de información es importante para tener una visión integral del trabajo realizado en toda la región Norte de Portugal y refuerza la calidad y detalle de la recolección de datos realizada en campo.

CONCLUSIONES

Utilizando la tipología formación-acción, fue posible implementar y adaptar herramientas de campo desarrolladas por los propios participantes para promover la centralización y estandarización de la recolección de datos geográficos en la organización. Esto implicó la identificación de necesidades (fase de diagnóstico), la planificación técnica y tecnológica que implicó conocer la tecnología y su potencial en los procesos de trabajo y las necesidades identificadas (fase de preparación del plan de acción), su ejecución y muchas veces reformulación (fase de implementación del plan de acción) y su difusión (fase de evaluación y difusión) interna (para los usuarios de las nuevas herramientas) y externa (para los agricultores, organismos del MAA, otras organizaciones y ciudadanos en general).

El uso de formadores/consultores y el enfoque en desarrollar trabajos concretos, con la posibilidad de mejorar los procesos de trabajo, con el pleno apoyo de la dirección de la organización y empoderando a los alumnos para decidir sobre los datos y procedimientos para la recopilación, análisis y difusión de los mismos, no había fuertes incentivos para motivar a estos alumnos. Otra cuestión importante es que, a diferen-

cia de la mayoría de las consultorías, en las que parte del conocimiento está fuera de la organización, en la formación-acción, la transferencia de conocimiento y la adaptación a los problemas específicos de la organización aumentan la autonomía de los colaboradores internos en la resolución de problemas identificados y potencian mejoras en situaciones similares en el futuro.

Las mejoras resultantes de este innovador proceso de capacitación incluyen la concentración de la información y la mejora de la calidad de los atributos, permitiendo una visión (geográfica) adecuada y amplia de los resultados del apoyo del MAA y de las políticas agrícolas. Para aumentar la visibilidad y la utilidad interna y externa de los resultados, fue importante la creación de un Portal Geográfico (desarrollado en ArcGis

Sites) para centralizar el acceso y la visualización de la información técnica producida por los distintos flujos de trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen y elogian el papel de la Dirección del DRAP Norte al brindar los medios para la realización del trabajo desarrollado, siendo un factor fundamental y estabilizador en las acciones del grupo de coordinación. Destacamos también la dedicación y disponibilidad de consultores y formadores externos a Esri Portugal en la realización de los trabajos y construcción de soluciones adaptadas a las áreas técnicas.

Sobre los autores

Bruno Leitão

Graduado en Ingeniería Agrícola y Máster en Economía Agraria y Sociología Rural, se doctoró en Tecnología Ambiental por la Universidad de Vigo en 2015. Desde 2017 trabaja en la DRAP Norte donde realiza el seguimiento y ejecución del Programa de Desarrollo Rural, siendo parte del grupo de trabajo de información geográfica, el equipo de seguimiento de la zona vulnerable a nitratos y otros proyectos de esta organización.

José Vieira

Graduado en Ingeniería Agrícola por la Universidad de Trás-os-Montes y Alto Douro — UTAD (1994), Postgrado en Tecnologías de Ingeniería, UTAD (2001) y Maestría en Ingeniería Agrícola, UTAD (2018). Desarrolla su actividad profesional en el área de la Planificación Estratégica, habiendo ocupado el cargo de Director de Servicios de Control y Estadística. Ocupó el cargo de Jefe de División de Planificación, donde destacó la implementación de la Gestión Estratégica en la organización y la Gestión del Cambio a través de la Transición Digital en DRAP Norte, con particular enfoque en Sistemas de Información Geográfica.

José Maria Lima

Licenciado en Ingeniería de Sistemas e Informática por la Universidad de Minho, es Jefe de la División

de Informática y Documentación del DRAP Norte. En 2003, con el proyecto SIGN – Sistema de Información Geográfica para el territorio rural de Galicia – Norte de Portugal, inició un largo y diverso recorrido en los SIG, apostando por la formación y modernización de la organización.

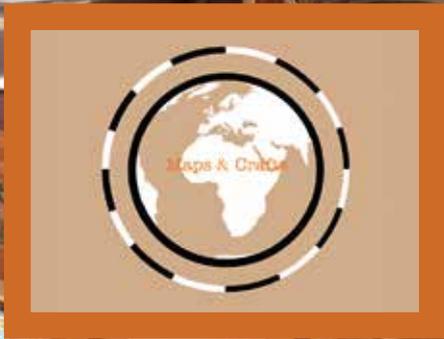
Bela Azevedo

Graduada en Ingeniería Geográfica por la Facultad de Ciencias de la Universidad de Porto, trabaja en la DRAP Norte donde realiza estudio, planificación, programación, evaluación y aplicación de métodos y procesos de carácter técnico y/o científico, en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica y su aplicabilidad al contexto de la organización, realizando otras actividades de carácter general o especializado, a saber, el diseño, estructuración y análisis de bases de datos geográficas; organización y gestión de metadatos y producción de cartografía temática.

