

# Geografía, cambio global y sostenibilidad. Comunicaciones del XXVII Congreso de la Asociación Española de Geografía

**Tomo IV  
Innovación e inteligencia  
territorial**





# Geografía, cambio global y sostenibilidad. Comunicaciones del XXVII Congreso de la Asociación Española de Geografía

**Tomo IV  
Innovación e inteligencia  
territorial**

Título: Geografía, cambio global y sostenibilidad. Comunicaciones del XXVII Congreso de la Asociación Española de Geografía. Tomo II. Territorio, desigualdad y enfermedades

Ubicación y desarrollo del congreso: Ciudad de San Cristóbal de La Laguna (Tenerife), del 14 al 17 de diciembre de 2021

Edición: Asociación Española de Geografía, AGE y Departamento de Geografía e Historia de la Universidad de La Laguna

Editor: José-León García Rodríguez

Coordinadores: María del Carmen Díaz Rodríguez, Amalia Yanes Luque, Abel López Díez, Jaime Díaz Pacheco, Javier Dóniz Páez, Moisés Simancas Cruz, Israel García Cruz y Vicente M. Zapata Hernández

© De los autores

<https://xxviicongresodegeografia.es>

Financiación: Área de Desarrollo Sostenible y Lucha Contra el Cambio Climático del Cabildo Insular de Tenerife

Diseño y maquetación: Javier Cabrera DG

DOI: <http://doi.org/10.25145/c.27.Asociacion.Geografia.2021.15>

ISBN: 978-84-123678-8-1

# Índice de comunicaciones

## Tomo IV

### Innovación e inteligencia territorial

#### 4.1 Nuevas fuentes de información, big data y entornos cloud

(COM_1269_41) ESTUDIO DE LA DINÁMICA POBLACIONAL URBANA DURANTE LA PANDEMIA DE LA COVID-19 EN BASE A DATOS DE TELEFONÍA MÓVIL: EL CASO DE MADRID Gustavo Romanillos Arroyo, Juan Carlos García Palomares, Borja Moya Gómez y Javier Gutiérrez Puebla	7
(COM_1275_41) PATRIMONIO Y TURISMO EN LA ERA DEL BIG DATA. ANÁLISIS DE LA PRÁCTICA DE TURISMO CULTURAL CHINO EN CATALUÑA Xinge Liao, Francesco Xavier Roigé Ventura y Dolores Sánchez Aguilera	23
(COM_1290_41) MODELOS DE LOCALIZACIÓN ÓPTIMA UTILIZANDO REDES DINÁMICAS A PARTIR DE FICHEROS GTFS Y DATOS DE TOMTOM Onel Antonio Pérez Fernández y Juan Carlos García Palomares	33
(COM_1317_41) APROXIMACIÓN BIBLIOMÉTRICA AL ANÁLISIS DE LA DIFUSIÓN DE INNOVACIONES EN LA AGRICULTURA: PRODUCCIÓN CIENTÍFICA, REDES DE COOPERACIÓN Y ESCUELAS Rafael Mesa Manzano y Javier Esparcia Pérez	55
(RES_COM_1396) DESARROLLO DE UN MODELO GEOGRÁFICO DE ALTA RESOLUCIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN ENTORNOS URBANOS E INDUSTRIALES. ANÁLISIS DE RESULTADOS E IDONEIDAD DE LAS FUENTES DE DATOS Javier Domínguez Bravo y Ana María Martín Ávila	71
(COM_1440_41) DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES PARA ORDENACIÓN ESPACIAL MARÍTIMA EN LA MACARONESIA Alejandro García Mendoza, Andrej Abramic, Yaiza Fernandez-Palacios y Ricardo Haroun	89
(COM_1480_41) DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES PARA LA ORDENACIÓN ESPACIAL MARINA EN LA MACARONESIA Alejandro García Mendoza, Andrej Abramic, Yaiza Fernandez-Palacios y Ricardo Haroun	99
(COM_1504_41) LA VALIDEZ DE LOS CUESTIONARIOS ONLINE: APLICACIÓN AL ANÁLISIS DE LAS EXPECTATIVAS A VIAJAR DE LOS TURISTAS DURANTE EL CONFINAMIENTO GENERADO POR LA COVID-19 Moisés Simancas Cruz, María Pilar Peñarrubia, Danielle Pimentel y Claudia Ribeiro de Almeida	111

#### 4.2 Innovaciones técnicas para el estudio, la enseñanza, la planificación y la gestión del territorio

(COM_1338_42) TELEDETECCIÓN Y GIS ORIENTADO AL DISEÑO DE UN MODELO DE CARTOGRAFÍA AMBIENTAL (RESERVA NATURAL ESPECIAL DEL CHINYERO, TENERIFE) Víctor Manuel Romeo Jiménez, Miguel Ángel Mejías Vera y Jesús Santiago Notario del Pino	129
--	-----

(COM_1370_42) MODELADO PREDICTIVO DE LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS EN ANDALUCÍA (ESPAÑA) MEDIANTE MACHINE LEARNING Y ALGORITMOS DE SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS	145
Aarón Cárdenas Martínez, Víctor F. Rodríguez-Galiano y María Paula Mendes	
(COM_1381_41) INTRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA MARINA EN LAS ISLAS CANARIAS	161
Andrej Abramic, Alejandro García Mendoza, Yaiza Fernández-Palacios y Ricardo Haroun Tabraue	
(COM_1441_42) INDIMAR®, HERRAMIENTA WEB DE SOPORTE A LA TOMA DE DECISIONES EN ORDENACIÓN ESPACIAL MARINA DEL PROYECTO PLASMAR	171
Alejandro García Mendoza, Andrej Abramic, Yaiza Fernández-Palacios y Ricardo Haroun. I.U. ECOAQUA - ULPGC	
(COM_1446_42) APLICACIONES DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS EN RECUELTOS PEATONALES. EXPLORANDO NUEVOS MÉTODOS Y POTENCIALES EN SANTIAGO DE CHILE	181
Daniel Parra Ovalle, Oriol Marquet y Carme Miralles-Guasch	
(COM_1491_42) FORMACIÓN DIGITAL EN COMPETENCIAS GEOESPACIALES: EL PROYECTO MY-GEO	181
Rafael de Miguel González, María Sebastián López y Ondrej Kratochvil	
(COM_1496_42) LA APLICACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA DETECCIÓN PRECOZ DE DEPÓSITOS DE RESIDUOS EN CANARIAS	217
José Julio Rodrigo, Daniel Acosta Hernández, Airam Amador González, Ana Brito Botín, Juan Jorge Rosales, Juan Manuel Poveda, Susana Díaz Vásquez, Estela Goretti González Hernández y Ángel Rafael Fariña Chinae	
(COM_1510_42) GEO-SCENEMAP: EL USO DE IMÁGENES DIGITALES CON HERRAMIENTAS DE GEOLOCALIZACIÓN PARA FAVORECER LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	235
Paloma Hueso González, Belén Zayas Fernández, Sergio Reyes Corredera y Juan F. Martínez Murillo	

### **4.3 Inteligencia territorial, innovación social y desarrollo económico**

(COM_1429_43) LA INNOVACIÓN E INTELIGENCIA TERRITORIAL EN LA VITICULTURA DE LAS COMARCAS DEL VINALOPÓ (ALICANTE) EN EL CONTEXTO DEL PROYECTO AVALEM TERRITORI	251
Juan López-Jiménez y Antonio Martínez Puche	

### **4.4 Sociedad de la información, globalización, geopolítica y ciberespacio**

(COM_1267_44) ¿UN EUROMAIDÁN EN BELARÚS? ANÁLISIS DE SUS FRONTERAS OCULTAS Y LA REVOLUCIÓN BLANCA DE 2020 EN EL CONTEXTO DE LA ZONA GRIS EUROPEA	267
Miguel Borja Bernabé-Crespo	

# ESTUDIO DE LA DINÁMICA POBLACIONAL URBANA DURANTE LA PANDEMIA DE LA COVID-19 EN BASE A DATOS DE TELEFONÍA MÓVIL: EL CASO DE MADRID

## STUDY OF URBAN POPULATION DYNAMICS DURING THE COVID-19 PANDEMIC USING MOBILE PHONE DATA: THE CASE OF MADRID

---

Gustavo Romanillos Arroyo

Grupo de investigación tGIS-Transporte, Infraestructuras y Territorio, Departamento de Geografía (Universidad Complutense de Madrid), [gustavro@ucm.es](mailto:gustavro@ucm.es)

---

Juan Carlos García Palomares

Grupo de investigación tGIS-Transporte, Infraestructuras y Territorio, Departamento de Geografía (Universidad Complutense de Madrid), [jcgarcia@ucm.es](mailto:jcgarcia@ucm.es)

---

Borja Moya-Gómez

Grupo de investigación tGIS-Transporte, Infraestructuras y Territorio, Departamento de Geografía (Universidad Complutense de Madrid), [bmoyagomez@ucm.es](mailto:bmoyagomez@ucm.es)

---

Javier Gutiérrez Puebla

Grupo de investigación tGIS-Transporte, Infraestructuras y Territorio, Departamento de Geografía (Universidad Complutense de Madrid), [javiergutierrez@ghis.ucm.es](mailto:javiergutierrez@ghis.ucm.es)

---

### Resumen

En esta comunicación se analiza el impacto en la dinámica diaria del área metropolitana de Madrid del Estado de Alarma decretado durante la pandemia de COVID19 en 2020, usando datos anonimizados de telefonía móvil. El estudio analiza una semana de referencia previa y varias semanas en las que se adoptaron diferentes restricciones. En estas semanas se obtienen perfiles de presencia a lo largo del día para cada tipo de usos del suelo. Además, se lleva a cabo un análisis de regresión múltiple para conocer la influencia de los distintos usos del suelo en la presencia de población. Los resultados muestran como en la semana de referencia las áreas de actividad incrementan la población en cada una de las franjas horarias del día y las residenciales la reducen. Sin embargo, durante el Estado de Alarma, las zonas de actividad dejan de atraer población por el día y las áreas residenciales dejan de perderla. Solo actividades básicas (como las comerciales), u otras que necesitan de la presencia de trabajadores (industriales o logísticas) mantuvieron algo de actividad en durante el Estado de Alarma.

**Palabras clave:** COVID-19, dinámicas espacio-temporales, datos de telefonía móvil, usos del suelo, geografía urbana.

## Abstract

This contribution uses anonymous mobile phone data to study the impact of the Spanish lockdown on the daily dynamics of the Madrid metropolitan area (Spain). The analysis has been carried out for a reference week prior to the lockdown and during several weeks of the lockdown in which different restrictions were in place. During these weeks, presence profiles are obtained throughout the day for each type of land use. In addition, a multiple regression analysis is carried out to determine the impact of the different land uses on the local population. The results in the reference week, pre-COVID-19, show how the population in activity areas increases in each time slot on a specific day and how in residential areas it decreases. However, during the lockdown, activity areas cease to attract population during the day and the residential areas therefore no longer show a decrease. Only basic essential commercial activities, or others that require the presence of workers (industrial or logistics) maintain some activity during lockdown.

**Keywords:** COVID-19, spatio-temporal demographics, mobile phone data, urban geography.

## 1. INTRODUCCIÓN

Diferentes pandemias han alterado el ritmo de las ciudades, incluso en años no muy lejanos (Hanson, 2006, 232). Sin embargo, ninguna ha impactado tanto al modo de vivir moderno como la pandemia de la COVID-19. El cambio fue radical, en especial en las primeras fases de la pandemia, con la adopción de las medidas más severas y el confinamiento, que supuso el cierre de la mayor parte de las actividades y el cambio en los hábitos de realización de las actividades más básicas. Las ciudades, sin previo aviso, se vieron obligadas a ralentizarse, reducir e incluso parar gran parte de su actividad durante meses. Conocer cómo la pandemia transformó la dinámica urbana y cuáles fueron las pautas de esa dinámica en las fases tanto de confinamiento como de las restricciones posteriores es fundamental para la toma futura de decisiones, para la formulación de medidas, para la evaluación de la efectividad de las medidas de prevención y control de la expansión de la pandemia y para entender la resiliencia de la ciudad a estas medidas de contención de pandemias extremas.

El Big Data proporciona una información espacial y temporal extraordinaria a la hora de evaluar las medidas para prevenir y controlar la expansión de la pandemia (Zhou et al, 2020). Entre las fuentes Big Data más utilizadas destacan los registros anonimizados de telefonía móvil. Los registros de actividad de cada usuario permiten conocer sus trayectorias espacio-temporales, diferenciando entre las horas de permanencia en un mismo lugar y los desplazamientos entre zonas de permanencia (viajes). Es posible analizar la distribución de los individuos a lo largo del día. Esta información es crucial para analizar y modelizar la difusión de la enfermedad.

Efectivamente, son bien conocidas las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías de geolocalización para estudiar la movilidad de la población y la posible difusión de las enfermedades contagiosas (Sirkeci y Yucesahin, 2020, Ferretti et al.,

2020). Sin embargo, los datos de telefonía móvil habían sido poco utilizados en la investigación epidemiológica, pero se ha demostrado su enorme potencial durante la pandemia generada con la COVID-19 (ver, por ejemplo, la revisión de trabajos realizada por Oliver et al., 2020).

El objetivo de esta comunicación es estudiar el impacto de la pandemia en la dinámica de la ciudad a lo largo del día y su relación espacial con los usos del suelo. Este aspecto no se ha tratado con profundidad hasta el momento en la literatura previa. Usando información procedente de telefonía móvil se calcula la presencia de población en cada área del área metropolitana de Madrid a lo largo del día. Esta distribución diaria de la población es analizada para una semana habitual, tomando de referencia el periodo entre el 14 y 20 de febrero de 2020, y comparada después con las distribuciones diarias en las semanas del periodo de confinamiento de la población decretado por el estado de alarma en España. Durante este periodo de confinamiento analizamos además los efectos de las diferentes fases, donde se han ido endureciendo o aliviando las medidas de restricción de la movilidad de la población y la apertura de las diferentes actividades.

Para analizar la dinámica urbana, se han cruzado los datos de telefonía con la distribución de usos del suelo en el interior de cada una de las zonas de transporte. Se han obtenido perfiles horarios típicos de actividad para cada uno de los usos del suelo y calculado modelos de regresión múltiple (OLS) para cuatro grandes momentos temporales (mañana, mediodía, tarde y noche). La metodología usada es similar a la usada en García-Palomares et al (2018), donde se analizaba la dinámica urbana a través de la actividad de Twitter en cada zona de Madrid, pero en este caso aplicada a los escenarios impuestos por el confinamiento y las medidas de contención de la COVID-19. Los análisis realizados muestran el grado de actividad a lo largo del día que han mantenido cada tipo de uso del suelo según el grado de las restricciones impuestas.

Una versión ampliada de este trabajo se encuentra en proceso de publicación en la revista *Applied Geography*.

## 2. AREA DE ESTUDIO

La selección del área metropolitana de Madrid como caso de estudio tiene un interés especial, dado el alto impacto que ha tenido la enfermedad. España ha sido uno de los países más afectados por la pandemia, con tasas de casos confirmados y defunciones situadas entre las más altas del mundo. Además, fue una de las primeras zonas afectadas en Europa, en establecer un confinamiento en Europa y ha tenido además diversas fases en la aplicación de las medidas, que permiten evaluar el impacto de diferentes tipos de medidas y servir de referencia en la evaluación de dichas actuaciones.

El área de estudio seleccionada está formada por los municipios de la *Morphological Urban Area* (MUA) de Madrid definida por ESPON (2014). En el área de estudio residen algo más de 5,7 millones de personas según el padrón de 2019, y su población se incrementa hasta casi 5,9 millones de personas en las horas de la mañana por el balance de viajes generados/atraídos desde el exterior.

En cuanto al marco temporal, la investigación analiza el impacto de la pandemia COVID-19 en la distribución de la población del área de estudio a lo largo de 6 semanas (23 marzo - 10 de mayo, excepto Semana Santa). En estas semanas el Gobierno de España tuvo activado el Estado de Alarma anterior a la adopción del Plan de Transición a la Nueva Normalidad. Fueron las semanas de mayores restricciones, con diversas medidas de regulación de las actividades. Adicionalmente, el análisis se extiende a la semana del 14-20 de febrero de 2020, tomada como semana de referencia (Wo), representativa de la distribución de la población en una semana normal, previa a la pandemia. El análisis por semanas permite estudiar el impacto de las distintas medidas decretadas por el gobierno sobre la movilidad y el grado de confinamiento de la población.

Para entender los resultados obtenidos, es necesario definir las fases del *lock-down* decretado por el Gobierno de España y las medidas más importantes establecidas en cada una de ellas (Tabla 1). La Tabla 2 muestra las fechas de las semanas de estudio, relacionándolas con las fases y medidas definidas en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Fases, fechas y medidas decretadas por el Gobierno de España durante el primer estado de alarma en 2020

Fases	Fechas	Resumen de medidas
Declaración de Estado de Alarma	14-28 marzo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suspensión de las clases presenciales en todos los centros educativos.</li> <li>- Prohibición de circular por las calles, excepto para: Comprar alimentos o medicamentos, acudir a centros sanitarios, ir o volver del lugar de trabajo, ir a bancos o empresas de seguros, cuidar a mayores o niños.</li> <li>- Cierre de la mayor parte de locales, tiendas y comercios. Excepciones: Tiendas de alimentación, farmacias, centros médicos, gasolineras, y otros.</li> <li>- Cierre de museos, bibliotecas y lugares de ocio o deporte.</li> <li>- Se mantiene el servicio de transporte público, con medidas excepcionales según el servicio concreto.</li> </ul>
Prórroga del Estado de Alarma 1	29 marzo - 12 abril	<p>Es la fase de mayor restricción de actividades. A las medidas de la Declaración de Estado de alarma, se suman:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suspensión de la actividad laboral presencial no esencial. Se consideran actividades esenciales: la sanidad, distribución de alimentos y combustibles, servicios públicos de mantenimiento, limpieza y recogida de residuos, seguridad del estado, correos, servicios fúnebres, medios de comunicación y otros.</li> </ul>
Prórroga del Estado de Alarma 2	13 - 26 abril	<p>Medidas en relación a las definidas en la fase anterior:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se permite de nuevo el desplazamiento al lugar de trabajo de aquellas actividades no esenciales para las que no sea posible implementar medidas de teletrabajo.</li> <li>- Se permite la circulación de vehículos particulares para la realización de las actividades permitidas.</li> </ul>
Prórroga del Estado de Alarma 3	27 abril - 10 mayo	<p>Medidas en relación a las definidas en la fase anterior:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los menores de 14 años, podrán salir a la calle acompañados, una hora al día y a menos de un kilómetro de casa.</li> <li>- Las definidas por el Plan de Transición a la Nueva Normalidad.</li> </ul>
Plan de Transición a la Nueva Normalidad: Desescalada - Fase 0	2 - 10 mayo	<p>Con fecha 28 de abril se establece un Plan de Transición a la Nueva Normalidad compuesto de 4 fases. El 2 de mayo Madrid entra en la Fase 0 del plan, permitiendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Salida de menores, actividad deportiva individual sin contacto y paseo, 1 vez al día y en horario regulado.</li> <li>- Apertura de establecimientos con cita previa para la atención individual de los clientes.</li> </ul>

**Tabla 2.** Semanas de estudio, fechas y correspondencia con las fases del Estado de Alarma

Semana de estudio	Fechas	Fase correspondiente
W0	14-20 febrero	Semana de referencia. Actividad habitual previa a la COVID-19, anterior al estado de alarma
W1	23-29 marzo	Segunda semana tras la Declaración del Estado de Alarma
W2	30 marzo - 5 abril	Primera semana Prórroga del Estado de Alarma 1
W3	13-19 abril	Primera semana Prórroga del Estado de Alarma 2
W4	20-26 abril	Segunda semana Prórroga del Estado de Alarma 2
W5	27 abril - 3 mayo	Primera semana Prórroga del Estado de Alarma 3
W6	4-10 mayo	Segunda semana Prórroga del Estado de Alarma 3 y primera semana del Plan de Transición a la Nueva Normalidad: Fase 0

En todos los análisis se muestran los resultados para la semana de referencia (W0). Por razones de espacio, en algunas ocasiones se muestran solo los resultados para las semanas W1, W2, W4 y W6, que reflejan bien el comportamiento en las diferentes fases del Estado de Alarma. En otros casos la comparación se hace entre la semana de referencia (W0) y la semana de mayores restricciones (W2).