Daniela Quino

Graduada en Planificación y Gestión Territorial y Máster en Sistemas de Información Geográfica y Modelización Territorial aplicados a la Planificación por la Universidad de Lisboa. Trabaja en Esri Portugal desde 2017 y forma parte del Departamento de Formación desde 2019. Formadora a tiempo completo en el área de SIG, análisis espacial y análisis de imágenes y más recientemente asumió algunas funciones de gestión de formación.

MAPS & CRAFTS



www.mapsandcrafts.com

info@mapsandcrafts.com

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

Publicación de las API de OGC. Experiencia en el Centro Nacional de Información Geográfica de España

REVISTA **MAPPING**
Vol.32, 214, 42-53
2023
ISSN: 1131-9100

*OGC API publication. Experience in the autonomous
Organization in the National Center for Geographic
Information of Spain*

Cecilia Poyatos Hernández, María José García Rodríguez,
Patricia Perelló Martín de las Mulas, Gloria Andrés Yusá

Resumen

Los nuevos estándares de las API de OGC que se han desarrollado en estos últimos años nos permiten acceder a datos geoespaciales libres y gratuitos a través de Servicios Web de forma más eficiente y sencilla. Estos estándares se basan en el legado de los estándares de los Servicios Web de OGC (WMS, WFS, WCS, WPS, etc.), pero definidos en API centradas en recursos que permiten aprovechar las prácticas modernas de desarrollo web como OpenAPI. El Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) con el propósito de estar a la vanguardia de las nuevas tecnologías y estándares con respecto a los datos abiertos, ha publicado recientemente estos servicios API para los datos disponibles, tanto del Sistema Cartográfico Nacional como del Instituto Geográfico Nacional. Desde marzo de 2022 se está trabajando en las API basadas en los nuevos estándares de OGC, con el objetivo de servir los datos geoespaciales de una manera más sencilla, mejorando la disponibilidad y eliminando las posibles limitaciones de acceso al servicio. El CNIG publicó las direcciones URL según el tipo de servicio de la API de OGC en 2023. Actualmente, se han implementado los estándares API de OGC Features, Maps y Processes y se sigue trabajando en la implementación eficiente de los estándares API de OGC Coverages y Tiles. Se espera que en un futuro cercano estos nuevos servicios puedan sustituir a los anteriores estándares, ofreciendo nuevas funcionalidades y aplicaciones, con la consecuente mejora de la interoperabilidad.

Abstract

The OGC API standards are being developed to provide geospatial data on the web, free and open geospatial data through web services, which are designed to make it easy for anyone. These standards build on the legacy of OGC Web Services standards (WMS, WFS, WCS, WPS, etc.), based on resource APIs that take advantage modern web development practices as the OpenAPI. With the purpose of being at the forefront of new technologies and standards, the API services have been published by the Autonomous Body National Centre for Geographic Information (CNIG) for the data available from both the National Cartographic System and the Spanish National Geographic Institute. This work based on APIs which are the new OGC standards has begun in March 2022, with the aim of providing geospatial data, improved availability and without limitations on access to the service. The Centre for Geographic Information (CNIG) published the URLs by type of OGC API service in 2023. Currently, the OGC API Features, Maps and Processes standards have been implemented and these works continues to improve on the efficient implementation of the OGC API Coverages and Tiles standards. It is expected that these new services will be able to replace previous standards in the near future, providing new functionalities and applications, with improved interoperability.

Palabras clave: API de OGC, OpenAPI, API REST, Restful, Datos geoespaciales, Interoperabilidad, IGN-CNIG, Conjuntos de datos de alto valor

Keywords: OGC API, OpenAPI, API REST, Restful, Geospatial data, Interoperability, IGN-CNIG, High value datasets.

Cecilia Poyatos Hernández
O. A. Centro Nacional de Información Geográfica
cecilia.poyatos@cnig.es
María José García Rodríguez
O. A. Centro Nacional de Información Geográfica
mariaj.garcia@cnig.es
Patricia Perelló Martín de las Mulas
O. A. Centro Nacional de Información Geográfica
patricia.perello@cnig.es

Gloria Andrés Yusá
O. A. Centro Nacional de Información Geográfica
gloria.andres@cnig.es

Recepción 20/11/2023
Aprobación 27/12/2023

INTRODUCCIÓN

Los estándares de la API de Open Geospatial Consortium (OGC)¹ son actualmente los estándares más novedosos para servir datos geospaciales de una manera sencilla a través de un servicio web. Estos estándares se basan en los estándares previos de los servicios web de OGC (WMS, WFS, WCS, WPS, etc.), pero que ahora definen Interfaces de Programación de Aplicaciones (API) centradas en recursos, aprovechando las prácticas modernas de desarrollo web como OpenAPI². Mientras los primeros son ampliamente utilizados por la comunidad de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los nuevos estándares de la API de OGC están destinados a la comunidad «no SIG», como los desarrolladores informáticos. Estos nuevos estándares son más fáciles de usar y están orientados a usuarios con conocimientos en programación, ya que les permiten personalizar las peticiones al servidor para la obtención de los datos geospaciales y realizar sus respectivas aplicaciones.