### 3. DATOS Y MÉTODOS

#### 3.1 Datos y preprocesos

A continuación, se describen los conjuntos de datos sobre los que se basa el presente estudio:

1. **Datos de movilidad.** En primer lugar, se ha trabajado con datos de movilidad obtenidos a partir del procesamiento de datos de telefonía móvil, proporcionado una compañía que tiene un acuerdo de suministro de datos con Orange España, que es la fuente de datos original. Orange es actualmente el segundo mayor operador de redes móviles de España, con una cuota de mercado de alrededor del 27%, que incluye diferentes grupos de población socioeconómica. La muestra puede considerarse representativa de toda la población española. Los datos brutos que posee la empresa consisten en un conjunto de registros (CDR) anonimizados, que se producen cada vez que el teléfono móvil interactúa con la red, ya sea a través de una llamada de voz, un mensaje de texto o una conexión de datos a Internet, así como la información de cambios de antenas. Los datos del teléfono móvil utilizados para el estudio no proporcionaron la ubicación exacta de los usuarios, sino la ubicación de la antena a la que estaban conectados durante su interacción con la red. Para producir las matrices de origen-destino analizadas en este estudio, los CDR se han agregado espacialmente a nivel de Zonas de Transporte. Los datos de telefonía móvil se han usado en forma de matrices origen-destino

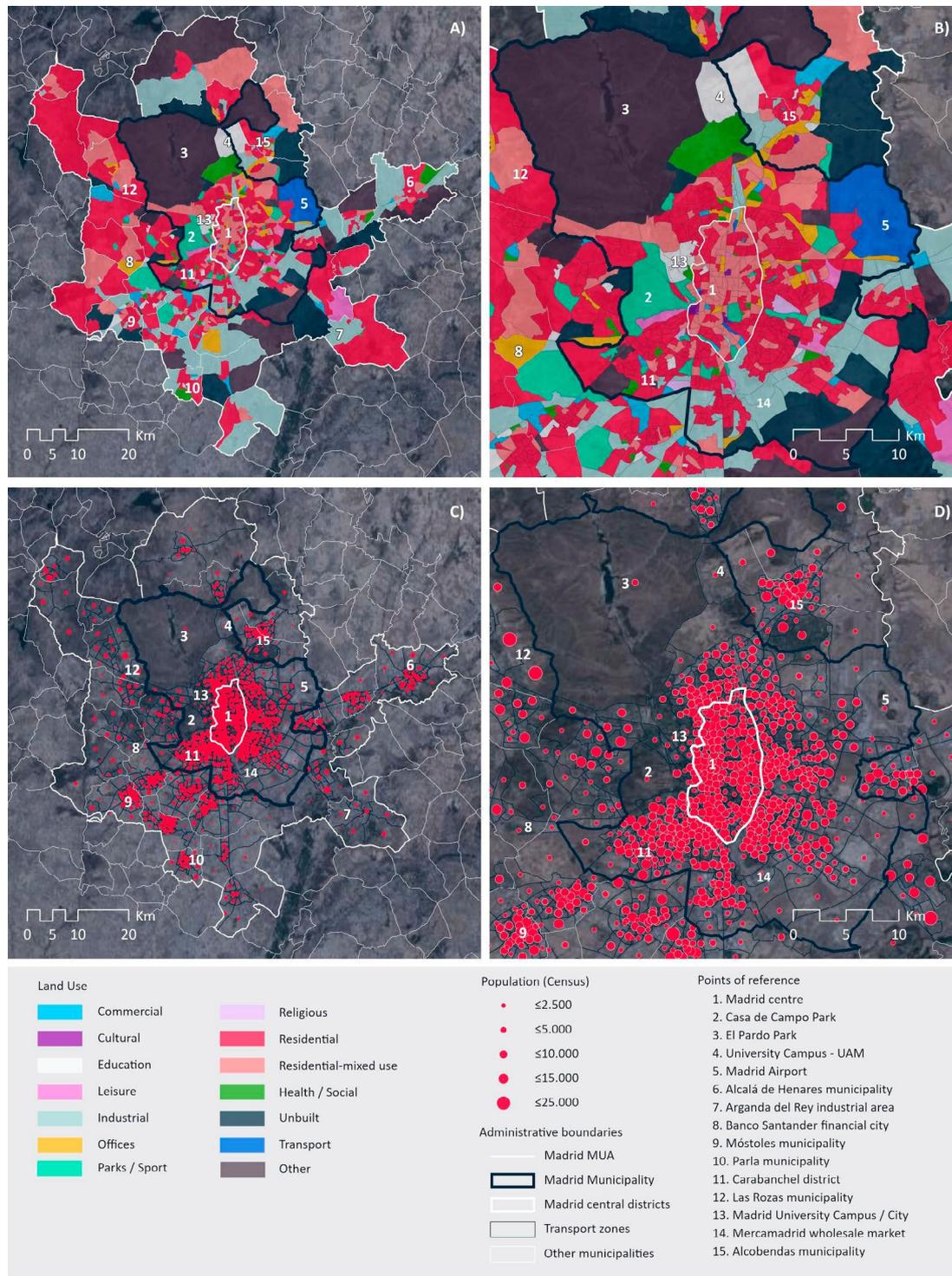
expandidas para el conjunto de la población, en las que se recogen los viajes de pares O-D en los que se ha observado algún viaje de más de 500 m, con cambio de torre de telefonía móvil, siempre y cuando se haya permanecido en la zona de transporte de destino más de 30 minutos. Además, los datos han sido procesados para discriminar los viajes realizados de manera recurrente por potenciales profesionales del transporte, i.e. aquellos que realizan más de 6 viajes al día y recorren una distancia superior de 50 km, de los realizados por el resto de viajeros.

Para este estudio, se han usado las matrices en las que se estiman los viajes entre las 1,259 zonas de transporte definidas para la Comunidad de Madrid, además de 51 zonas externas que hacen referencia al resto de provincias de España, para cada hora de inicio del viaje y cada uno de los 7 días de la semana en cada semana del estudio. Con esos datos se ha calculado la presencia de población cada hora del día en las 1,062 zonas del área de estudio.

Esta misma fuente de datos ha sido usada con una escala de agregación mayor en el estudio de movilidad durante el Estado de Alarma realizado para el Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana del Gobierno de España por company holding a data provision agreement with Orange Spain, y presentada al gran público en dashboard (estudio “Análisis de la movilidad en España durante el Estado de Alarma” <https://www.mitma.gob.es/ministerio/covid-19/evolucion-movilidad-big-data>), mostrando los datos agregados por provincia y por grandes municipios.

2. **Datos de usos del suelo.** Datos de uso del suelo ofrecidos por la Dirección General de Catastro en España (Catastro), por entidad edificada del área de estudio. La base de datos define la superficie (m<sup>2</sup>) de cada uno de los usos del suelo. Estos datos son actualizados cada 6 meses y el conjunto de datos usado corresponde a la actualización del 24 enero 2020. La Figura 1 representa las zonas de transporte del área de estudio de acuerdo con esta clasificación de usos del suelo predominantes.
3. **Datos de Población.** Datos del Padrón del año 2019 a nivel de sección censal, obtenidos a partir del Instituto Nacional de Estadística. Los datos se han agregado a nivel de zona de transporte, manteniendo la misma unidad espacial que los datos de telefonía móvil. La Figura 1 muestra la distribución de la población, según el Padrón, en el área de estudio.
4. **Delimitaciones territoriales.** La delimitación de MUA de Madrid ha sido obtenida del ESPON DATABASE project. Para este estudio se han considerado sólo los municipios pertenecientes a la Comunidad de Madrid. Las zonas de transporte definidas en Madrid han sido obtenidas en el Portal de Datos Abiertos del Consorcio de Transportes de la Comunidad de Madrid (<https://data-crtm.opendata.arcgis.com>).
5. **Datos sobre fases y medidas del Estado de Alarma.** Proviene de los Reales Decretos del Ministerio de la Presidencia del Gobierno de España publicados en el Boletín Oficial del Estado.

**Figura 1.** Usos del suelo (Figuras 1.A y 1.B) y distribución de la población (Figuras 2.A y 2.B), para la semana de referencia en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos descritos en la "Sección 3. Datos y métodos"

### 3.2 Métodos

La distribución de la población en el área de estudio varía a lo largo del día como consecuencia de la realización de distintas actividades. Para su análisis, se calculó el número de personas presentes en cada zona de transporte para cada hora y semana a partir de las matrices O-D.

Con esas distribuciones se realizó una primera exploración de los datos se realizó a través de una video-visualización, que representa la evolución de la densidad de población (personas/km<sup>2</sup>) para cada franja horaria en la semana de referencia (W<sub>0</sub>) y la semana de mayores restricciones (W<sub>2</sub>). Las dos semanas se muestran simultáneamente y de acuerdo a una misma simbología, de manera que se pueda realizar una comparación visual. Adicionalmente, el video incorpora un gráfico animado que permite visualizar, para cada semana, la evolución de la población en cada tipo de área urbana de acuerdo a la clasificación básica de uso de suelo predominante que establecimos: suelo residencial, residencial mixto y de actividad.

A partir de este primer análisis visual se realizaron dos tipos de análisis. Por un lado, un análisis de los perfiles temporales de la presencia de población según el uso del suelo dominante en cada zona de transporte. Por otro, un análisis de regresión múltiple para conocer la influencia de los distintos usos del suelo en la presencia de población según grandes franjas horarias y las distintas semanas consideradas.

## 4. RESULTADOS

El análisis visual de la variación en la distribución espacial de la población de acuerdo con las franjas horarias en las semanas W<sub>0</sub> y W<sub>2</sub> mediante la video-visualización ofrece una lectura muy clara del impacto de las medidas de restricción a la movilidad y a la realización actividades establecidas con el decreto del Estado de Alarma. Durante la semana de mayores restricciones (W<sub>2</sub>) las variaciones de población respecto a la distribución en la noche son mínimas, como también se muestra en el gráfico animado que representa la evolución de la población en cada tipo de área urbana de acuerdo a la clasificación básica de uso de suelo predominante: suelo residencial, residencial mixto y de actividad. No obstante, una exploración visual más detallada revela cambios más significativos en áreas concretas de la ciudad, donde la actividad decae de manera particularmente dramática (por ejemplo en áreas educativas, financieras o de oficinas) o donde se mantiene con niveles destacados (algunas áreas de logística o sanitarias). Los mapas animados localizan e identifican algunas de estas áreas de interés para la lectura comparativa de los resultados. La Figura 2 muestra una captura de pantalla de la visualización de video.

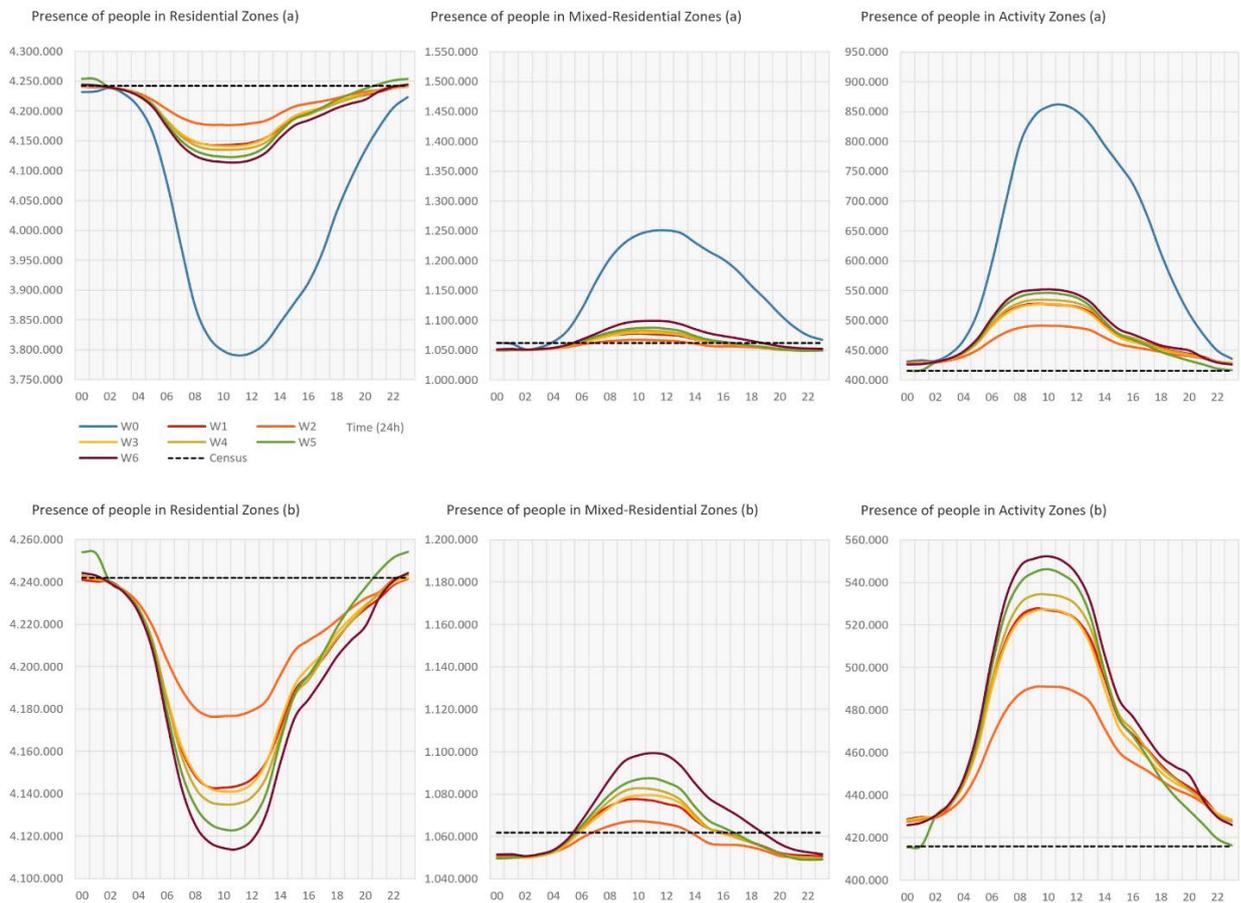
**Figura 2.** Captura de pantalla de la visualización de video que representa la variación de la densidad de población según horas para la semana de referencia (W0) y la semana de mayores restricciones (W2)



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos descritos en la "Sección 3. Datos y métodos".

Los perfiles temporales según grandes tipos de usos del suelo y su comportamiento durante las semanas de la pandemia son muy diferentes a la semana de referencia (W0) (Figura 3). En la semana W0, la salida de población de las áreas residenciales no compensa las llegadas, y estos espacios pierden más de 425.000 personas durante las horas de la mañana y más de 340.000 a mediodía. Las áreas de actividad muestran un perfil opuesto, con ganancias muy importantes en la mañana (casi 410.000 personas) hasta alcanzar el pico a las 11 de la mañana y caer durante la tarde (+310.000). Las áreas mixtas tienen una situación intermedia, con saldo positivos tanto en la mañana como en la tarde, pero con menos intensidad y también menor caída en la tarde. Sin embargo, durante la pandemia las tres curvas han tendido a aplanarse, reduciéndose significativamente tanto los saldos negativos de los espacios residenciales como los positivos de los mixtos y actividad. Los datos muestran además la evolución de las diferentes fases, con una curva más aplanada en la primera y sobre todo la semana de mayores restricciones (W2). Con el cierre de las actividades no esenciales, en la semana W2 los saldos se redujeron en hasta un 85% en los espacios residenciales en la mañana (pasaron a perder apenas 63.000 personas), en un 90% en la tarde en la mañana (con pérdidas de tan solo 34.000), hasta llegar a ser nulas en la noche. Estos balances se reproducen de forma inversa en los espacios mixtos y de actividades. Con el alivio de las restricciones, las curvas de los perfiles y los balances se han ido recuperando, aunque todavía en la última de las semanas (W6), los espacios de actividad tenían un saldo positivo que representaba apenas un 28% del habitual (W0).

**Figura 3.** Perfiles de distribución de la población a lo largo del día durante las semanas de estudio (W1-W6), incluyendo la semana de referencia W0 (a) y sin ella (b).