La capacidad de publicar los datos propios y de interoperar con los datos y los Servicios Web de OGC supuso un cambio radical del paradigma de la ciencia cartográfica, siendo así que la prestación de servicios ha constituido el eje principal de la interoperabilidad de los servicios de información geográfica. Con esa finalidad, se han venido desarrollando y utilizando normas y estándares que aseguran la interoperabilidad entre ellos. A finales de la década de los años 90 del siglo pasado y a principios de los años 2000 surgen los estándares que define el OGC para lograr modelos abiertos e interoperables: OGC WMS (1999), WFS (2002), WCS (2003), WPS (2005).

En aquel momento, muchas herramientas o lenguajes de programación ampliamente utilizados hoy en día en Internet no existían. En 2017 se publican dos documentos fundamentales para la creación de los nuevos estándares: el documento de «Buenas prácticas para publicación de datos espaciales en la Web» publicado por W3C³ y el libro blanco de las API de OGC⁴. A partir de esta fecha, se empieza a trabajar en los estándares API de OGC. El estándar API Features se publica en 2019, API Processes en 2021, y en los últimos años, API Common y API Tiles en 2022. Otro de los factores que ha favorecido la publicación de estos estándares es que, en el momento de publicación de los anteriores, no se podía prever la creciente demanda de información geoespacial desde todo tipo de dispositivos que ha revolu-

cionado el acceso y descarga de la información geoespacial a través de Internet.

Los estándares API de OGC en muchos casos son similares a los anteriores estándares de Servicios Web de OGC, pero representan un salto evolutivo respecto a estos, puesto que se basan en soluciones de arquitectura de las API más modernas, como OpenAPI5, originalmente conocida como la especificación Swagger, que es una especificación para archivos de interfaz legibles por máquina para describir, producir, consumir y visualizar servicios web RESTful. Esto ha permitido la indexación y accesibilidad desde los motores de búsqueda, por ejemplo, mejorando su interoperabilidad con otras partes de la Web. Asimismo, las API de OGC admiten los formatos de datos más recientes (GeoJSON y HTML), lo que permite utilizar los Servicios Web a través de un simple navegador web.

Las API de OGC se utilizan como bloques de construcción, que permiten el desarrollo de API de manera sencilla para utilizar con diferentes datos geospaciales y diferentes propósitos (Figura 1).

Estos estándares se han definido de forma modular, en la que a una parte central part 1- Core se le van añadiendo partes complementarias sucesivas, como tipos de datos o parámetros (ej. bbox, crs, etc.), denominándose cada parte como part X. El estado de desarrollo de estos estándares es diferente según el tipo de API.

Actualmente, los principales tipos de estándares de las API de OGC son:

- La API Features⁶ es un estándar que ofrece la capacidad de descargar, crear, modificar y consultar objetos geográficos en la web.
- La API Maps⁷ que describe una API que puede proporcionar mapas digitales referenciados espacialmente y renderizados dinámicamente.
- La API Coverages⁸ que define una API web para acceder a coberturas que se modelan de acuerdo con el Esquema de Implementación de Cobertura (CIS).
- La API Tiles⁹ que define bloques de construcción para crear API web que admitan la recuperación de información geoespacial como teselas. Admite diferentes formas de información geoespacial, como teselas vectoriales, coberturas, mapas (o imágenes) y otros tipos de información geoespacial.
- La API Processes¹⁰ que define una API web para acce-

¹ <https://ogcapi.ogc.org/>

² <https://www.openapis.org/>

³ W3C Spatial Data on the Web Best Practices. World Wide Web Consortium (W3C). <https://www.w3.org/TR/sdw-bp/>

⁴ OGC® Open Geospatial APIs - White Paper. <https://docs.ogc.org/wp/16-019r4/16-019r4.html>

⁵ <https://www.openapis.org/>

⁶ <https://ogcapi.ogc.org/features/>

⁷ <https://ogcapi.ogc.org/maps/>

⁸ <https://ogcapi.ogc.org/coverages/>

⁹ <https://ogcapi.ogc.org/tiles/>

¹⁰ <https://ogcapi.ogc.org/processes/>

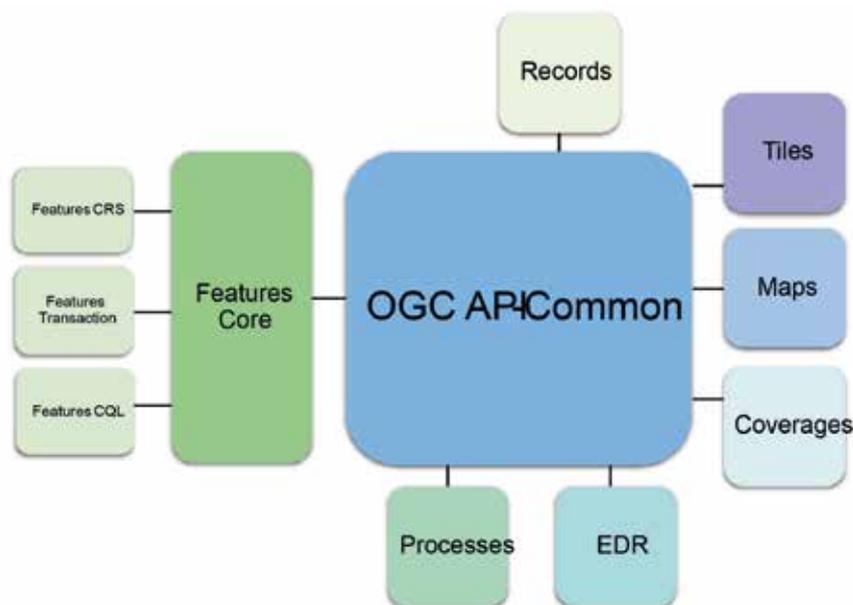


Figura 1. Publicación de las API de OGC en «bloques de construcción».

der a funciones geoespaciales y algoritmos de manera estándar.

Algunas de las API han sido ya aprobadas como estándares oficiales (API Features, API Tiles y API Processes), y otras sin embargo están en desarrollo o como borradores de estándares, pero pronto se convertirán en oficiales. Por tanto, las API de OGC están en continua evolución y sus implementaciones pueden verse modificadas a lo largo del tiempo respecto a lo aquí expuesto.

El Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)¹¹ ha publicado estos servicios API para datos tanto del Sistema Cartográfico Nacional, como del Instituto Geográfico Nacional. En marzo de 2022 se empezó a trabajar en las API basadas en los nuevos estándares OGC, en una búsqueda por mejorar la disponibilidad del dato geoespacial y la sencillez en su obtención. El CNIG publicó sus direcciones URL durante el segundo trimestre de 2023 (apartado OGC API)¹².

Aunque con el tiempo la mayoría de los estándares de las API de OGC sustituirán a los antiguos estándares de los Servicios Web del OGC (WMS, WMTS, WFS...), esto

no ocurrirá en todos los casos. Muchos de ellos coexistirán conjuntamente, con lo cual será posible utilizar los estándares en paralelo, los servicios web y las API, permitiendo a los usuarios elegir el estándar más adecuado para su caso de uso.

2. METODOLOGÍA PARA LA IMPLANTACIÓN DE LAS API DE OGC

En cuanto a la metodología utilizada para la implementación de las API de OGC, se han evaluado diferentes alternativas de software para implementar estas nuevas API a nivel de servidor. Tras la evaluación, la opción elegida ha sido el software pygeoapi¹³.

Pygeoapi es una implementación de servidor Python de los estándares de la API de OGC (Figura 2). El proyecto surgió en 2018 como parte de los esfuerzos realizados por OGC para difundir la utilización de las API y proporcionar a las organizaciones la capacidad de implementar los recursos OGC API RESTful utilizando OpenAPI, GeoJSON y HTML. Es un programa de código abierto y se publica bajo una licencia MIT.

Entre las principales características de pygeoapi podemos mencionar que permite el filtrado de datos por consultas espaciales, temporales o de atributos. Además, la

¹¹ <https://www.ign.es/web/ign/portal/qsm-cnig>

¹² <https://www.idee.es/sequn-tipo-de-servicio>



Figura 2. Programa de implementación pygeoapi.