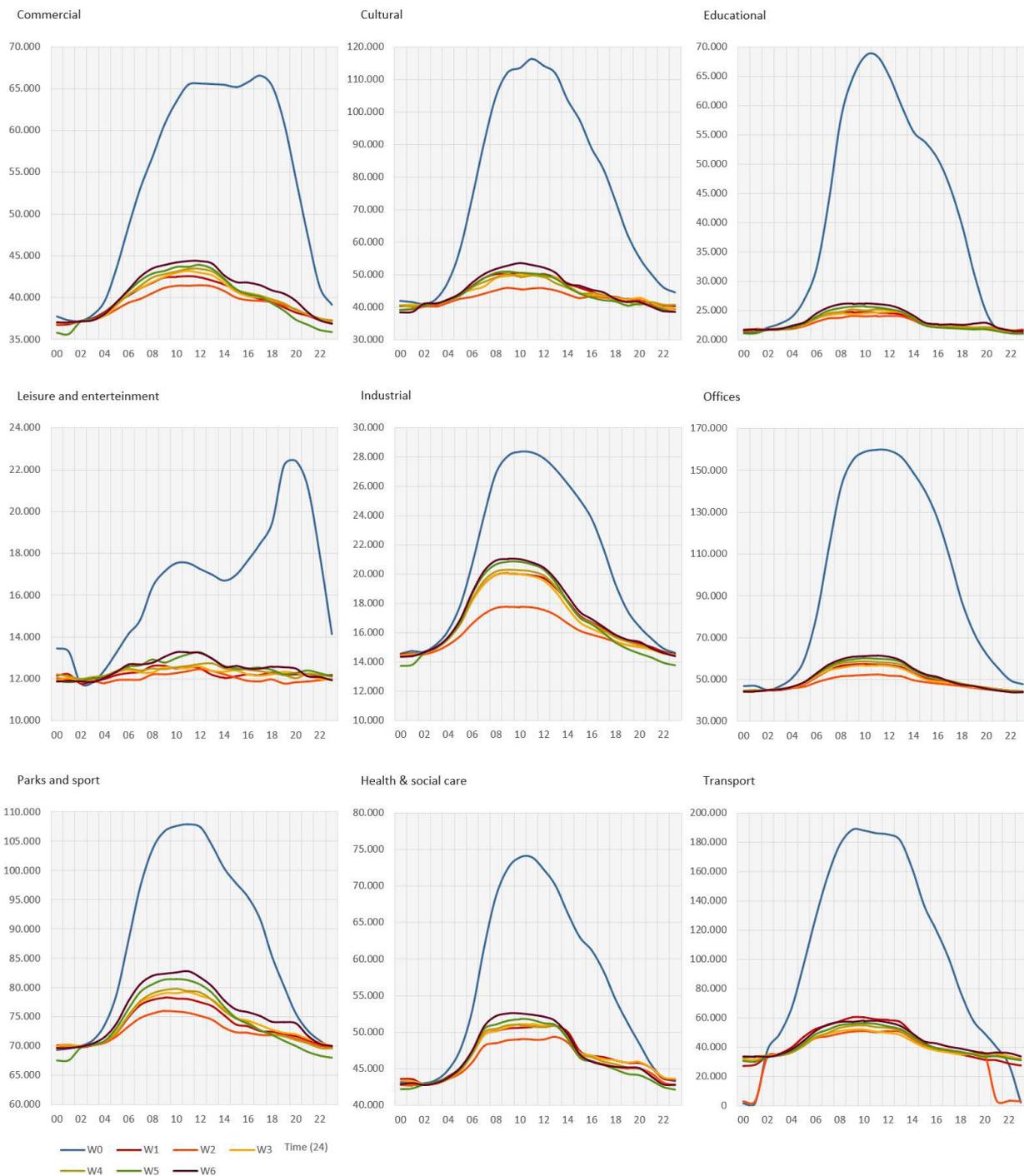


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos descritos en la "Sección 3. Datos y métodos".

La distribución temporal de la población en las áreas de actividad muestra perfiles diferentes y tienen también distintos comportamientos durante las semanas de estudio según las características de su actividad (Figura 4). Durante la semana de referencia (W0), las curvas de actividades como las de oficinas o industriales son muy similares. Sin embargo su comportamiento es diferente en el periodo de la pandemia. Los trabajadores de oficinas han podido implementar en mayor medida el teletrabajo, de manera que la presencia de población en estos espacios se ha reducido muy significativamente, hasta prácticamente aplanar los perfiles. Sin embargo, en las actividades industriales la presencia de trabajadores es más necesaria, por lo que los perfiles mantienen una curva más pronunciada. Es notable además como en el espacio industrial hay una mayor diferencia en los perfiles de la semana (W2) y el resto de semanas de la pandemia, reflejo del cierre de la actividad industrial no esencial durante este periodo. Entre el resto de las actividades vemos como las grandes infraestructuras de transporte (aeropuerto y estaciones ferroviarias), las áreas educativas o las sanitarias se activan especialmente en la mañana, mientras las áreas comerciales se activan algo más en la tarde, y los espectáculos en la noche. Sin embargo, todas las áreas han

aplanado significativamente sus curvas, especialmente en actividades que han cerrado por completo, como las educativas y los espectáculos, y en menor medida las comerciales, transporte y sanitarias (Figura 4).

**Figura 4.** Distribución de la población a lo largo del día en las distintas zonas de actividad durante las semanas de estudio (W0-W6)



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos descritos en la "Sección 3. Datos y métodos".

Los resultados de los modelos de regresión OLS obtenidos para las distintas franjas horarias (tabla 1 y 2) muestran la estrecha relación entre la distribución espacial del uso del suelo y la población en todas las franjas horarias. Los coeficientes de determinación ajustados fueron muy similares y próximos al 0.7 en todas las franjas horarias y semanas. En ninguno de los modelos ha aparecido problemas de colinealidad entre las variables explicativas (valores de VIF menores a 2 y tolerancia superior a 0.6 en todos los casos).

**Tabla 3.** Modelos de regresión en la semana de referencia (WO)

	Mañana		Mediodía		Tarde		Noche	
	B	Beta	B	Beta	B	Beta	B	Beta
(Constante)	1663,2**		1643,8**		1834,2**		1864,2**	
Residencial [Ha]	110,6**	0,697	113,7**	0,725	118,1**	0,744	119,8**	0,737
Oficinas [Ha]	77,8**	0,122	47,3**	0,90	-46,5**	-0,087	-78,8**	-0,144
Industrial [Ha]	19,2**	0,069	11,3**	0,041				
Comercial [Ha]	111,6**	0,117	125,8**	0,133	125,4**	0,131	83,9**	0,086
Educativo [Ha]	125,2**	0,083	74,2**	0,50			-70,0**	-0,045
Cultural [Ha]	143,9**	0,075	104,1**	0,055				
Transportes [Ha]	218,1**	0,058	139,6**	0,037				
Sanidad [Ha]							-49,9*	-0,029
Parques y deportivo [Ha]					-2,5*	-0,029	-4,0*	-0,044
Otros [Ha]	80,2**	0,122	71,9**	0,111	69,9**	0,106	69,8**	0,104
Distancia Km	-29,7**	-0,072	-22,8**	-0,056	-12,9*	-0,031		
No. Observaciones	1062		1062		1062		1062	
R2	0,674		0,690		0,694		0,686	
Adj. R2	0,671		0,688		0,692		0,684	

\*\* Significación al nivel 0.05; \* Significación al nivel 0.10.

Tomando como referencia los modelos obtenidos para las distribuciones de población en una semana de referencia Wo todas las variables tienen los signos esperados (Tabla 3). Durante la mañana, las zonas residenciales y de actividad tienen signos positivos (tienden a concentrar población) y la distancia al centro de Madrid tiene signo negativo (mayor intensidad de uso en los espacios centrales). Los coeficientes más altos corresponden a variables como transporte, cultura, educación y comercio, donde se realiza un uso muy intensivo del suelo (concentran mucha población por unidad de superficie), mientras fueron mucho menores en actividades como las oficinas y, sobre todo, los suelos industriales. A lo largo del día los coeficientes del uso residencial crecen, siendo los valores más elevados en la noche. Mientras, los coeficientes decrecen entre mañana y mediodía en todas las actividades, salvo en las comerciales, con valores más elevados en la tarde. En la tarde y la noche variables como oficinas y parques tienen signos negativos, y también presentan este signo negativo los usos educativo y sanitario durante la noche. Esto tiene que ver con la alta mezcla

de usos en la ciudad y el peso de las zonas residenciales mixtas, de manera que en estas zonas de mezcla de usos la presencia de actividades resta presencia potencial de población a estas zonas mayoritariamente residenciales. Finalmente, el coeficiente de la variable distancia al centro de la ciudad baja a lo largo del día y deja de ser significativo en durante la noche, mostrando el gradiente centro-periferia de actividad, dado que en la periferia el peso del uso residencial es mayor que en el centro.

Los modelos de regresión obtenidos para las semanas del Estado de Alarma muestran coeficientes y signos similares en todas las franjas horarias, pero con algunos matices (Tablas 4 y 5). En general, con la población confinada en sus hogares y numerosas actividades cerradas, las ecuaciones tienden a reproducir la situación de la noche de la semana de referencia en todas las franjas horarias. El suelo residencial tiene coeficientes similares en todas las semanas y todas las franjas horarias, con un valor similar a la noche en la semana W0. Las actividades comerciales, que han mantenido un nivel de actividad básico, también presentan signos positivos en todas las semanas. Sin embargo, sus valores son inferiores a los de la noche en una semana habitual, incluso en la mañana, y descienden a lo largo del día. El suelo de oficina, educativo y parques, que han sufrido un cierre mayor tienen también signos y valores que reproducen la noche de la semana de referencia. Únicamente el suelo industrial ha mantenido signos positivos en la mañana. Finalmente, la variable distancia al centro aparece con significación también exclusivamente en la mañana y con un coeficiente muy inferior al de una semana habitual.

**Tabla 4: Modelos de regresión durante las semanas del confinamiento (Mañana y mediodía)**

	Mañana				Tarde			
	B - W1	B - W2	B - W4	B - W6	B - W1	B - W2	B - W4	B - W6
(Constante)	1928,1**	1865,8**	1912,5**	1876,5*	1860,4**	1868,0**	1847,9**	1818,2**
Residencial [Ha]	120,5**	118,2**	121,0**	121,2*	119,2**	119,4**	119,5**	119,9**
Oficinas [Ha]	-63,8**	-68,5**	-62,5**	-57,8**	-70,2**	-75,6**	-69,8**	-66,6**
Industrial [Ha]	14,2**		15,3**	17,1**				
Comercial [Ha]	81,1**	81,3**	82,1**	86,0**	79,2**	77,7**	80,1**	82,9**
Educativo [Ha]	-51,1**	-58,1**	-49,2**	-44,1**	-63,9**	-65,8**	-63,5**	-61,1**
Cultural [Ha]								
Transportes [Ha]								
Sanidad [Ha]								
Parques y deportivo [Ha]	-2,8*	-3,1**	-2,6**		-3,5**	-3,6**	-3,3**	-2,9*
Otros [Ha]	61,5**	65,7**	61,8**	65,0**	63,3**	64,3**	63,3**	64,4**
Distancia Km	-12,7*		-13,3**	-14,8**				
No. Observaciones	1062	1062	1062	1062	1062	1062	1062	1062
R2	0,692	0,683	0,699	0,703	0,684	0,682	0,687	0,695
Adj. R2	0,689	0,681	0,695	0,701	0,682	0,68	0,686	0,693

\*\* Significación al nivel 0.05; \* Significación al nivel 0.10.

Las distintas fases seguidas en el confinamiento introducen también matices reseñables en las ecuaciones. En la semana de mayores restricciones (W2), los coeficientes negativos de actividades como oficinas, educativos o parques, son más elevados, y descienden a medida que las restricciones se fueron levantando. La actividad industrial, cerrada en buena parte también durante esa semana W2, y el papel de la distancia al centro dejan de tener significación también en la mañana, mientras se recuperan en las semanas con menores restricciones (W4 y W6).

**Tabla 5.** Modelos de regresión durante las semanas del confinamiento (tarde y noche)

	Tarde				Noche			
	B - W1	B - W2						
(Constante)	1876,6*	1877,3*	1876,6*	1877,3*	1876,6*	1877,3*	1876,6*	1877,3*
Residencial [Ha]	119,7*	120,0*	119,7*	120,0*	119,7*	120,0*	119,7*	120,0*
Oficinas [Ha]	-80,0*	-80,9*	-80,0*	-80,9*	-80,0*	-80,9*	-80,0*	-80,9*
Industrial [Ha]								
Comercial [Ha]	75,5*	75,0*	75,5*	75,0*	75,5*	75,0*	75,5*	75,0*
Educativo [Ha]	-68,0*	-68,8*	-68,0*	-68,8*	-68,0*	-68,8*	-68,0*	-68,8*
Cultural [Ha]								
Transportes [Ha]								
Sanidad [Ha]								
Parques y deportivo [Ha]	-3,8*	-3,9*	-3,8*	-3,9*	-3,8*	-3,9*	-3,8*	-3,9*
Otros [Ha]	64,4*	63,8*	64,4*	63,8*	64,4*	63,8*	64,4*	63,8*
Distancia Km								
No. Observaciones	1062	1062	1062	1062	1062	1062	1062	1062
R2	0,679	0,679	0,679	0,679	0,679	0,679	0,679	0,679
Adj. R2	0,677	0,677	0,677	0,677	0,677	0,677	0,677	0,677

\*\* Significación al nivel 0.05; \* Significación al nivel 0.10.

## 5. CONCLUSIONES

La expansión de la pandemia COVID-19 supuso un cambio radical en la dinámica urbana y la distribución de la población en relación con los usos del suelo a lo largo del día durante el periodo de alarma, que en parte se ha mantenido después durante las sucesivas olas y nuevas fases con restricciones. Las medidas impuestas para el control de la expansión del virus, suponen el cierre total o parcial de muchas de las actividades urbanas, con repercusiones directas sobre la actividad de las personas y su distribución a lo largo del día en la ciudad. Conocer las claves de la dinámica urbana durante las fases y las restricciones impuestas es fundamental para su gestión y un elemento clave para actuaciones de contención ante posibles rebotes o segundas olas.

Para analizar el impacto de las medidas tomadas en la dinámica urbana y la intensidad de la recuperación en las distintas zonas de la ciudad tras el levantamiento de las restricciones, los datos de telefonía móvil proporcionan una información con gran potencial. En esta comunicación hemos aprovechado el alto nivel de detalle temporal de los datos de telefonía y los hemos cruzado con información de usos del suelo con un gran nivel de desagregación espacial y temática, lo que nos ha permitido conocer cómo las restricciones impuestas cambian el perfil temporal de uso de la ciudad, impactando de forma diferente según los tipos de actividades presentes en unas áreas u otras.

Los análisis realizados aportan una información útil para la gestión de la pandemia y la planificación posterior a la recuperación de la misma. En primer lugar, porque hacen posible mejorar nuestro conocimiento sobre la dinámica urbana durante cada una de las fases de confinamiento y el grado de restricción a la movilidad de la población. Los cambios en la presencia de la población en función de las restricciones a la movilidad contribuyen a valorar el grado de seguimiento de las medidas. En segundo lugar, ayudan a conocer en qué espacios y actividades se concentra una mayor presencia de población durante las semanas con restricciones y según el levantamiento de estas. Ello tiene interés para identificar las áreas de la ciudad, las actividades y los grupos de población asociados a ellas, que mantienen actividad y, en consecuencia, un riesgo mayor a la transmisión del virus. Además, una vez levantadas las restricciones, estos análisis van a mostrar el ritmo en la recuperación de la ciudad y las diferentes velocidades de recuperación de cada una de las actividades urbanas.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- ESPON (2014). ESPON 2013 Database Dictionary of Spatial Unites [WWW Document]. URL [http://database.espon.eu/db2/jsf/DicoSpatialUnits/DicoSpatialUnits\\_onehtml/index.html](http://database.espon.eu/db2/jsf/DicoSpatialUnits/DicoSpatialUnits_onehtml/index.html) (accessed 5.20.20).
- FERRETTI, L., WYMANT, C., KENDALL, M., ZHAO, L., NURTAY, A., ABELER-DÖRNER, L., ... & FRASER, C. (2020). Quantifying SARS-CoV-2 transmission suggests epidemic control with digital contact tracing. *Science*, 368 (6491). DOI: 10.1126/science.abb6936
- GARCÍA-PALOMARES, J.C., SALAS-OLMEDO, M.H., MOYA-GÓMEZ, B., CONDEÇO-MELHORADO, A., AND GUTIÉRREZ, J. (2018). City dynamics through Twitter: Relationships between land use and spatiotemporal demographics. *Cities*, 72(B), 310-319. DOI: 10.1016/j.cities.2017.09.007
- HANSON, S. (2006). Imagine. *Journal of Transport Geography*, 3(14), 232-233. DOI:10.1016/J.JTRANGE0.2006.02.007
- OLIVER, N., LEPRI, B., STERLY, H., LAMBIOTTE, R., DELETAILE, S., DE NADAI, M., ... & COLIZZA, V. (2020B). Mobile phone data for informing public health actions across the COVID-19 pandemic life cycle. *Science Advances*, 6 (23). eabc0764. DOI: 10.1126/sciadv.abc0764
- SIRKECI, I., & YUCESAHIN, M. M. (2020). Coronavirus and Migration: Analysis of Human Mobility and the Spread of Covid-19. *Migration Letters*, 17(2), 379-398. DOI: 10.33182/ml.v17i2.935
- ZHOU, C., SU, F., PEI, T., ZHANG, A., DU, Y., LUO, B., ... & SONG, C. (2020). COVID-19: Challenges to GIS with big data. *Geography and Sustainability*. 1(1), 77-87. DOI: 10.1016/j.geosus.2020.03.005

## AGRADECIMIENTOS

Esta comunicación ha contado con financiación del Ministerio de Ciencia e Innovación de España y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (Proyecto DynMobility, RTI2018-098402-B-I00) y de la Comunidad de Madrid (Red de investigación INN-JOBMAD-CM (H2019 / HUM-5761).

# PATRIMONIO Y TURISMO EN LA ERA DEL BIG DATA. ANÁLISIS DE LA PRÁCTICAS DE TURISMO CULTURAL CHINO EN CATALUÑA

## HERITAGE AND TOURISM IN THE ERA OF BIG DATA - ANALYSIS OF CHINESE CULTURAL TOURISM IN CATALONIA

---

Xinge Liao<sup>1</sup>, Francesc Xavier Roigé Ventura<sup>1</sup>, Dolores Sánchez Aguilera<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universitat de Barcelona, [isabel.liaoxg@gmail.com](mailto:isabel.liaoxg@gmail.com), 0000-0001-8844-9651

---

### Resumen

Con el desarrollo de Internet, el estudio del comportamiento turístico se ha expandido rápidamente del mercado físico tradicional al mercado en línea. Los datos en Internet se caracterizan por cambios dinámicos y aparecen nuevos datos en todo momento.