¹³ <https://pygeoapi.io/>

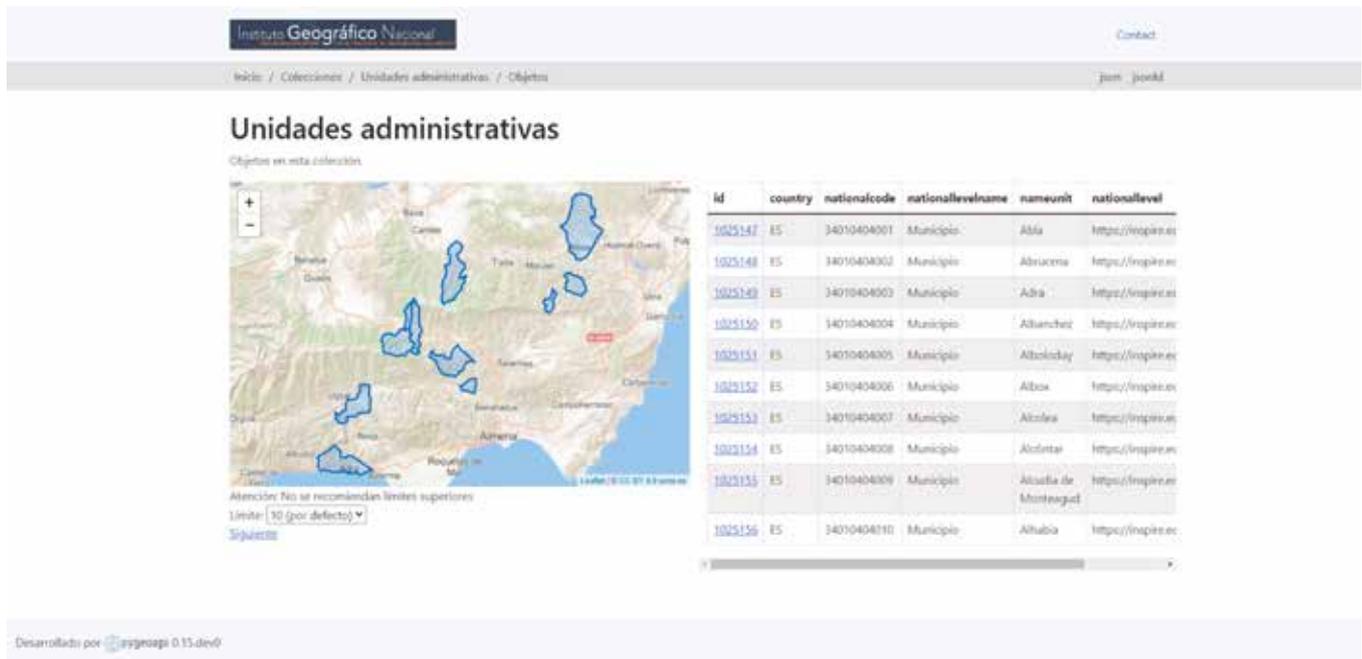


Figura 3. Ejemplo de visualización de la colección de unidades administrativas de API Features.

caja de plugins puede incluir proveedores de datos como rasterio, GDAL/OGR, Elasticsearch y PostgreSQL/PostGIS. Su instalación es sencilla a través de instalación de paquetes de Python (pip) o repositorios de GitHub (git) y su implementación puede realizarse a través de UbuntuGIS o la imagen oficial de Docker. En el CNIG se ha optado por la instalación de la imagen de pygeoapi a través de una implementación sobre Docker, desde el repositorio docker hub¹⁴. Este tipo de instalaciones son escalables y facilitan la portabilidad entre los diferentes entornos.

3. LAS API DE OGC IMPLEMENTADAS POR EL CNIG

Como resultado de los trabajos realizados en el CNIG se han publicado las API de OGC siguientes: API Features, API Maps, API Processes, y en proceso se encuentran las API Coverages y las API Tiles.

3.1. API Features

El servicio de API Features consiste en una API de consulta y descarga de objetos geográficos en formato JSON del Sistema Cartográfico Nacional (SCNE)¹⁵ y del Instituto Geográfico Nacional (IGN)¹⁶.

Actualmente se encuentran totalmente operativas y constan de colecciones de objetos geográficos que ya se publicaban en los servicios WFS del IGN. Una de las novedades con respecto a los WFS es que tienen una página de inicio en la que se muestra la información relativa a esta API Features, y desde la que se accede a las colecciones del servicio¹⁷. En el caso de la API Features del IGN son colecciones procedentes de líneas límite, Nomenclátor Geográfico Básico de España (NGBE) y vértices de las Redes Geodésicas ERGNSS, REDNAP, REGENTE y ROI.

Desde la página de inicio de las API Features del SCNE se tiene acceso a otro juego de colecciones del Sistema Cartográfico Nacional procedentes de Hidrografía, Redes de Transporte, Direcciones postales de CartoCiudad y Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE). Al entrar en cada colección, se pueden examinar de manera sencilla los objetos geográficos (features) que la componen, ya que incorpora un visualizador en el que se sincroniza la representación de los objetos geográficos y su información alfanumérica (Figura 3).

Otra novedad es que no define ninguna codificación como obligatoria, por lo que se puede utilizar HTML o GeoJSON como formatos de descarga, que son formatos más modernos y ligeros que el anterior GML.

La principal ventaja, común a todos los servicios de descarga, es que las aplicaciones pueden simplemente mostrar las entidades vectoriales, o bien procesarlas como parte de un flujo de trabajo y utilizarlas desde el lado del

¹⁴ <https://hub.docker.com/>

¹⁵ <https://api-features.idee.es/>

¹⁶ <https://api-features.ign.es/>

¹⁷ <https://api-features.ign.es/collections?f=html>

cliente. Entre otras aplicaciones del procesado desde el lado de cliente, se permite realizar simbolizaciones complejas, estadísticas, análisis y todo tipo de cálculos una vez descargados los datos.

Estos objetos geográficos se pueden utilizar directamente desde multitud de clientes: programas de escritorio SIG (QGIS¹⁸, FME¹⁹, ArcGIS Pro²⁰ entre otros) y librerías como GDAL²¹ y otras API (OpenLayers²², Leaflet²³, entre otras). Las implementaciones y los casos de uso de estos nuevos estándares aumentan significativamente conforme más organismos publican sus datos en API Features. Por ejemplo, desde la API CNIG²⁴ este tipo de servicios se pueden añadir como una capa más de un visualizador utilizando el plugin layerswitcher²⁵.