El estudio se centrará las prácticas de los turistas de patrimonio cultural en el contexto de Big Data. Se planteará una investigación centrada en explorar las características y el comportamiento de los turistas chinos con relación al patrimonio cultural de Catalunya. Se estudiará la información geográfica, la imagen de destino, las percepciones en los contenidos generados por usuario a través del análisis de datos de Weibo. Weibo es las redes sociales del blog más grande de China. A través del análisis del comportamiento de los turistas de patrimonio en el entorno de Big Data, este estudio se comprenderá las prácticas (actividades, motivaciones, percepciones) de los turistas culturales, y luego comprender las necesidades y preferencias de los turistas, a fin de guiar mejor el desarrollo sostenible del turismo en los sitios del patrimonio.

**Palabras clave:** Big Data, patrimonio cultural, comportamiento de turistas, mercado turístico chino, Cataluña, Barcelona

### Abstract

With the development of the Internet, the study of tourism behavior has rapidly expanded from the traditional physical market to the online market. Data on the Internet is characterized by dynamic changes and new data appears all the time.

The study will focus on cultural heritage tourist practices in the context of Big Data. Research will be focused on exploring the characteristics and behavior of Chinese tourists in relation to the cultural heritage of Catalonia. Geographical information, destination image, perceptions in user-generated content will be studied through data analysis from Weibo - the largest social networks of blog in China. Through the analysis of the behavior of heritage tourists in the Big Data environment, this

study will understand the practices (activities, motivations, perceptions) of cultural tourists, and then understand the needs and preferences of tourists, in order to better guide the sustainable development of tourism in heritage sites.

**Keywords:** Big Data, cultural heritage, tourists behavior, Chinese tourism market, Catalonia, Barcelona

## 1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo pretende explorar la interrelación entre patrimonio y turismo a partir del análisis del comportamiento y percepciones del turismo cultural chino en Barcelona, a partir de indicaciones procedentes del uso de las redes sociales y del Big Data. El objetivo es analizar los comportamientos y percepciones de los usuarios chinos sobre los destinos de patrimonio cultural de Cataluña, a través del análisis de textos en los contenidos generados por usuarios.

## 2. METODOLOGÍA

Contenido generado por usuario sobre turismo en Barcelona en Weibo se selecciona como material de origen de datos. Weibo ocupa el primer lugar en varios índices de redes sociales en China, con una gran base de usuarios, actualizaciones frecuentes y rápida difusión. Este trabajo recogió más de 70.000 registrados y todos los datos fueron clasificados por tiempo y atribución. En el proceso de clasificación y procesamiento de datos, Excel y otros programas se utilizan principalmente para completarlo. Después de eso, a través del modelo LDA (Latent Dirichlet allocation), se descubren los puntos de atención concentrados en la información del texto y sus palabras características relacionadas. Se utilizará el método del modelo LDA para explorar la imagen promocional, la imagen de expectativa y la imagen percibida de Barcelona en las redes sociales chinas.

## 3. LA REFERENCIA DE DESTINOS DE PATRIMONIO CULTURAL DE BARCELONA EN LAS REDES SOCIALES CHINAS: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

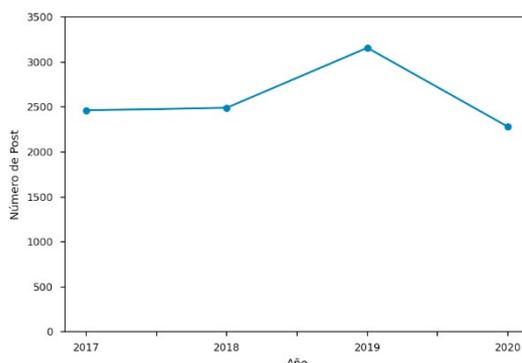
### 3.1. Nivel de concentración de Barcelona en las redes sociales chinas y cambios interanuales, mensuales y estacionales

A juzgar por los datos recopilados de Weibo, hay un total de 42.116 datos válidos de 2017 a 2020, que son los posts que mencionan "Turismo de Barcelona" o cuatro atracciones de patrimonio cultural de Barcelona.

En primer lugar, en los datos efectivos recogidos de 2017 a 2020, hay 10.423 posts que mencionan la palabra "Barcelona". Según el año, hay 2.464 posts en 2017, 2.492 en 2018, 3.159 en 2019 y 2.281 en 2020. Desde un punto de vista numérico, existen evidentes tendencias y diferencias en el grado de concentración en estos cuatro años. De 2017 a

2019, el número de posts ha aumentado año tras año. Aunque el aumento no es grande, la brecha entre 2017 y 2019 es de 695, la tendencia general está aumentando. En 2019, alcanzó el valor más alto entre 4 años. De 2019 a 2020, la cantidad de posts se redujo en 878. El número en 2020 se ha reducido a menos de 2.400, que es el más bajo en 4 años.

**Figura 1.** Número de post mencionado a 'Barcelona' (2017 - 2020)

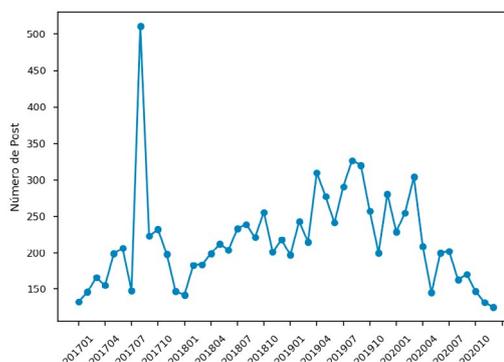


Fuente: Elaboración propia a partir de datos recogidos de Weibo Search

El mercado de turistas chinos tiene un enorme potencial de desarrollo para Cataluña. En los últimos años, la oficina de Turismo de Cataluña ha tomado determinadas medidas para atraer turistas chinos. Por otro lado, debido a la mejora del nivel económico de los turistas chinos, el número de turistas emisores también ha ido aumentando los últimos años. Por lo tanto, en función de la situación real, los datos recopilados reflejan bien el aumento de la atención de los turistas chinos a Barcelona de 2016 a 2019.

En los datos recopilados de 2017 a 2020, el promedio mensual de posts que menciona la palabra "Barcelona" es 216,6. Después de recopilar estadísticas sobre los posts para cada mes, encontramos que la concentración mensual de Barcelona en la red social no formaba una clara tendencia al alza o a la baja. Sin embargo, podemos ver que los cambios mensuales de concentración en los destinos turísticos se ven muy afectados por noticias o hotspots.

**Figura 2.** Número de post mencionado a 'Barcelona' (cada mes 2017 - 2020)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos recogidos de Weibo Search

La cantidad máxima fue agosto de 2017 y hubo 511 registros. Porque el 17 de agosto de 2017 se produjo un atentado terrorista cerca de la Plaza Catalunya de Barcelona. Esta noticia se difunde por todo el mundo. Había noticias sobre ataques terroristas en las redes sociales, y los internautas provocaron muchas discusiones.

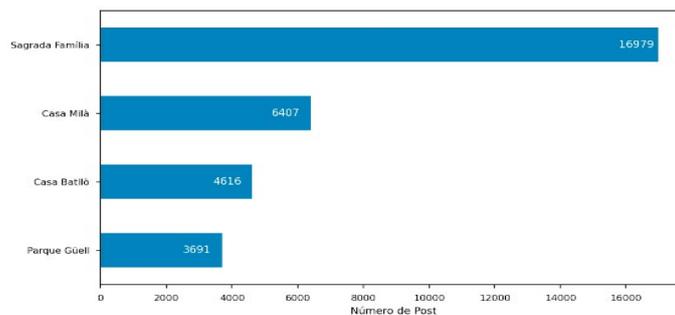
Alcanzó dos pequeños picos en agosto y septiembre de 2019, la cantidad son 327 y 320 posts. Después de verificar, hubo hotspot en septiembre de 2019: el 3 de septiembre, se inauguró la 8a Cumbre de Turismo, y la Cumbre publicó el “Informe sobre el desarrollo de la ciudad turística mundial” (2019). Los diez primeros rankings completos del Ranking Mundial de Desarrollo de Ciudades Turísticas de 2019 son: Nueva York, Tokio, Londres, París, Pekín, Dubái, Hong Kong, Seúl, Shanghái, Barcelona. El pico en agosto de 2019 no tuvo ningún impacto obvio de noticia. Especulamos que el motivo del pico es que el verano es la temporada alta para que los turistas chinos viajen a Barcelona. Por lo tanto, podemos ver que la concentración mensual de Weibo en Barcelona se ve muy afectada por las noticias o hotspots, así como por los meses de temporada alta de turismo.

### 3.2 Nivel de concentración de cuatro sitios de patrimonio cultural de Barcelona en las redes sociales chinas y cambios interanuales, mensuales y estacionales

Como se ha mencionado antes, recopilamos un total de 42.116 datos válidos de 2017 a 2020, que son los posts que mencionan “Turismo de Barcelona” o cuatro atracciones de patrimonio cultural de Barcelona. Los cuatro patrimonios culturales son: Casa Milá, Sagrada Familia, Casa Batlló y Parque Güell.

El siguiente gráfico muestra el número de registrados de 2017 a 2020 para los cuatro destinos de patrimonio cultural de Barcelona. Entre ellos, el número de posts que mencionan la Sagrada Familia es el mayor, ocupando una ventaja absoluta, con un total de 16.979, superando con creces a los otros tres sitios de patrimonio cultural. La cantidad es más del doble que la de Casa Milà, que ocupa el segundo lugar. Demuestra que la Sagrada Familia tiene un alto grado de atención entre los turistas chinos, y se ha convertido en un edificio simbólico de Barcelona a los ojos de los turistas chinos. El segundo lugar es Casa Milà, con 6.407 publicaciones en Weibo en 4 años. Su concentración entre los turistas chinos incluso supera a la más famosa Casa Batlló y al Parque Güell. Hay 4.616 registrados de la Casa Batlló y 3.691 del Parque Güell.

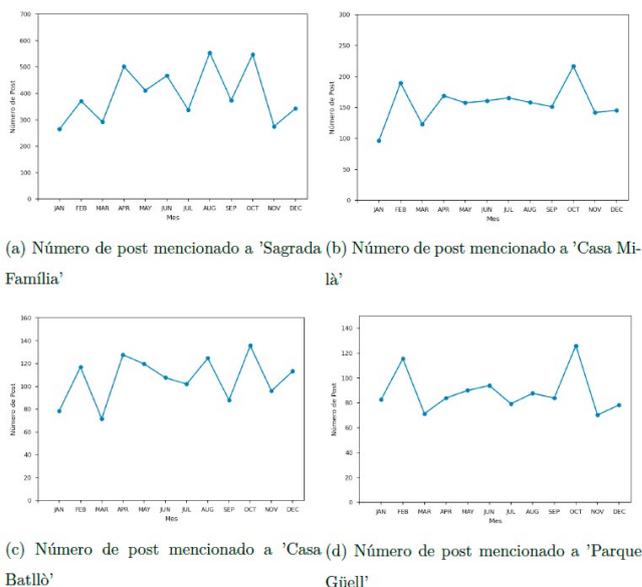
**Figura 3.** Cantidad de posts en la red social Weibo (2017 - 2020)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos recogidos de Weibo Search

En la siguiente figura, puede ver el promedio mensual de la cantidad de registros en cuatro destinos de patrimonio cultural. De manera similar, aquí se seleccionan los datos de 2017 a 2019 para calcular el valor promedio para eliminar el impacto de la epidemia de coronavirus en 2020.

**Figura 4.** Número promedio de post mencionada a cuatro sitios de patrimonio cultural (2017 - 2019)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos recogidos de Weibo Search

Según las características del turismo de patrimonio cultural, la estacionalización es menos evidente para los turistas que consideran patrimonio cultural como objetivo turístico. Los datos aquí muestran bien esta característica. En comparación con la atención de Barcelona, excepto que para la Sagrada Familia, el número de posts de Weibo en agosto fue ligeramente superior al de octubre, los otros tres destinos turísticos de patrimonio cultural no mostraron mayor atención en agosto u otros meses de verano. Por el contrario, los tres destinos de patrimonio cultural tienen el fenómeno de que el mes con mayor atención es octubre. El número promedio de Casa Milà en octubre es de 216,7 y el número promedio mensual de todo el año es de 156,3. El número promedio de octubre es un 38,6% superior al promedio mensual de todo el año. El número promedio de Casa Batlló en octubre fue de 135,7, un 27,1% superior al promedio mensual anual. El número medio del Parque Güell en octubre fue de 126,0, un 42,2% superior al promedio mensual anual. Incluso para la Sagrada Familia, el número promedio de posts en octubre fue solo un poco más bajo que en agosto. El número medio de la Sagrada Familia en agosto fue de 554,3, el número medio en octubre fue de 548,0 y su número medio mensual para todo el año fue de 395,1. Por tanto, octubre es el mes en el que los turistas chinos prestan más atención al destino del patrimonio cultural de Barcelona. Un otro mes relativamente alto es febrero, en el Parque Güell y La Pedrera se puede ver que el número en febrero es otro pico excepto en octubre.

Combinando las características de turistas chinos, sabemos que febrero es el festivo del Año Nuevo de China y octubre es el festivo del Día Nacional de China. Durante estos dos festivales, las personas generalmente tienen 7 días de vacaciones legales, por lo que muchas personas optan por tomarse otra semana de vacaciones, para recuperar de 10 a 15 días de vacaciones y optar por viajar a largas distancias. Por ejemplo, un turista mencionó en un post del 7 de octubre de 2018: “16 días en 8 ciudades de España, con transporte de coche, tren y avión, el viaje es muy agotador, pero con muchas ganancias y experiencia”. Es un ejemplo de elegir este tipo de viaje. Por lo tanto, muchos turistas optan por aprovechar el feriado del Año Nuevo chino o del Día Nacional en febrero u octubre para visitar Barcelona. En otros meses, como el verano, aunque el clima es mejor para viajar, los visitantes de los destinos de patrimonio cultural se ven menos afectados por las condiciones climáticas, mientras que en otros meses el número de turistas de patrimonio cultural en Barcelona es aproximadamente el mismo.

#### 4. LA IMAGEN PROMOCIONAL Y LA IMAGEN EXPECTATIVA DE TURISMO DE BARCELONA EN LAS REDES SOCIALES CHINAS

En general, hay una idea central en los comentarios que hacen los turistas en las plataformas de redes sociales, que es lo que llamamos tema. Si un determinado tema potencial es objeto de varios comentarios de contenidos generados de usuarios al mismo tiempo, este tema potencial es en gran medida el punto focal de todos los comentarios de contenidos generados de usuarios en redes sociales. Es más probable que las palabras destacadas más frecuentes sobre este tema potencial se conviertan en palabras de comentario en el enfoque.

Este apartado excava y analiza los temas potenciales de imagen oficial e imagen expectativa de turismo de Barcelona en las redes sociales chinas. Se extraerán los temas en diferentes tipos de reseñas de texto, y de acuerdo con la situación real, se seleccionarán las primeras palabras como las palabras características de los temas correspondientes.

##### 4.1 Análisis de imagen promocional de turismo de Barcelona en las redes sociales chinas

El tema 1 incluye 20 palabras características “Ciudades, Madrid, Europa, Plan de viaje, Cataluña, Hotel, Mundial, Guía turística, Vídeo, China, Gastronomía, Vida, País, Reino Unido, Restaurantes, Atracciones, Visita autoguiada (self-guided tour), Portugal, Mariscos, Itinerario”. Se resume el tema como “modalidad de viaje”. Como ciudad turística más importante de Cataluña, se menciona a Barcelona junto con Madrid, Reino Unido y Portugal porque los turistas chinos suelen visitar múltiples ciudades e incluso países en un viaje a Europa. A menudo se convierten en otros destinos cuando los turistas chinos visitan Barcelona al mismo tiempo.

El tema 2 incluye las características palabras: “Casa Milà, Iglesia, Diseño, Visitar, Passeig de gracia, Obras, Línea curva, Dios, Techo, Parque Güell, Arte, Mu-

seo, Línea recta, Apartamento, Modernismo, Privada, Fachada, Color, Arquitecto y Genio”. Se resume el tema 2 como “modernismo”. Cuando las cuentas oficiales y las cuentas de agencias de viajes utilizan el “modernismo” para atraer turistas a Barcelona en redes sociales chinas, suelen añadirse algunas introducciones a la arquitectura modernista. Estas introducciones están bien redactadas. La mayoría de turistas chinos no tienen un conocimiento profundo del modernismo. Estas introducciones pretenden describir las características del modernismo para atraer a personas que estén interesadas en él pero que no tengan conocimientos profesionales relacionados con el arte. “Obra”, “arquitecto”, “genio”, estas tres palabras son una descripción de Gaudí. Al igual que la descripción de “modernismo”, las cuentas oficiales ofrecen una visión general de la historia y la vida de Gaudí para aumentar la impresión y la comprensión sobre Barcelona.

El tema 3 incluye “Español, Información, Famoso, Patrimonio cultural, Inspiración, Diseño, Estilo, Historia, Arte, Mediterráneo, Familia, País, Patrimonio mundial, Perla, Sitio histórico, Península Ibérica, Atracciones turísticas, UNESCO, Sant Jordi, Clima agradable”. Resume las palabras de tema 3 como “Reputación y patrimonio cultural”, que refleja patrimonio cultural e histórico de Barcelona y la reputación mundial. Muestran que las cuentas oficiales y las cuentas de agencias de viajes utilizan el patrimonio cultural como un aspecto promocional de Barcelona. Estos temas demuestran directamente que las organizaciones prestan atención al nivel del patrimonio histórico y cultural y tratan de atraer más turistas chinos de turismo cultural de esta manera. La palabra “Sant Jordi” aparece bajo las palabras características de este tema, que es un fenómeno muy interesante. Como San Valentín en Cataluña, esta fiesta tiene una leyenda conmovedora. Además, el día de Sant Jordi, las atracciones famosas de Barcelona suelen tener actividades relacionadas. Por ejemplo, la Casa Batlló se decora con rosas en el alféizar de ventanas. Por lo tanto, este festival lleno de historias puede ser muy popular entre los jóvenes turistas chinos. Al mismo tiempo, las cuentas de organizaciones como Casa Batlló también utilizan este festival para promover la información de viajes.