A continuación, se muestran algunos ejemplos empleando diferentes formas de realizar peticiones en un navegador HTML:

Petición por bbox (Figura 4):

/collections/{collectionId}/items?bbox=minlon,minlat,-maxlon,maxlat

<https://api-features.ideo.es/collections/aerodromea-rea/items?bbox=-3.7,40.5,-3.4,40.7>

Petición por identificador (Id) (Figura 5):

/collections/{collectionId}/items/{featureId}

<https://api-features.ideo.es/collections/wetland/items/ES040HYWLD50000001553993>

Petición por atributo (Figura 6):

/collections/{collectionId}/items?{propertyname=value}

<https://api-features.ign.es/collections/administrativeunit/items?nationalcode=34172626006>

3.2. API Maps

El servicio API Maps publicado corresponde a un caso de estudio que incorpora las colecciones de los servicios más demandados del Sistema Cartográfico Nacional (SCNE) y del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Desde la página de inicio de la API Maps del SCNE²⁶ se puede acceder a los distintos mapas que publica: Ortoimagen, Callejero, MDT y Cartografía Base del IGN. Mientras que desde la página de inicio de la API Maps del IGN se

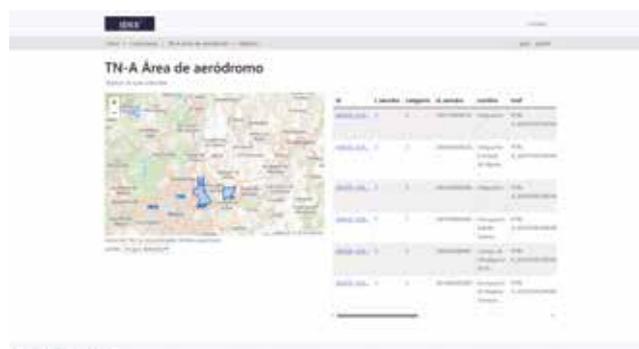


Figura 4. Visualización de la petición de la colección «Área de aeródromo» realizada por un área envolvente (bbox).

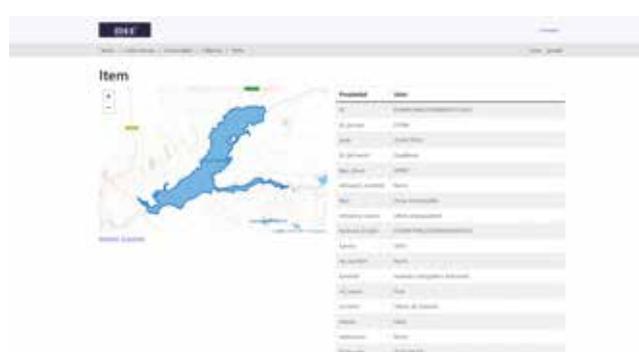


Figura 5. Visualización de la petición de la colección «Humedales» realizada por un identificador (Id).



Figura 6. Visualización de la petición de la colección de «Unidades administrativas» realizada por atributo.

puede acceder a la Cartografía Ráster del IGN²⁷.

Aunque la funcionalidad del estándar no está totalmente implementada, se puede obtener un mapa con una extensión dada mediante peticiones REST. Así, por ejemplo, empleando una función bbox (coordenada x mínima, coordenada y mínima, coordenada x máxima, coordenada y máxima) donde se indica la extensión geográfica, se puede obtener una imagen del mapa con la extensión geográfica solicitada.

Ejemplo de petición de la colección ortoimagen (Figura 7):

<https://api-maps.ideo.es/collections/OI.Ortoimagen>

¹⁸ <https://es.wikipedia.org/wiki/QGIS>

¹⁹ <https://www.safe.com/fme/fme-desktop/>

²⁰ <https://www.esri.com/es-es/arcgis/products/arcgis-pro/overview>

²¹ <https://gdal.org/>

²² <https://openlayers.org/>

²³ <https://leafletjs.com/>

²⁴ <https://plataforma.ideo.es/cnig-api>

²⁵ <https://github.com/IGN-CNIG/API-CNIG/tree/master/api-ign-js/src/plugins/layerswitcher>

²⁶ <https://api-maps.ideo.es/>

²⁷ <https://api-maps.ign.es/>



Figura 7. Ejemplo de petición API Maps con la extensión geográfica `bbox=(-3.9,40.6,-3.7,40.8)` y dimensiones (600 x 600 píxeles).

`geCoverage/map?bbox=-3.9,40.6,-3.7,40.8&width=600&height=600`

3.3 API Processes

El servicio API Processes²⁸ ejecuta funciones y algoritmos, que a partir de datos de entrada, como puede ser información geoespacial ubicada en un servidor, produce nuevos datos de salida. El estándar especifica que se implemente una interfaz de procesado para comunicarse a través de un protocolo RESTful utilizando codificaciones de notación de objetos JavaScript (JSON), que se realiza a través de una API que ejecuta un proceso y devuelve un resultado.

El CNIG ha implementado en el servicio API Processes una serie de operaciones que ha considerado frecuentes en el ámbito geoespacial, como son el cálculo de altitud de puntos, estadísticas simplificadas de altitud, perfil de elevación, área de influencia, transformación de coordenadas, transformación de coordenadas a partir de un fichero GML y conversor de unidades (Tabla 1).