El último tema incluye: Fotografía de viajes, Europa, Fotografía, Vestido de bodas, Ciudad, Fotografía de bodas, Parque, Fotógrafo, París, Extranjero, Boda, Romántico, Música, Italia, Favorito, Belleza, Santorini, Personalizado, Magia, Grecia. Se resume el tema 4 como “fotografía y bodas”. Por un lado, podemos ver que bajo esta temática hay palabras como “fotografía de viajes”, “fotografía”, “fotógrafo” y “personalización”. Estas palabras representan el modelo de viaje para fotografía. Parte de ello es para atraer a los amantes de fotografía a viajar a Barcelona. La mayor parte son los paquetes de viajes de fotografía que ofrecen las agencias de viajes a los turistas. Con más detalle, descubrimos que este tema contiene una gran cantidad de vocabulario relacionado con la fotografía de bodas, que incluye “vestido de bodas”, “fotografía de bodas”, “bodas”, “romántico”, “belleza” y “magia”. Estas palabras reflejan que las agencias de viajes o agencias de turismo consideran el turismo de fotografía de bodas como un importante modelo de promoción para Barcelona. Estas agencias de viajes ofrecen a los turistas un paquete. Mientras hacen turismo, los turistas toman fotos de boda y personalizan el itinerario para aumentar el valor agregado del equipo de viaje. Las agencias de viajes pueden usar esto para obtener ingresos más altos que los turistas de grupo comunes.

## 4.2 Análisis de imagen expectativa de turismo de Barcelona en las redes sociales chinas

El tema 1 incluye “China, Turista, Fútbol, París, Madrid, Global, Italia, Shanghai, Universidad, Desarrollo, Pandemia, Reino Unido, Noticias, Beijing, Internacional, Club, Alemania, EUR, Roma, Economía”. El tema anterior se resume aquí como “imagen de noticias”. En la descripción de Barcelona en los medios de comunicación, por un lado, se menciona la imagen turística de una metrópoli global e internacional. Se desprende que parte de las expectativas de los turistas chinos sobre Barcelona proviene de los medios informativos. Cuando los medios informativos informan sobre viajes a Barcelona, a menudo comparan Barcelona con otras metrópolis internacionales, como Pekín y Shanghái en China, así como con muchas metrópolis de Europa. En cuanto a los temas de los medios informativos que informan sobre las noticias de Barcelona, son “economía”, “deportes”, especialmente fútbol, y las noticias “pandemia” que es el tema temporal de 2020.

El tema 2 incluye Me gusta, Consejos de viaje, Tomar foto, Especial, Hotel, Gastronomía, Vida, Amigos, Libre, “Clock in”, Brillo Solar, Mariscos, Recomendado, Restaurante, Precioso, Barça, vale la pena, Pasión, Experiencia, Primera vez: veinte palabras características. Se resume el tema anterior como “recomendación de familiar o amigo”. La otra parte de imagen expectativa de turistas chinos sobre Barcelona proviene de la recomendación de amigos, familiares o desconocidos. Cuando recomiendan Barcelona, describen su experiencia de viaje, especialmente en términos de comida y alojamiento. También hay aficionados al fútbol que viajan a esta ciudad y recomiendan su viaje por partidos. Se centran en describir la primera experiencia novedosa que les trajo Barcelona. Usan “entusiasmo, libertad y especialidad” para describir el sentimiento que les brinda esta ciudad, y al mismo tiempo usan “me gusta” y “vale la pena” para expresar su satisfacción con los viajes a Barcelona. Los viajeros chinos también suelen buscar “consejos de viaje” en Internet con anticipación, desean “clock in” en atracciones famosas y, finalmente, comparten con entusiasmo sus experiencias de viaje en las redes sociales después del viaje.

El tercer tema incluye una serie de palabras relacionadas con reputación de Barcelona, tema que básicamente se superpone con la parte de reputación de la imagen promocional. En este tema, las palabras que coinciden con el tema de “reputación” en la imagen promocional son: “Famoso, Cataluña, Arte, Museo, Mediterráneo, Historia, Passeig de gràcia, Península Ibérica, Fotografía, Europa, Atracción turística, Perla, Clima agradable”. El cuarto tema incluye las palabras relacionadas con estilo y obras de Gaudí, que se puede resumir como “Modernismo y patrimonio cultural”. Este tema también coincide con la imagen promocional. A partir de las palabras “Metrópoli” y “Área urbana”, se desprende que los turistas chinos tienen una especie de expectativa de metrópolis para Barcelona. La palabra “Punto de referencia” suele referirse a Sagrada Familia en las narrativas de los turistas chinos. El uso de Sagrada Familia como un punto de referencia de Barcelona en las redes sociales chinas también refleja las expectativas de turistas chinos de sitios emblemáticos. Los turistas chinos esperan viajar a Barcelona de nuevo cuando se complete Sagrada Familia en 2026 y visitar Sagrada Familia terminada.

## 5. CONCLUSIÓN

El mercado de turistas chinos tiene un enorme potencial de desarrollo para Cataluña. En los últimos años, la oficina de Turismo de Cataluña ha tomado determinadas medidas para atraer turistas chinos. Por otro lado, debido a la mejora del nivel económico de los turistas chinos, el número de turistas emisores también ha ido aumentando los últimos años. Debido a la epidemia de 2020, los turistas se han reducido drásticamente. Aunque los turistas chinos no pueden viajar, mantienen cierto grado de atención en las redes sociales. Muchos turistas optan por aprovechar el feriado del Año Nuevo chino o del Día Nacional en febrero u octubre para visitar Barcelona. En otros meses, como el verano, aunque el clima es mejor para viajar, los visitantes de los destinos de patrimonio cultural se ven menos afectados por las condiciones climáticas, mientras que en otros meses el número de turistas de patrimonio cultural en Barcelona es aproximadamente el mismo.

En este trabajo se resumen los temas de los contenidos generados por usuarios en redes sociales chinas con modelo de temas LDA. La imagen promocional de Barcelona en las redes sociales chinas incluye cuatro temas: modalidad de turismo, modernismo, reputación y patrimonio cultural, fotografía y bodas; la imagen expectativa de los turistas chinos sobre Barcelona incluye: referencia de noticias, referencia de familiares y amigos, reputación y modernismo. Cada tema refleja el foco de la imagen promocional y la imagen expectativa.

En los dos modelos de temas, “reputación, modernismo, patrimonio cultural” son los temas comunes, que también refleja la impresión general de turistas chinos antes de ir a Barcelona. El modernismo es una de las características más destacadas de Barcelona, patrimonio cultural y reputación de Barcelona son el foco de publicidad y también la motivación de viaje de los turistas chinos. En comparación con la imagen promocional que se centra en modalidad de viaje y fotografía o productos de turismo de bodas, el turismo chino tiene expectativas e impresiones más diversas de Barcelona. Por un lado, el turismo chino presta atención a la imagen noticiosa de Barcelona como metrópoli internacional, que en el tema de economía, deporte o turismo suele ser comparada con otras metrópolis de Europa o China. Por otro lado, presta atención a las recomendaciones más orientadas a la vida, y tiene expectativas de viajar a Barcelona por recomendaciones de otras personas y porque sea famosa en redes sociales. “Hospitalidad, libertad y especialidad” son lo que los turistas chinos esperan de Barcelona. Se centran en experiencia del viaje, especialmente en gastronomía y alojamiento. Esperan “clock in” y tomar fotos en hermosas atracciones, y comparten sus experiencias de viaje en las redes sociales.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARLT, W. G. (2013). The second wave of Chinese outbound tourism. En: *Tourism Planning & Development* 10.2 (pp. 126-133).
- BAO, J., JIN, X. Y WEAVER, D. (2019). Profiling the elite middle-age Chinese outbound travellers: a 3rd wave? En: *Current Issues in Tourism* 22.5 (pp. 561-574).

- CHEN, N., MASIERO, L. Y HSU, C. H. (2019). Chinese outbound tourist preferences for all-inclusive group package tours: A latent class choice model. En: *Journal of Travel Research* 58.6 (pp. 916-931).
- CHRISTOU, E. (2006) Heritage and cultural tourism: A marketing-focused approach. En: *International cultural tourism*. Routledge (pp. 23-35).
- JIANG, S., SCOTT, N. Y DING, P. (2019) Motivations of experienced leisure travellers: A means-end chain study on the Chinese outbound market. En: *Journal of Vacation Marketing* 25.2 (pp. 225-238).
- LOJO, A. Y CÀNOVES, G. (2015) El turismo chino en Barcelona. Elementos clave de un fenómeno reciente. En: *Documents d'anàlisi geogràfica* 61.3 (pp. 581-599).
- MCKERCHER, B., HO, P. S. Y DU CROS, H. (2015) Relationship between tourism and cultural heritage management: evidence from Hong Kong. En: *Tourism management* 26.4 (pp. 539-548).
- SHEN, H. Y LIU, X. (2016) Application of social media among Chinese outbound tourists: Platforms and behaviors. En: *Chinese Outbound Tourism 2.0*. Apple Academic Press (pp. 259-271).
- XIANG, Y. (2013) The characteristics of independent Chinese outbound tourists. En: *Tourism Planning & Development* 10.2 (pp. 134-148).

# MODELOS DE LOCALIZACIÓN ASIGNACIÓN UTILIZANDO REDES DINÁMICAS A PARTIR DE FICHEROS GTFS Y DATOS DE TOMTOM.

---

Onel Antonio Pérez Fernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Doctorando, Departamento Geografía Universidad Complutense Madrid, España

---

Juan Carlos García Palomares<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Profesor Titular, Departamento Geografía Universidad Complutense Madrid, España

oneperez@ucm.es, jcgarcia@ucm.es

---

## Resumen

Los Modelos de Localización Asignación (MLA), se utilizan para buscar los mejores sitios donde ubicar las nuevas instalaciones de servicios o equipamientos. Tradicionalmente, los MLA en entornos de Sistemas de Información Geográfica han sido aplicados, sin integrar variables temporales, en la red de transporte. El objetivo de este trabajo es el planteamiento de MLA, incorporando el dinamismo en la red. Para ello se utilizan archivos de redes de transporte público dinámicas (GTFS) y redes de carreteras con datos históricos de tráfico (en este caso de la empresa TomTom), esto permite evaluar el efecto de los cambios en las frecuencias del transporte público y la congestión del tráfico, en los resultados de los modelos. La aplicación evalúa las localizaciones de los centros sanitarios en el municipio de Madrid, tomando como candidatos de los MLA a la red de hospitales públicos y como demanda a los centroides de las secciones censales. Los resultados muestran los impactos en la cantidad de demanda cubierta, considerando el comportamiento temporal de la red a lo largo del día.

**Palabras clave:** Modelos de Localización Asignación, SIG, GTFS, TomTom, Big Data

## Abstract

Location allocation models (LAM) are used to find the best places to locate new service facilities. Traditionally, LAMs in GIS environments run without integrating time variables into the transport network. The aim of this work is the approach of models of location-allocation incorporating the dynamism in the network. This is done using dynamic public transport network files (GTFS) and road networks with historical traffic data (in this case from the company TomTom), which allow the effect of changes in public transport frequencies and traffic congestion on the results of the models to be evaluated. The application evaluates the locations of the health facilities in the municipality of Madrid, taking as candidates the MLAs to the public hospital network and as demand to the centroids of the census sections. Results show increased demand coverage when using the private transport network. Impacts on the amount of demand covered are also analyzed considering temporary changes in the network throughout the day.

**Keywords:** Location allocation models, GIS, GTFS, TomTom, Big Data

## 1. INTRODUCCIÓN

Los Modelos de Localización Asignación son utilizados para resolver una amplia variedad de problemas del sector público y privado (Brandeau & Chiu, 1989). Por ejemplo, se han empleado para encontrar: la mejor ubicación de instalaciones de salud (Ajebon & Asikhia, 2013; Chukwusa & Comber, 2018; Özceylan et al., 2017), el tratamiento de desechos sólidos (Alonso, 2016; El-Hallaq & Mosabeh, 2019; Erfani et al., 2018), las estaciones de bicicletas (García-Palomares et al., 2012), las escuelas (Wondwossen & Bedasa, 2019), y muchas otras aplicaciones.

Tradicionalmente, los MLA se abordaban, considerando la red, de forma estática, ya que no existían datos que permitían conocer las condiciones del tráfico o la frecuencia del transporte público. Hoy en día, con la aparición de nuevas fuentes de datos (como Big Data), es posible incorporar dinamismo a la red, esto permite simular escenarios más realistas.

La información sobre las redes de transporte ha mejorado gracias a la gran cantidad de datos generados por las empresas de navegación como TomTom, y la disponibilidad de archivos de transporte público (GTFS) gestionada por las autoridades de transporte (Moya-Gómez et al., 2018). Los registros almacenados por ambas redes han hecho posible enriquecer los ejes de las calles con datos históricos del tráfico del transporte privado y las frecuencias del transporte público, esto permite evaluar el impacto en la movilidad de la demanda en un momento determinado del día.

En efecto, el Big Data ofrece una variedad de oportunidades para el análisis dinámico de la accesibilidad a los servicios públicos o privados. En los últimos años, se han desarrollado algunos trabajos que incorporan Big Data a los MLA, específicamente para el análisis de la demanda o de la oferta (Tu et al., 2016; Park & Young Sohn, 2017; Kotavaara, 2018; Zhang et al., 2019; Zhou et al., 2020). Sin embargo, en el bagaje cultural de los autores no aparecen estudios que utilicen archivos GTFS o datos de TomTom para el planteamiento de los Modelos de Localización Asignación.

Este trabajo aporta un nuevo enfoque a los MLA, al simular el dinamismo de la red de transporte público y privado, para hacer planteamientos que incluyan el elemento temporal en la evaluación de la demanda asignada a los hospitales. Por lo tanto, el propósito de esta investigación es plantear Modelos de Localización Asignación, incorporando el dinamismo en la red de calles. Además, se evaluó el efecto en la cobertura de la demanda de los hospitales de Madrid producto de los cambios en las frecuencias del transporte público y la congestión en el transporte privado. Para esto utilizamos archivos GTFS y datos históricos de tráfico de TomTom. Ambos conjuntos de datos permitieron la construcción de las redes que simularon el desplazamiento en transporte público y en coches privados.

Los principales hallazgos de este trabajo demuestran que la demanda captada por los equipamientos de salud se ve afectada por los cambios de las condiciones de la red de transporte en un determinado periodo del día. Los resultados tienen aplicaciones prácticas para las autoridades locales y las empresas que se ven afectadas por la variación en las frecuencias del transporte público y por la congestión en el transporte privado.

Esta comunicación está estructurada de la siguiente manera: después de la introducción, la sección 2, describe la literatura revisada. La sección 3, presenta el área de estudio y los datos, en la sección 4, se explica la metodología utilizada y los resultados obtenidos se presentan en la sección 5 y en la sección 6, se establece una serie de conclusiones.

### 1.1. Uso de Archivos Gtfs en estudios de optimización

Los ficheros GTFS incluyen todo lo relativo a las: rutas, paradas, horarios, frecuencias de viajes y otros datos de interés en cuanto a las rutas de transporte público en una ciudad. A través de estos archivos se pueden implementar una diversidad de aplicaciones para ofrecer información de interés en la planificación del viaje, la creación de horarios, la accesibilidad, las herramientas necesarias para la planificación en tiempo real y los sistemas de voz interactiva (Antrim & Barbeau, 2013).

En los últimos años los archivos GTFS, se han utilizado en el mundo académico para realizar investigaciones relacionadas con la movilidad y la accesibilidad a los centros de servicios. Así tenemos que Farber, Morang, & Widener (2014), realizaron un análisis de la accesibilidad por medio de matrices de origen destino, desde las secciones censales a los supermercados, calculando el tiempo de viaje por medio del transporte público, seleccionando un día de la semana en particular, encontraron hallazgos importantes donde el nivel de acceso a los supermercados era diferente según grupos sociales y la edad en dos ciudades de los Estados Unidos. Otro caso lo encontramos en una investigación cuyo objetivo era determinar la movilidad de los usuarios del sistema de transporte, apoyándose en la información proveniente de los archivos GTFS en combinación con los registros del abordaje y el conteo de pasajeros dentro del bus, se tomó como muestra del estudio un día de la semana en varias franjas horarias (Nassir et al., 2012).

Al respecto, el trabajo de Stepniak.& Goliszek, (2017) utiliza archivos GTFS para analizar el nivel de accesibilidad durante diversas horas del día.

### 1.2. Uso de datos TomTom en modelos de localización asignación

La oferta de nuevas redes de transporte se ha incrementado con la disponibilidad de redes de empresas como TomTom, HERE, Inrix o el proyecto colaborativo de OSM entre otros, representando novedosas fuentes de datos que abren nuevas oportunidades para realizar investigaciones innovadoras que buscan incorporar en sus estudios variables espaciales y temporales de gran nivel de resolución (Moya-Gómez et al. 2018).

TomTom es una empresa especializada en tecnología de localización, puesto desarrolla productos cartográficos, programas de navegación, de congestión vehicular histórica y en tiempo real. Ellos administran grandes volúmenes de datos capturando y almacenando registros de tráfico y de velocidad; además, proporcionan información detallada de los niveles de flujo sobre las autovías en las principales ciudades del mundo.

Las investigaciones basadas en el uso de datos TomTom son escasas en la literatura académica. Un ejemplo es el estudio propuesto por Pritchard et al. (2019),

donde examinó el potencial de la bicicleta como medio para reducir la desigualdad en la accesibilidad espacio temporal en los viajes hacia el empleo. Para lograr su objetivo utilizaron los perfiles de velocidad de TomTom en la elaboración de los modelos de accesibilidad y comparar los resultados frente a datos de archivos GTFS. Por otro lado, Moya-Gómez et al. (2018) proponen un análisis de la accesibilidad urbana, teniendo en cuenta el rendimiento de la red y el atractivo de los destinos mediante un enfoque dinámico, donde se aprovechan los datos de TomTom y Twitter.

En otro trabajo, Moya-Gómez & García-Palomares (2017) examinan los cambios en la accesibilidad de los automóviles, en el transcurso del día, como consecuencia del embotellamiento de la red de carreteras en algunas ciudades de Europa, para esto se aplicaron modelos de accesibilidad. Por su parte Moyano et al., (2018) analizan los tiempos de ingreso y egreso a las estaciones de trenes de alta velocidad entre dos ciudades españolas, utilizando datos de TomTom y Twitter. Durante la revisión de literatura, no se han encontrado estudios de MLA que utilicen datos de TomTom en la confección de la red.

## 2. ÁREA DE ESTUDIO Y DATOS

### 2.1. Área de estudio

El área seleccionada para el estudio es el municipio de Madrid. Administrativamente está formado por 21 distritos. Es considerada una de las principales metrópolis europeas. La diversidad de atracciones turísticas e instalaciones de servicio y ocio atraen millones de visitantes nacionales y extranjeros todos los años. De acuerdo con el Padrón Municipal de Habitantes 2019, el municipio de Madrid contaba con 3 266 126 habitantes (50 % de la población de la Comunidad de Madrid) que cubren una superficie de 60 445,52 Ha con una densidad de población aproximada de 55 habitantes por hectárea.

### 2.2. Datos

#### 2.2.1. Hospitales

Los MLA requieren de puntos candidatos a los cuales asignarles la demanda a cubrir. Para este fin, se utilizó una capa de hospitales públicos (geometría de puntos) del municipio de Madrid y los hospitales asignados por áreas de salud. Ambas capas fueron obtenidas del servidor de datos espaciales de la comunidad de Madrid. En el 2020 el municipio de Madrid tenía 35 hospitales públicos y siete áreas de salud.

#### 2.2.2. Secciones censales y población

Para obtener la demanda a cubrir, se empleó las secciones censales descargadas del servidor de datos de la comunidad de Madrid. A éstas se les agrega un campo con la población total, según el padrón continuo de población para el año 2019, disponible en el servidor del Instituto Nacional de Estadística (<https://www.ine.es/>).

### 2.2.3. Red de calles

Para esta información se utilizó la red de calles descargada del servidor de OSM, con el fin de simular el desplazamiento de la población en transporte público, esta red fue enriquecida con datos de los archivos GTFS descargados de la página web del Consorcio Regional de Transportes de Madrid (<https://datos.crtm.es/>). También se creó otra red que está alimentada con datos de tráfico histórico obtenidos de la empresa TomTom, con la finalidad de simular la movilidad de la población en el transporte privado.

## 3. METODOLOGÍA

Se tomaron en cuenta tres etapas para realizar el planteamiento del modelo de localización. En primer lugar, se requiere tener sitios candidatos y sitios que representen la demanda. Para lograr la conectividad de estos sitios se necesitó la creación de una red para implementar una de las soluciones que ofrece el programa ArcMap 10.6.

### 3.1. Candidatos y Demanda potencial

Se eligió la red de hospitales públicos como sitios candidatos para la ejecución del Modelo de Localización Asignación. Como puntos de demanda se tomaron los centroides de las secciones censales, las cuales contienen un campo que incluye la población que se utilizó para ponderar la cantidad de habitantes que cubrirá cada hospital.

### 3.2. Redes de carreteras para el transporte público y privado

Para incorporar el dinamismo en las calles, se construyeron dos redes que simulan el desplazamiento de la población en transporte público y en transporte privado. La red de transporte público se confeccionó a partir de los datos GTFS, ellos contienen información relacionada a las frecuencias de viajes, tiempo, calendario del servicio de bus urbano (EMT), metro, cercanías y autobuses interurbanos.

Para construir la red se emplearon las herramientas DisplayGTFS y Network Analyst del programa ArcMap 10.6 de la casa comercial ESRI (Environmental Systems Research Institute). Como atributo de impedancia se estableció el tiempo de viaje en transporte.

Por otro lado, la red que simula el desplazamiento en transporte privado se diseñó con la extensión Network Analyst, utilizando los datos de la empresa TomTom, específicamente, el producto Perfiles de Velocidad, donde registra el tiempo promedio de los viajes efectuados por los usuarios de los navegadores TomTom. Dicha empresa almacena los registros históricos de velocidad, con los cuales se obtuvo perfiles de tráfico en los diferentes ejes que componen la red de calles. Además, se crearon tablas que contienen información de los perfiles de velocidad por hora y día.

### 3.3. Modelos de localización asignación

Con la red de transporte público y privado construida, se procedió a ejecutar los Modelos de Localización Asignación, utilizando el módulo Location Allocation de Ne-

network Analyst, con la finalidad de evaluar en qué momento del día los hospitales captan mayor cobertura de población. Para el cálculo del modelo de localización, se tomó en cuenta la red de hospitales públicos dentro del municipio de Madrid los cuales se utilizaron como sitios candidatos obligatorios. Para los puntos de demanda empleamos los centroides de las secciones censales, las cuales contienen entre sus atributos la población, la cual se usó para ponderar el peso de la demanda dentro de la ejecución del modelo.

De las soluciones propuestas se seleccionó maximizar la atención, y se parte de la base de que mientras las personas se tengan que transportar más lejos para llegar a un hospital, es menos probable que lo utilicen. Así se refleja en la forma en que la proporción de la demanda asignada a las instalaciones se reduce con la distancia. (Erfani et al., 2018; Rahman et al., 2021). También se consideró un umbral de 30 minutos de viaje. Se plantearon escenarios para dos días de la semana (específicamente los jueves y los sábados).

Los modelos se ejecutaron con la red GTFS (Transporte público) y la red de Tom-Tom (Transporte privado) en diferentes franjas horarias: 8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00 y 20:00; con el propósito de valorar el efecto de la fluctuación en las frecuencias del transporte público y de los niveles de congestión de la red de transporte privado sobre la cantidad de demanda atendida. Además, se ejecutó otro MLA utilizando como candidatos solamente los hospitales de referencia que cubren las áreas de salud del municipio de Madrid, el resto de los parámetros del modelo son los mismos que se aplicaron a toda la red de hospitales (Figura 1).

## 4. RESULTADOS

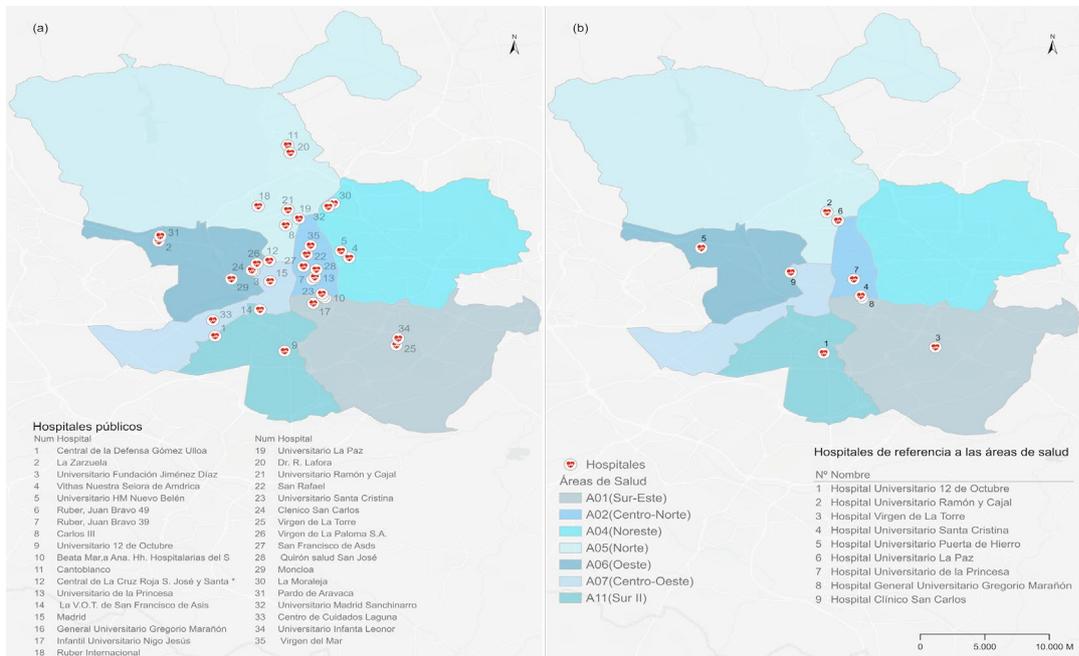
### 4.1. Distribución de candidatos y la demanda potencial

La Figura 2, muestra los hospitales y los puntos de calor donde se concentra la demanda que será asignada a los hospitales. El color amarillo representa las zonas con densidades más altas de población. Se evidencia una concentración de la población en la zona central del área estudiada. Marcando valores altos los distritos: Arganzuela, Centro, Chamberí, Ciudad Lineal, Puente de Vallecas, Retiro, Tetuán y Salamanca.

### 4.2. Frecuencias del transporte público y congestión del transporte privado

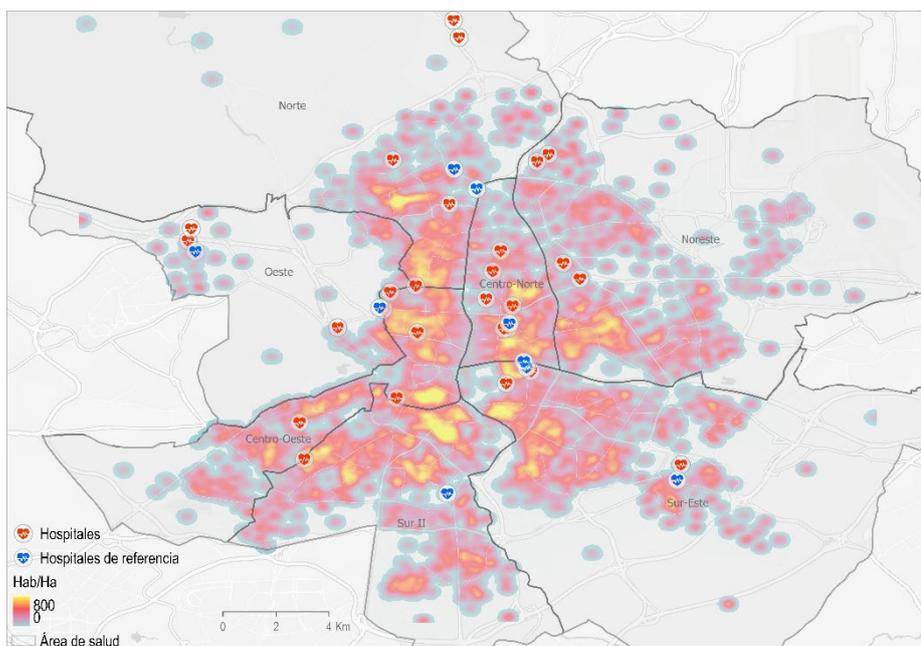
En los mapas de la Figura 3, se muestra la frecuencia de viajes, en el transporte público, los jueves. Se observó que las horas 8:00 y 18:00 tienen mayor frecuencia de viaje por hora. En cambio, en las horas 10:00 y 20:00 disminuye la frecuencia de viajes. Por otro lado, la Figura 4, muestra el nivel de tráfico en la red utilizando los datos de perfiles históricos de velocidad de la empresa TomTom. Se observó que la fluidez del tráfico es menor, sobre todo, en las horas 8:00 y 18:00. El resto de las franjas horarias no presentaron cambios significativos en los distintos ejes de calles.

**Figura 1.** Red de Hospitales y los hospitales de referencia asignados a las áreas de salud



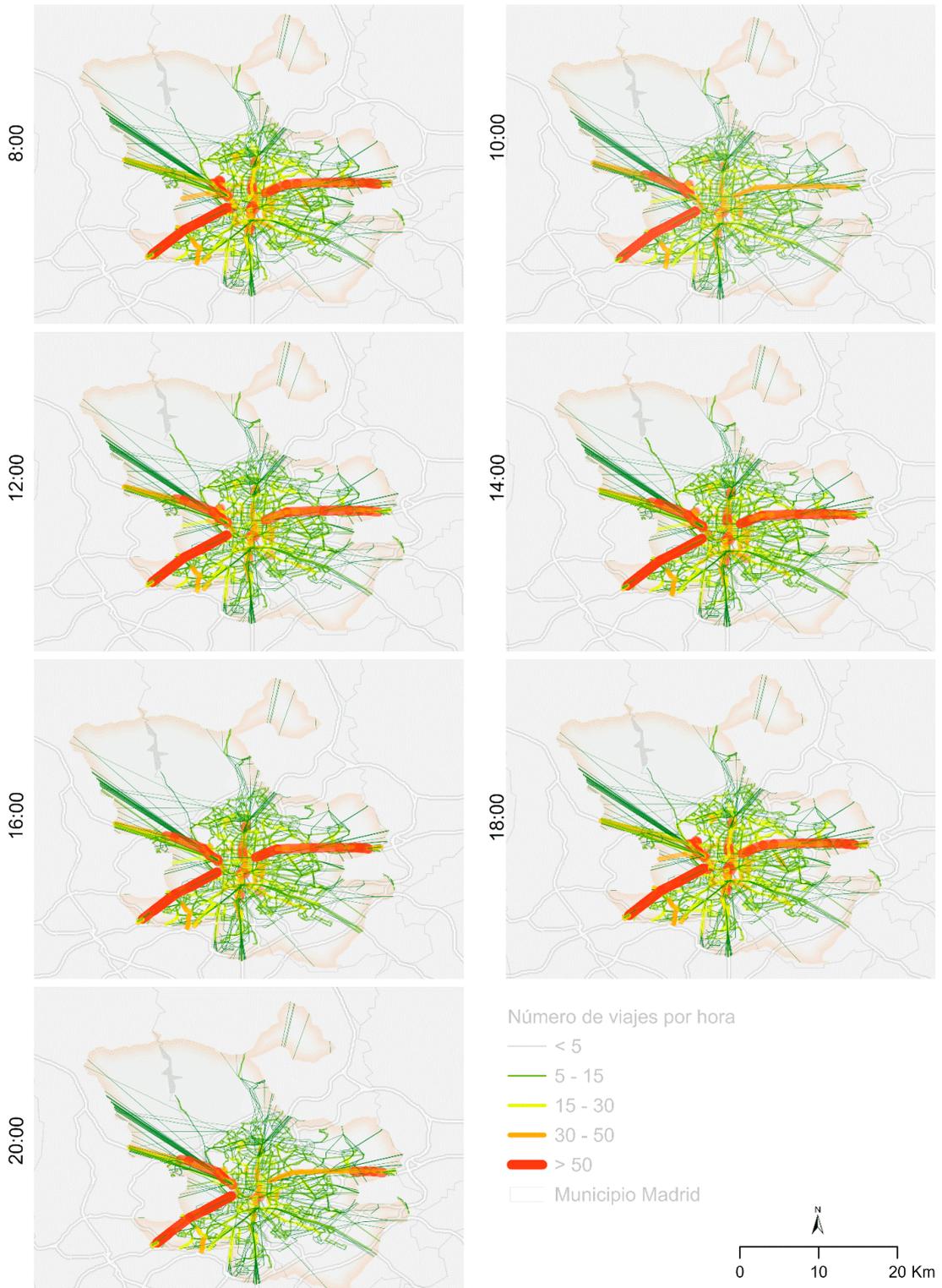
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2.** Distribución de hospitales y demanda



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3.** Frecuencia de viaje en transporte público los jueves (GTFS)



**Figura 4.** Fluidez del tráfico los jueves (TomTom)



Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. Análisis del modelo de maximizar atención

#### 4.3.1. Modelos de localización con toda la red de hospitales

Se calculó la demanda cubierta por los hospitales a diferentes horas del día con ambas redes. Los resultados (Tabla 1 y la Figura 5) indican el cambio en la demanda asignada a los hospitales en el transcurso del día utilizando la red GTFS. El jueves a las 12:00 se registra el cambio porcentual más bajo. Mientras que, a las 8:00 de la mañana se cubre mayor porcentaje de la población, esto se debe a la frecuencia más alta del transporte público a esa hora. El comportamiento de la demanda el sábado es lo contrario, registrando a las 8:00 la menor población cubierta y el incremento a las 14:00 y 20:00 horas. En general, los jueves tienen una demanda cubierta superior al sábado.

**Tabla 1. Demanda cubierta por hospitales utilizando la red GTFS**

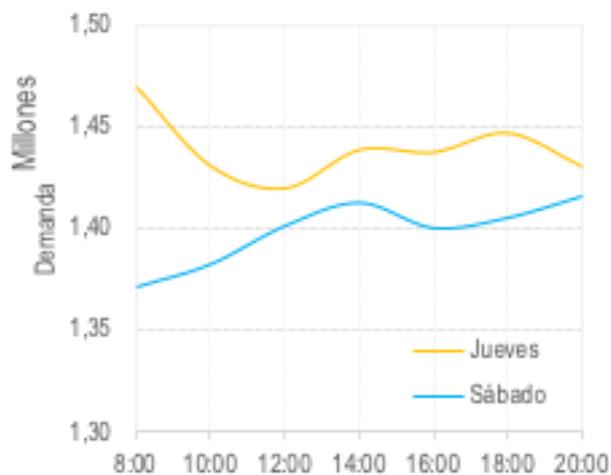
Horas	Jueves 30 minutos				Sábado 30 minutos			
	Total	%	Cambio	Cambio%	Total	%	Cambio	Cambio%
8:00	1 469 888	45,6			1 371 781	42,6		
10:00	1 430 688	44,4	-39 200	-2,7	1 383 042	42,9	11 261	0,8
12:00	1 419 672	44,0	-50 216	-3,4	1 401 828	43,5	30 047	2,2
14:00	1 438 650	44,6	-31 238	-2,1	1 413 210	43,8	41 429	3,0
16:00	1 437 526	44,6	-32 362	-2,2	1 400 802	43,5	29 021	2,1
18:00	1 446 992	44,9	-22 896	-1,6	1 405 833	43,6	34 052	2,5
20:00	1 430 474	44,4	-39 414	-2,7	1 416 392	43,9	44 611	3,3

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos, utilizando la red TomTom (Tabla 2), reflejan una mayor cobertura en el porcentaje de población, con registros que presentan variaciones entre 75% y 80%. El análisis de la Figura 6, resalta que el sábado se logra cubrir una mayor demanda que el jueves, debido a la menor congestión vial.

Al estudiar el comportamiento de la demanda en las distintas franjas horarias, notamos que las horas donde se presentan los valores mínimos son las 8:00 y las 18:00, los jueves con momentos de mayor congestión.

**Figura 5.** Demanda cubierta por hospital red GTFS



Fuente: Elaboración propia.