²⁸ <https://api-processes.idee.es/>

²⁹ <https://api-processes.idee.es/processes>

Tabla 1. Operaciones del servicio API Processes publicadas.²⁹

IDENTIFICADOR	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
simplifiedStatistics	Estadísticas simplificadas de altitud	Obtiene la elevación máxima, mínima, la media y la desviación típica para un polígono a partir del MDT05.
getElevation	Altitud de puntos	Obtiene la elevación de uno o varios puntos a partir del MDT05.
bufferElevation	Área de influencia con estadísticas de altitud	Obtiene un área de influencia, creada con un punto y distancia dados. Opcionalmente devuelve como atributos la elevación máxima, mínima, la media y la desviación típica para un a partir del MDT05.
elevationProfile	Perfil de elevación	Obtiene el perfil de elevaciones entre dos o más puntos. Para la obtención de este perfil se crean puntos intermedios. Estos puntos se crean según el parámetro distancia. Se calcula a partir del MDT05.
coordinatesTransform	Transformador de coordenadas	Obtiene las coordenadas transformadas de un punto de un sistema de referencia a otro. Este proceso permite la utilización de cualquier datum.
unitConversion	Conversor de unidades	Convierte de grados decimales a grados, minutos y segundos y viceversa.
coordinatesTransformGML	Transformador de coordenadas a partir de un fichero GML (url o texto)	Obtiene las coordenadas transformadas de un fichero GML (URL o texto) de un sistema de referencia a otro. Este proceso permite la utilización de cualquier datum.

La interfaz de este servicio es autodestructiva, mucho más intuitiva y amigable que la petición GetCapabilities. En cuanto a la funcionalidad, la API Processes aborda todos los casos de uso que se definen en el WPS y aprovecha la especificación OpenAPI, que tiene un enfoque orientado a recursos, permitiendo una mejor integración de esta API en los paquetes de software existentes.

3.4. API Coverages

El servicio API Coverages, cuya implementación por parte del CNIG está todavía en proceso de publicación, define una API web para acceder a coberturas que se modelan de acuerdo con el Esquema de Implementación de Cobertura (CIS) 1.1. Actualmente el estándar se encuentra en borrador.

Para su implementación, se ha realizado un estudio de las diferentes alternativas de software libre que había disponibles. Se ha decidido utilizar pygeoapi por su versatilidad y por garantizar la compatibilidad con los sistemas existentes, a pesar de que en esta versión no se cumplen todos los requisitos obligatorios detallados en el estándar. La versión utilizada para el estudio es la 0.16. dev0.

Ejemplo de petición en formato COG (Figura 8):

`/collections/{collectionId}/coverage?f=COG`

En cuanto a la funcionalidad, el servicio API Coverages de OGC pretende abordar todos los casos de uso del Servicio Web WCS. En cuanto a los datos, en la API Coverages publicada se sirven las mismas coberturas que en los servicios WCS publicados por el O.A CNIG.

Aunque el servicio ofrece la posibilidad de descargar la cobertura completa, hay que tener en cuenta que éste no es el caso de uso para el que se ha creado el estándar, sino más bien para la descarga parcial de la información a través del parámetro subset.

Ejemplo de petición con parámetro subset y formato COG (Figura 9):



Figura 8. Ejemplo de petición de la API Coverages de España en formato COG.

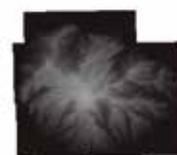


Figura 9. Ejemplo de petición API Coverages con la extensión geográfica `bbox=(-18,28,-17,29)`, en el Sistema de Referencia de Coordenadas `bbox-crs=4258` y formato COG.

`/collections/{collectionId}/coverage?bbox=-18,28,-17,29&bbox-crs=4258&f=COG`

CONCLUSIONES

La interoperabilidad es clave para fomentar las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), plataformas interoperables y distribuidas en la web para la integración de la información geográfica, que están basadas en acuerdos, normas y estándares entre sus miembros. En este sentido, OGC tiene como misión proveer el uso de estándares y tecnologías abiertas en el área de sistemas y tecnologías de la información geográfica y áreas afines. Los nuevos estándares de las API de OGC cumplen con los requisitos de interoperabilidad y de modelo de datos abiertos.

El CNIG ha querido participar en la investigación de las implementaciones de las API de OGC, publicando sus datos en estos nuevos estándares y probando con diferentes softwares libres. La finalidad de este trabajo cumple con un doble objetivo: por un lado, se dan a conocer los nuevos estándares API de OGC y tendencias actuales en interoperabilidad y, por otro lado, se ofrece un servicio de explotación de los datos geoespaciales con los nuevos formatos, mejorando los servicios web de información geográfica con un acceso fácil, ágil y de calidad.

Actualmente, muchos de los estándares API de OGC están en borrador, completamente o en algunas de sus partes, pendientes de aprobación, por lo que próximamente formarán parte de los estándares oficiales y crecerá significativamente la familia de estándares OGC.

Así mismo, algunas de las implementaciones del CNIG descritas en este artículo están aún en desarrollo, por lo que evolucionarán junto con los propios estándares e implementaciones de software.