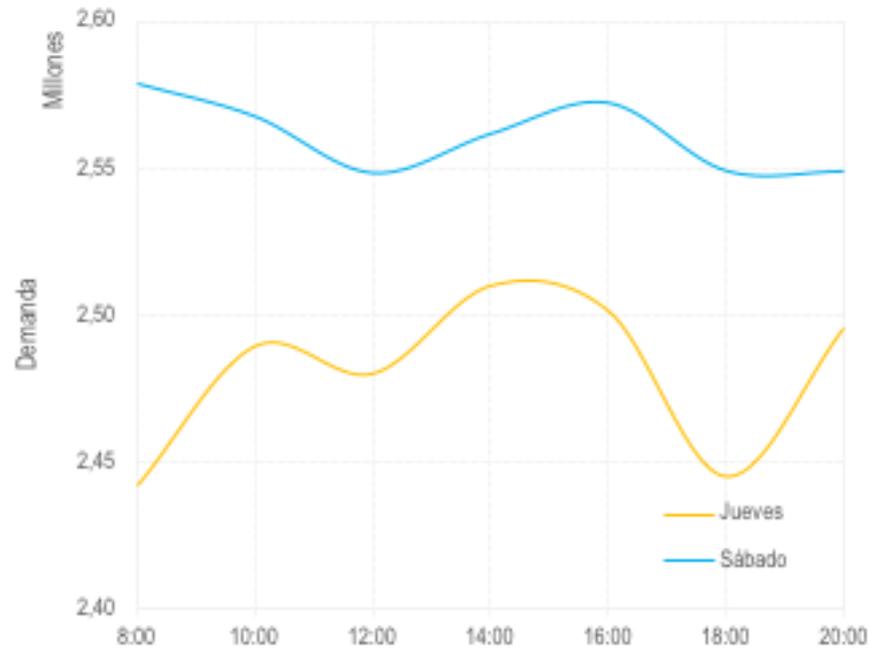
**Tabla 2.** Demanda cubierta por los hospitales red TomTom

Horas	Jueves 30 minutos				Sábado 30 minutos			
	Total	%	Cambio	Cambio%	Total	%	Cambio	Cambio%
8:00	2 441 791	75,8			2 578 802	80,0		
10:00	2 489 449	77,2	47 658	2,0	2 567 446	79,7	-11 356	-0,5
12:00	2 487 195	77,2	45 404	1,9	2 554 535	79,3	-24 267	-1,2
14:00	2 510 085	77,9	68 294	2,8	2 561 413	79,5	-17 389	-0,7
16:00	2 501 574	77,6	59 783	2,4	2 572 141	79,8	-6661	-0,3
18:00	2 445 007	75,9	3216	0,1	2 548 658	79,1	-30 144	-1,2
20:00	2 495 596	77,4	53 805	2,2	2 548 456	79,1	-30 346	-1,2

Fuente: Elaboración propia.

Sí comparamos los resultados obtenidos en ambas redes, se nota que los cambios porcentuales son más altos en el transporte público que en el privado: el transporte público es más sensible a los cambios en las frecuencias, que el coche a la congestión. Durante los sábados los perfiles son más estables, producto de una menor frecuencia del servicio de transporte y niveles de congestión más bajos en las calles. Además, el perfil cambia porque en coche desaparece la congestión de la mañana y de igual forma en el transporte público, por el contrario, la mejor accesibilidad se da al final de la mañana. En la Tabla 3 se observan las diferencias entre días laborables y los fines de semana donde la accesibilidad en coche es mejor el sábado que el jueves, al contrario que el transporte público (mejor jueves que sábado).

**Figura 6.** Demanda cubierta según red TomTom



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3. Diferencias jueves sábado**

Horas	GTFS		TomTom	
	Total	%	Total	%
8:00	-98 107	-6,7	137 011	5,6
10:00	-47 646	-3,3	77 997	3,1
12:00	-17 844	-1,3	67 340	2,7
14:00	-25 440	-1,8	51 328	2,0
16:00	-36 724	-2,6	70 567	2,8
18:00	-41 159	-2,8	10 3651	4,2
20:00	-14 082	-1,0	52 860	2,1

Fuente: Elaboración propia.

La comparación del comportamiento de la demanda asignada a cada hospital para los dos días en estudio con ambas redes de transporte está plasmada en la Figura 7. Se apreció que los centros hospitalarios con mayor demanda asignada por el modelo, tanto el jueves como el sábado, son: el Hospital Central de la Defensa Gómez de Ulloa, Universitario de La Princesa, Universitario 12 de Octubre y Central de la Cruz

Roja, con valores que oscilan entre los 70 000 y 180 000 habitantes. Analizando el porcentaje de cambio del sábado, en comparación con el jueves, se aprecia que la mayoría presentan porcentajes negativos que indican pérdida en los días de semana con relación a los fines de semana (Figura 7b).

Mientras que los resultados obtenidos de la red TomTom indican que muchos hospitales tienen demanda asignada superior durante los fines de semana (Figura 7c), como consecuencia de los mejores niveles de congestión. Además, el porcentaje de cambio indicó una mayor cobertura los sábados (Figura 7d).

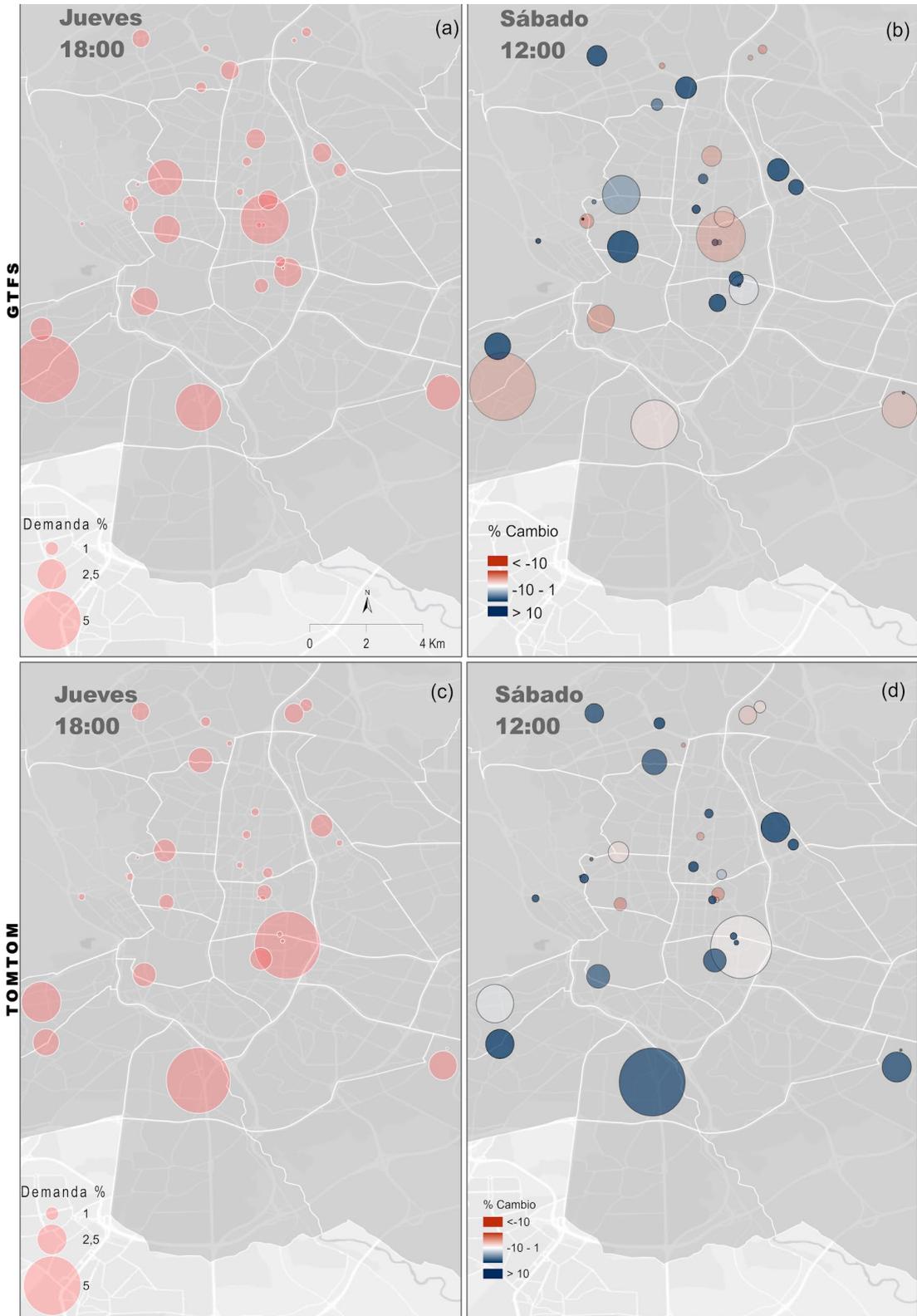
#### **4.3.2 Modelos de localización con hospitales de referencia a las áreas de salud**

Con este modelo se incluyó un nuevo hospital, para ello tomamos los hospitales de referencia actuales como ubicaciones requeridas, mientras que los candidatos utilizados fueron los centroides de las secciones censales. Para el desarrollo del modelo utilizamos los mismos parámetros planteados en el caso que se implementó a toda la red de hospitales.

La demanda cubierta por los hospitales de referencia asignados a las áreas de salud en que se divide el Municipio de Madrid, utilizando la red de transporte público (GTFS), se resumen en la Tabla 4. De manera general, los datos reflejan que sólo los hospitales La Princesa y Santa Cristina (área de salud Centro norte) cubren por encima del 100 % de la población que vive dentro de los límites de su respectiva área de salud.

Con el uso de la red TomTom, la mayoría de los hospitales no logran cubrir la población de su respectiva área de salud, excepto los hospitales La Princesa y 12 de Octubre (área de salud Sur II) que abarcan por encima del 100 % de la demanda (Tabla 5).

Figura 7. Demanda asignada y porcentaje de cambio



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4. Demanda cubierta por los hospitales de las áreas de salud (jueves GTFS)**

Hospital	Población dentro del área de salud	8:00		10:00		12:00		14:00		16:00		18:00		20:00	
		Total	%												
GMVT	622 597	134 007	21,5	125 840	20,2	119 421	19,2	139 531	22,4	139 976	22,5	141 660	22,8	127 809	20,5
LPSC	290 181	428 380	147,6	409 624	141,2	411 853	141,9	389 450	134,2	420 767	145,0	424 986	146,5	419 399	144,5
RC	602 501	27 100	4,5	22 868	3,8	19 748	3,3	26 582	4,4	22 309	3,7	33 917	5,6	30 194	5,0
LP	399 128	138 603	34,7	119 468	29,9	127 642	32,0	121 314	30,4	115 603	29,0	111 044	27,8	124 787	31,3
PH	117 873	3513	3,0	3865	3,3	3714	3,2	3720	3,2	3531	3,0	3742	3,2	3531	3,0
SCA	506 873	92000	18,2	93875	18,5	90876	17,9	90369	17,8	80064	15,8	83576	16,5	71824	14,2
12OCT	684181	196 617	28,7	183 635	26,8	168 537	24,6	178 080	26,0	200 024	29,2	181 024	26,5	201 929	29,5

GMVT (Gregorio Marañón y Virgen de La Torre) LPSC (La Princesa y Santa Cristina) RC (Ramón y Cajal) LP (La Paz) PH (Puerta de Hierro) SCA (San Carlos) 12OCT (12 de Octubre)

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5. Demanda cubierta por los hospitales de las áreas de salud (jueves TomTom)**

Hospital	Población dentro del área de salud	8:00		10:00		12:00		14:00		16:00		18:00		20:00	
		Total	%												
GMVT	622 597	380 208	61,1	391 414	62,9	378 937	60,9	413 233	66,4	411 098	66,0	401 042	64,4	418 310	67,2
LPSC	290 181	380 542	131,1	422 380	145,6	338 670	116,7	381 166	131,4	350 244	120,7	313 365	108,0	335 573	115,6
RC	602 501	273 476	45,4	196 223	32,6	286 004	47,5	284 844	47,3	275 198	45,7	271 790	45,1	321 415	53,3
LP	399 128	211 497	53,0	181 497	45,5	247 293	62,0	217 327	54,5	243 831	61,1	247 250	61,9	234 888	58,9
PH	117 873	92 964	78,9	45 815	38,9	104 746	88,9	101 680	86,3	101 348	86,0	103 261	87,6	106 955	90,7
SCA	506 873	135 582	26,7	139 473	27,5	141 635	27,9	156 586	30,9	157 541	31,1	151 842	30,0	163 635	32,3
12O	684181	712 622	104,2	753 556	110,1	689 247	100,7	667 900	97,6	667 189	97,5	641 998	93,8	639 458	93,5

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, con la ubicación de un nuevo hospital mejora la cobertura que brindan los hospitales actuales. Para el caso de la red GTFS el incremento oscila entre 17 % y 23 %, mientras que con TomTom los valores rondan el 5 % (Tabla 6 y 7).

La Figura 8, muestra la ubicación del nuevo hospital y los hospitales actuales. Se observaron cambios en la ubicación del nuevo hospital en las horas 16:00 y 20:00, en tanto que, con la red TomTom, los cambios de posición ocurren a las 8:00 y las 12:00 (Figura 9).

**Tabla 6. Demanda cubierta por hospitales de referencia actuales y por el nuevo hospital (Red GTFS)**

Horas	Jueves					Sábado				
	Hospitales actuales		Con nuevo hospital			Hospitales actuales		Con nuevo hospital		
	Total	%	Total	%	Inc.%	Total	%	Total	%	Inc.%
8:00	1 016 852	31,5	1 194 455	37,1	17,5	867 947	26,9	1 064 720	33,0	22,7
10:00	955 799	29,7	1 143 571	35,5	19,6	905 577	28,1	1 074 488	33,3	18,7
12:00	938 328	29,1	1 130 135	35,1	20,4	905 718	28,1	1 111 903	34,5	22,8
14:00	945 720	29,3	1 140 874	35,4	20,6	942 585	29,2	1 119 795	34,7	18,8
16:00	979 203	30,4	1 156 255	35,9	18,1	914 683	28,4	1 097 980	34,1	20,0
18:00	976 903	30,3	1 166 165	36,2	19,4	921 602	28,6	1 109 648	34,4	20,4
20:00	976 169	30,3	1 159 040	36,0	18,7	944 284	29,3	1 123 623	34,9	19,0

Fuente: Elaboración propia

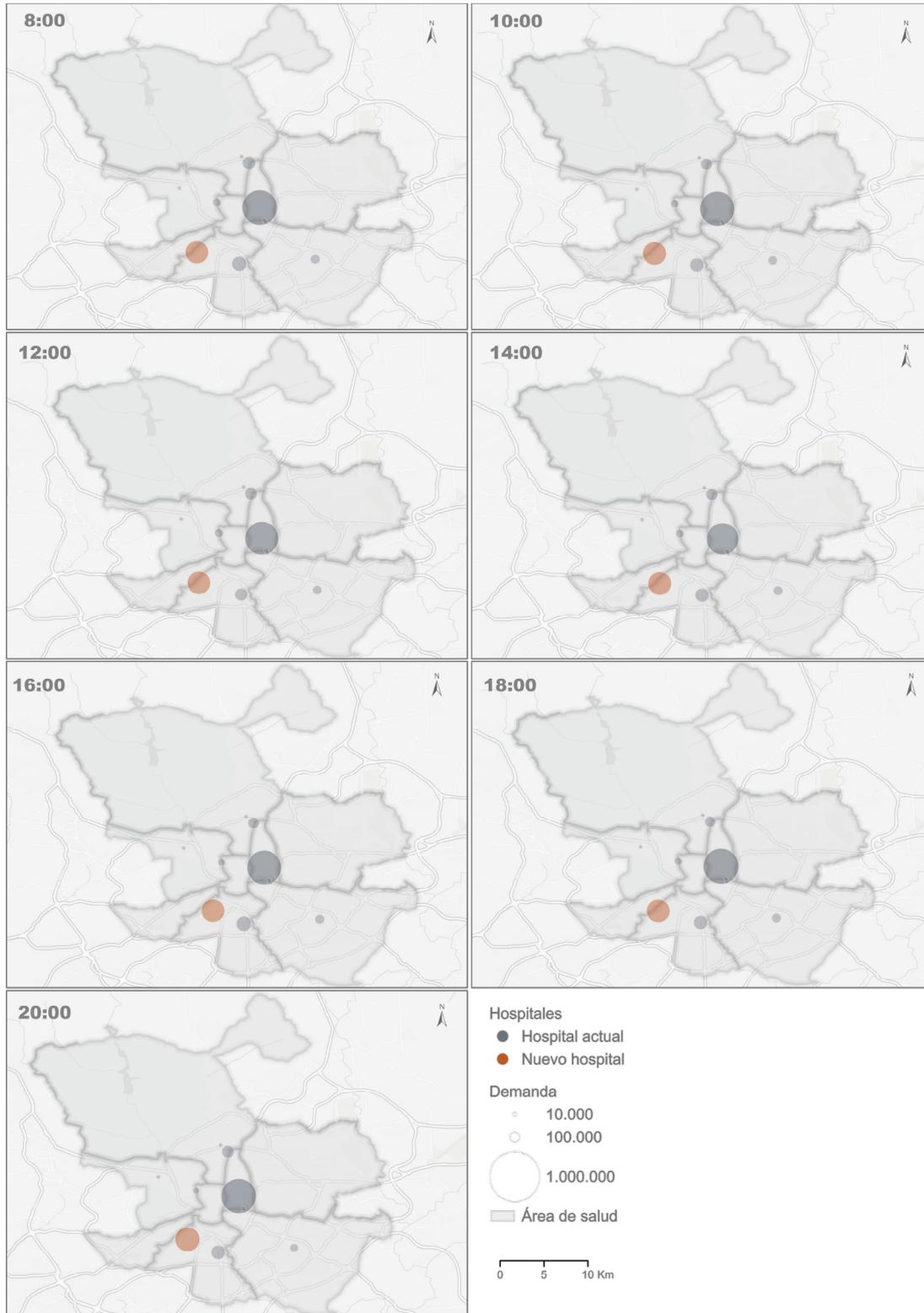
**Tabla 7. Demanda cubierta por hospitales de referencia actuales y por el nuevo hospital (Red TomTom)**

Horas	Jueves					Sábado				
	Hospitales actuales		Con nuevo hospital			Hospitales actuales		Con nuevo hospital		
	Total	%	Total	%	Inc.%	Total	%	Total	%	Inc.%
8:00	2 128 474	66,0	2 231 957	69,2	4,9	2 334 512	72,4	2 414 716	74,9	3,4
10:00	2 182 031	67,7	2 271 915	70,5	4,1	2 320 608	72,0	2 400 964	74,5	3,5
12:00	2 180 984	67,7	2 272 187	70,5	4,2	2 304 307	71,5	2 384 997	74,0	3,5
14:00	2 217 936	68,8	2 304 962	71,5	3,9	2 311 864	71,7	2 392 607	74,2	3,5
16:00	2 201 700	68,3	2 290 408	71,1	4,0	2 325 907	72,2	2 406 635	74,7	3,5
18:00	2 125 254	65,9	2 216 679	68,8	4,3	2 294 923	71,2	2 377 281	73,8	3,6
20:00	2 214 585	68,7	2 299 592	71,3	3,8	2 293 204	71,1	2 375 600	73,7	3,6