La renovación de los estándares OGC se ha producido dos décadas después de su aparición, coincidiendo con la revolución de las tecnologías de la información, consiguiendo sinergias y mejoras en el desarrollo de nuevas posibilidades de aplicaciones e implementaciones relacionadas con la información geoespacial. El nuevo paradigma consiste en la integración de las tecnologías de la información y de las Comunicaciones (TIC) a innumerables campos de aplicación relacionados con la componente geoespacial de los datos.

Con la experiencia adquirida, nuestro siguiente paso consiste en el estudio y mejora de estos estándares API de OGC, a partir de la colaboración y el intercambio de experiencias con otros desarrolladores, en lo relativo a su implementación, funcionamiento y mejora frente a los anteriores estándares. En este contexto, aplicando las buenas prácticas para la publicación de datos, contribuimos a que la información geoespacial cumpla con los principios FAIR³⁰ (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable), que se basan en los principios rectores para que los datos sean fáciles de encontrar, accesibles, interoperables y reutilizables.

REFERENCIAS

- Go Fair. (n.d.). Fair Principles. Recuperado el 15 de diciembre de 2023, de <https://www.go-fair.org/fair-principles/>
- Infraestructura de datos Espaciales de España (n.d.) Directorio de servicios. Apartado OGC API. Recuperado el 15 de diciembre de 2023, de <https://www.idee.es/segun-tipo-de-servicio>
- Open Geospatial Consortium. (n.d.). Estándares OGC. Recuperado el 15 de diciembre de 2023, de <https://www.ogc.org/standards/>
- Open Geospatial Consortium. (n.d.). Portal para estándares API de OGC. Recuperado el 15 de diciembre de 2023, de <https://ogcapi.ogc.org/>
- Open Geospatial Consortium. (n.d.). Portal para desarrolladores OGC. Recuperado el 15 de diciembre de 2023, de <https://developer.ogc.org/>
- Open Geospatial Consortium. (n.d.). Location Building Blocks. Recuperado el 15 de diciembre de 2023, de <https://opengeospatial.github.io/bblocks/>

³⁰ <https://www.go-fair.org/fair-principles/>

Sobre las autoras

Cecilia Poyatos Hernández

Ingeniera en Geodesia y Cartografía e Ingeniera Técnica en Topografía por la Universitat Politècnica de València (UPV). Ha cursado el Máster en Gestión de SIG en la Universitat de Girona. Tras trabajar en el sector público empresarial en el ámbito del medio ambiente, en 2020 ingresa en el Cuerpo de Ingenieros Topógrafos del Estado, en 2022 en el Cuerpo de Ingenieros Geógrafos. Desarrolla sus funciones en el Centro Nacional de Información Geográfica en el Área de Infraestructura de Información Geográfica en servicios de visualización, OGC, WMS, WMTS, servicios de vector tile.

María José García Rodríguez

Doctora en Ciencia y Tecnología de la Ingeniería Geodésica y Cartográfica por la Universidad de Alcalá (UAH, 2009), Ingeniera en Geodesia y Cartografía (UAH) e Ingeniera Técnica en Topografía por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Ha desarrollado su experiencia profesional tanto en el sector público como en el privado en el ámbito de la consultoría y gestión de proyectos geomáticos. Ha impartido docencia en Universidades públicas y privadas (2010-2013). Ingresó de funcionaria de carrera en el Cuerpo de Ingenieros Topógrafos (2020) y en el Cuerpo de Ingenieros Geógrafos (2022). Actualmente desarrolla sus funciones en el Centro Nacional de Información Geográfica en el Área de Infraestructura de Información Geográfica en los proyectos de desarrollo y mantenimiento de Servicios Web y API de OGC.

Patricia Perelló Martín de las Mulas

Graduada en Geomática por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Máster en Building Information Modeling (BIM). Tras trabajar en la empresa privada ingresó en el Cuerpo de Ingenieros Topógrafos del Estado en 2021 donde forma parte del equipo del Área de Infraestructuras de la Información Geográfica dentro del Centro Nacional de Información Geográfica participando en los proyectos de desarrollo y mantenimiento de servicios web de visualización, de descarga y API de OGC.

Gloria Andrés Yusá

Ingeniera en Geodesia y Cartografía e Ingeniera Técnica en Topografía. Pertenece al Cuerpo de Ingenieros Topógrafos del Estado. Desarrolla sus funciones en el Centro Nacional de Información Geográfica en el Área de Infraestructura de Información Geográfica en los proyectos de desarrollo y mantenimiento de servicios web.

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 plan-

tila «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.
- **Currículum:** 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 ficheros 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 <https://.revistamapping.com> en el apartado «OJS», o mediante correo electrónico a info@revistamapping.com. El formato de los ficheros 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 2023 (6 números por año) Prices year 2023 (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 2023 (6 números por año) en formato DIGITAL y enviado por correo electrónico / Prices year 2023 (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

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

MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
O. A. CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

www.ign.es

cartografía digital



CENTRO DE DESCARGAS DE DATOS
<https://centrodedescargas.cnig.es>

Base Cartográfica Numérica (BCN 1000, 200, 50, 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.

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@cnig.es



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD
Y AGENDA URBANA

INSTITUTO
GEOGRÁFICO
NACIONAL