Fuente: Elaboración propia

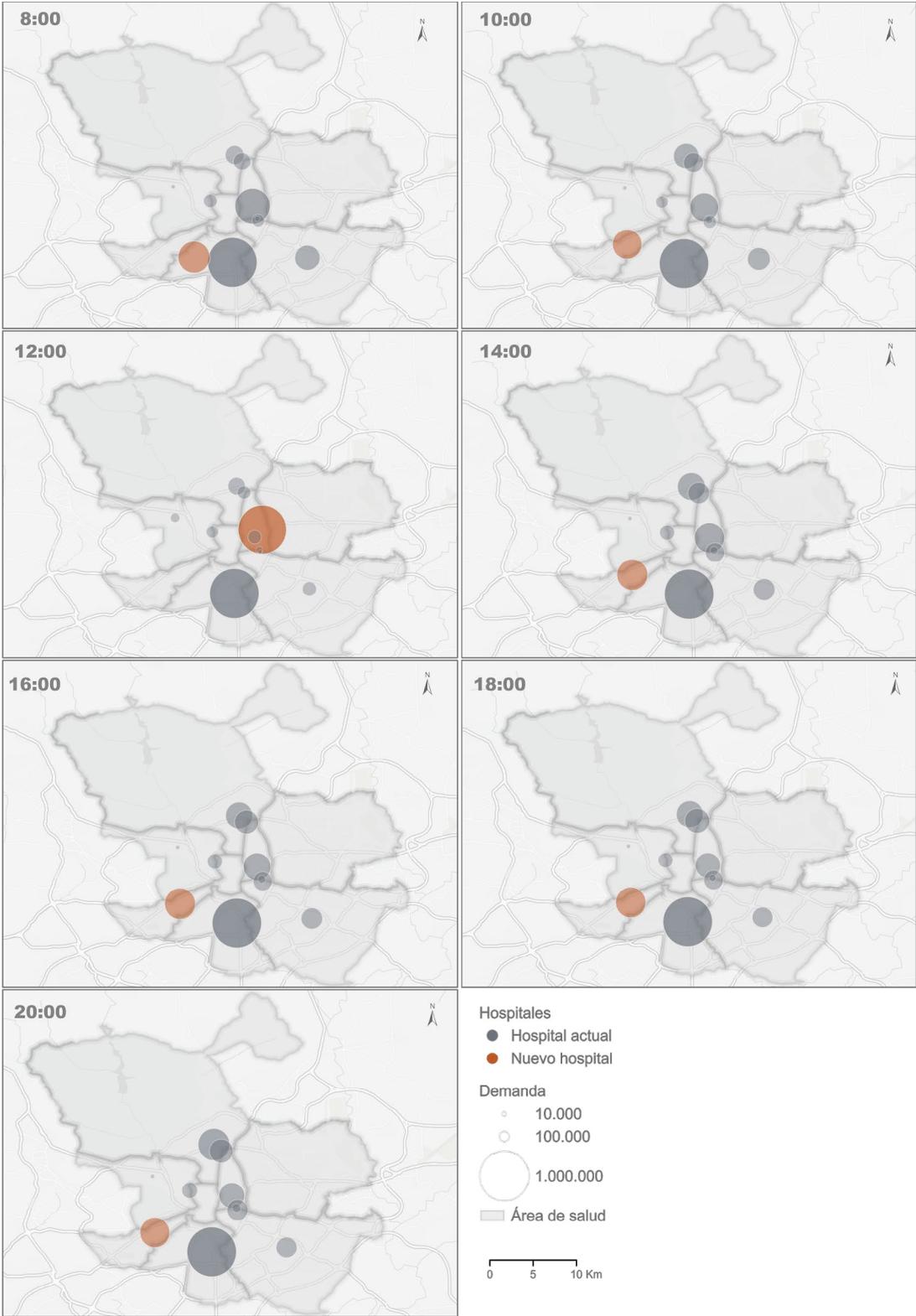
La diferencia en la demanda captada por los hospitales que atienden las áreas de salud del municipio de Madrid está plasmada en la Tabla 8. En términos generales, se reflejó que con el uso de la red GTFS los jueves se captó mayor demanda que los sábados, ya que la mayoría de los hospitales presentaron cambios porcentuales negativos, excluyendo el hospital Ramón y Cajal que registró valores positivos. Para el caso donde se utilizó la red TomTom ocurrió lo contrario, existe mayor demanda los sábados tal como lo indican los cambios porcentuales positivos (Tabla 9).

**Figura 8.** Demanda cubierta por los hospitales de referencia y el nuevo hospital (jueves red GTFS)



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Demanda cubierta por los hospitales de referencia y el nuevo hospital (jueves red TomTom)



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8. Diferencia jueves sábado hospitales de referencia red GTFS**

Hospital	8:00		10:00		12:00		14:00		16:00		18:00		20:00	
	Total	%												
HGMVT	-8959	-6,7	2343	1,9	13 941	11,7	-18 850	-13,5	-14 591	-10,4	-2524	-1,8	-4417	-3,5
HLPSC	-48 091	-11,2	-15 536	-3,8	-28 398	-6,9	-10 270	-2,6	-20 729	-4,9	-42 888	-10,1	-54 940	-13,1
HRC	-10 373	-38,3	6726	29,4	6977	35,3	-1337	-5,0	600	2,7	19 215	56,7	3271	10,8
HLP	-17 836	-12,9	-11 224	-9,4	-13 415	-10,5	-6815	-5,6	-9235	-8,0	-13 416	-12,1	-8383	-6,7
HPH	-393	-11,2	-788	-20,4	534	14,4	-554	-14,9	-365	-10,3	-665	-17,8	-482	-13,7
HSCA	-33 663	-36,6	19 323	20,6	-6933	-7,6	-4840	-5,4	2737	3,4	-4779	-5,7	19 266	26,8
HI2O	-29 913	-15,2	12 867	7,0	-4532	-2,7	39 243	22,0	-22 861	-11,4	-10 649	-5,9	13 544	6,7

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 9. Diferencia jueves sábado hospitales de referencia red TomTom**

Hospital	8:00		10:00		12:00		14:00		16:00		18:00		20:00	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
HGMVT	66 827	17,6	53 657	13,7	60 701	16,0	28 467	6,9	34 744	8,5	36 809	9,2	6217	1,5
HLPSC	77 701	20,4	31 105	7,4	109 071	32,2	59 865	15,7	95 422	27,2	123 538	39,4	104 130	31,0
HRC	64 689	23,7	145 631	74,2	68 332	23,9	59 461	20,9	68 759	25,0	74 545	27,4	-11 934	-3,7
HLP	-52 689	-24,9	-28 030	-15,4	-103 434	-41,8	-56 794	-26,1	-85 377	-35,0	-92 494	-37,4	-42 440	-18,1
HPH	15 845	17,0	62 933	137,4	9684	9,2	14 413	14,2	7141	7,0	10 648	10,3	10 102	9,4
HSCA	27355	20,2	22 708	16,3	14 623	10,3	2337	1,5	5931	3,8	6954	4,6	-8258	-5,0
HI2O	-45 607	-6,4	-91107	-12,1	-34 329	-5,0	-11900	-1,8	-662	-0,1	11560	1,8	22 463	3,5

Fuente: Elaboración propia

## 5. CONCLUSIONES

En este documento se propuso utilizar los datos GTFS y TomTom, para incorporar variables temporales sobre la red de calles que se empleó en el planteamiento de los MLA. Lo que ha permitido evaluar el efecto de las frecuencias del transporte público y de los niveles de congestión, sobre la cobertura de la demanda a lo largo de diferentes franjas horarias. En previos trabajos de Modelos de Localización Asignación, las redes utilizadas eran estáticas, solamente se contaba con datos de límites de velocidad y la longitud de los diferentes segmentos de calles. Resultaba difícil aplicar variables temporales como las frecuencias del servicio de transporte público, los niveles de congestión y la velocidad en diversas horas del día. Hoy gracias al surgimiento de las nuevas fuentes de datos como, los ficheros GTFS (General Transit Feed Specification) y los perfiles de velocidad de TomTom, es posible alimentar la red de calles con atributos que permiten hacer un acercamiento más ajustado a la movilidad real de la demanda.

Los resultados de esta investigación demuestran que la cantidad de demanda a captar por un servicio puede aumentar o disminuir, dependiendo de la variación en las

frecuencias del transporte público o de las condiciones del tráfico de las calles en las diversas franjas horarias del día. El modelo consideró estudiar el efecto en la demanda cubierta por los hospitales en algunas franjas horarias de dos días de la semana, con datos del transporte público (GTFS) y el transporte privado (TomTom), descubriendo que en ciertas horas pico la demanda que atienden los hospitales es afectada, de acuerdo con las condiciones de la red de calles.

Esta investigación tiene varias aplicaciones prácticas: en primer lugar, las instalaciones de servicio pueden ajustar su nivel de atención, por ejemplo: dosificando la mano de obra, tomando como referencia las horas donde existe mayor cobertura de la demanda. En segundo lugar, modificar los horarios de apertura o cierre de los negocios o equipamientos. A diferencia de estudios previos, donde los resultados obtenidos solo eran representativos de un momento fijo, con la incorporación de ficheros GTFS y datos de TomTom es posible analizar la variabilidad por horas, días o el periodo temporal que sea de interés.

En investigaciones futuras, se podrá incorporar otras fuentes de Big Data para obtener la demanda y la oferta de servicios, considerando la variabilidad en el espacio y tiempo. Hay abundante terreno para seguir avanzando en esta temática, se pueden incluir redes dinámicas como las que aporta Waze, Google Maps y Here, para evaluar las condiciones del tráfico en tiempo real. Cabe la posibilidad de aplicar estos modelos en otras ciudades y para cualquier tipo de servicio, así como aplicar otra variable de investigación al plantear modelos de localización que incluyan el dinamismo en sus tres principales componentes, evaluando los cambios de la demanda, oferta y la red en las diferentes horas del día.

## REFERENCIAS

- AJEBON, M. O., & ASIKHIA, M. O. (2013). Geographical Analysis of Smoking in Leeds: A GIS-Based Location-Allocation Technique for the Optimal Location of Smoking Cessation Services. *Journal of Geographic Information System*, 05(June), 269–280. <https://doi.org/10.4236/jgis.2013.53026>
- ALONSO, A. B. (2016). Localización Óptima de Contenedores de Residuos Sólidos Urbanos en Alcalá de Henares/Optimal Location of Solid Waste Location-allocation m... *M+A. Revista Electrónica de Medio Ambiente*. <http://revistas.ucm.es/index.php/MARE/article/download/53155/48811>
- BRANDEAU, M. ., & CHIU, S. S. . (1989). An Overview of Representative Problems in Location Research. *INFORMS Stable*, 35(6), 645–674. <https://www.jstor.org/stable/pdf/2632113.pdf>
- CHUKWUSA, E., & COMBER, A. (2018). The Impact of Residential and Non-Residential Demand on Location-Allocation Decision-Making: A Case Study of Modelling Suitable Locations for EMS in Leicester and Leicestershire, England UK. *Journal of Geographic Information System*, 10(04), 381–397. <https://doi.org/10.4236/jgis.2018.104020>
- EL-HALLAQ, M. A., & MOSABEH, R. (2019). Optimization of Municipal Solid Waste Management of Bins Using GIS. A Case Study: Nuseirat City. *Journal of Geographic Information System*, 11(01), 32–43. <https://doi.org/10.4236/jgis.2019.111003>
- ERFANI, S. M. H., DANESH, S., KARRABI, S. M., SHAD, R., & NEMATI, S. (2018). Using applied operations research and geographical information systems to evaluate effective factors in storage

- service of municipal solid waste management systems. *Waste Management*, 79, 346–355. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.08.003>
- GARCÍA-PALOMARES, J. C., GUTIÉRREZ, J. ; & LATORRE, M. (2012). Optimizing the location of stations in bike-sharing programs: A GIS approach. *Applied Geography*, 35(1–2), 235–246. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.07.002>
- MOYANO, A., MOYA-GÓMEZ, B., & GUTIÉRREZ, J. (2018). Access and egress times to high-speed rail stations: a spatiotemporal accessibility analysis. *Journal of Transport Geography*, 73(March), 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.10.010>
- NASSIR, N., KHANI, A., LEE, S. G., NOH, H., & HICKMAN, M. (2012). Transit Stop-Level Origin–Destination Estimation through Use of Transit Schedule and Automated Data Collection System. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2263(1), 140–150. <https://doi.org/10.3141/2263-16>
- ÖZCEYLAN, E., USLU, A., ERBAŞ, M., ÇETINKAYA, C., & KÜRŞAT, S. (2017). Optimizing the location-allocation problem of pharmacy warehouses : A case study in Gaziantep. *An International Journal of Optimization and Control: Theories & Applications*, 7(1), 117–129. <https://doi.org/10.11121/ijocta.01.2017.00373>
- RAHMAN, M., CHEN, N., ISLAM, M. M., DEWAN, A., POURGHASEMI, H. R., WASHAKH, R. M. A., NEPAL, N., TIAN, S., FAIZ, H., ALAM, M., & AHMED, N. (2021). Location-allocation modeling for emergency evacuation planning with GIS and remote sensing: A case study of Northeast Bangladesh. *Geoscience Frontiers*, 12(3), 101095. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.09.022>
- STĘPNIAK, M., & GOLISZEK, S. (2017). Spatio-temporal variation of accessibility by public transport—the equity perspective. In *The rise of big spatial data*. Springer, Cham, December, 241–261. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-45123-7>
- WONDWOSSEN, M., & BEDASA, A. (2019). Location Allocation Analysis for Urban Public Services Using GIS Techniques : A Case of Primary Schools in. *American Journal of Geographic Information System*, 8(1), 26–38. <https://doi.org/10.5923/j.ajgis.20190801.03>



# APROXIMACIÓN BIBLIOMÉTRICA AL ANÁLISIS DE LA DIFUSIÓN DE INNOVACIONES EN LA AGRICULTURA: PRODUCCIÓN CIENTÍFICA, REDES DE COOPERACIÓN Y ESCUELAS

## BIBLIOMETRIC APPROACH TO THE ANALYSIS OF THE DIFFUSION OF INNOVATIONS IN AGRICULTURE: SCIENTIFIC PRODUCTION, COOPERATION NETWORKS AND SCHOOLS

---

Rafael Mesa Manzano<sup>1</sup>

Javier Esparcia Pérez

---

<sup>1</sup> Instituto Interuniversitario de Desarrollo Local, Universidad de Valencia,

Rafael.Mesa@uv.es, 0000-0001-9525-6700

---

<sup>2</sup> Instituto Interuniversitario de Desarrollo Local, Universidad de Valencia,

Javier.Esparcia@uv.es, 0000-0002-5334-913X

---

### Resumen

La disponibilidad de acceso a bases de datos bibliográficas nos brinda la oportunidad de llevar a cabo una primera aproximación a la situación internacional de la difusión de innovaciones en la agricultura. Por medio herramientas de análisis bibliométrico, podemos organizar y sintetizar grandes volúmenes de información de los metadatos de publicaciones proporcionadas por bases de datos bibliográficas. De esta manera, es posible investigar las propiedades del sistema de publicaciones, quién publica y con quién, dónde se publica y a qué área de estudio pertenecen. Todo ello, permite obtener una imagen suficientemente precisa del panorama de la investigación a escala prácticamente mundial. El objetivo de esta investigación es realizar un análisis bibliográfico por medio de la búsqueda de grupos de palabras clave relacionadas con la difusión de innovaciones y la agricultura. Con ello, se expondrán las autorías que constituyen una referencia en el panorama científico dentro de nuestro estudio, las agrupaciones de citas y las redes temáticas de colaboración. Este trabajo es el estudio previo a trabajos futuros tales como revisiones literarias o revisiones sistemáticas sobre el estudio de la difusión de innovaciones en la agricultura.

**Palabras clave:** análisis bibliométrico, difusión de innovaciones, agricultura, producción científica

### Abstract

The availability of access to bibliographical databases gives us the opportunity to make a first approach to the international situation of the dissemination of innovations in agriculture. By means of bibliometric analysis tools, we can organise and synthesise large volumes of information from the metadata of publications provi-

ded by bibliographic databases. In this way, it is possible to investigate the properties of the publication system, who publishes and with whom, where it is published and what area of study it belongs to. All this provides a sufficiently accurate picture of the research landscape on an almost global scale. The aim of this research is to carry out a literature review by searching for groups of related keywords on the dissemination of innovations and agriculture. This will show the authorships that constitute a reference in the scientific panorama within our study, the groupings of citations and the thematic networks of collaboration. This work is a preview of future work such as literature reviews or systematic reviews on the study of the diffusion of innovations in agriculture.

**Keywords:** bibliometric analysis, diffusion of innovations, agriculture, scientific production

## 1. INTRODUCCIÓN: LA DIFUSIÓN DE INNOVACIONES

Cada año se añade un gran número de publicaciones a las bases de datos relacionadas con el estudio de la difusión de innovaciones que abarcan temáticas y disciplinas muy distintas, entre ellas, y con una relación muy antigua con el estudio de la difusión de innovaciones, se encuentra la agricultura. Esta estrecha relación entre difusión de innovaciones y agricultura tuvo su auge a mediados de los años 60, coincidiendo con la revolución agrícola, y ha continuado hasta la actualidad, dando lugar a una importante producción científica. Una parte considerable de las investigaciones relacionadas con la difusión de innovaciones se llevaron a cabo en países en desarrollo, con el fin de planificar una correcta difusión, y encontrar las formas de acelerarla.

La teoría de la difusión de innovaciones (Rogers, 2003) describe la adopción y la no adopción de una nueva tecnología, práctica o idea. La difusión de innovaciones es el proceso por el cual una innovación es comunicada a través del tiempo dentro de los miembros de un sistema social. La difusión se realiza de manera progresiva por medio de la información compartida entre los usuarios a través de canales de comunicación determinados. El proceso por el cual los usuarios adoptan innovaciones cuenta con cinco fases definidas (conocimiento, persuasión, decisión, implementación y confirmación) y cinco características según el grado de adopción (innovadores, adoptantes tempranos, mayoría temprana, mayoría tardía y rezagados) (Rogers, 2003). El grado de adopción dependerá de la rapidez en adoptar la innovación entre los miembros de un sistema social. Entender cómo se difunden y adoptan innovaciones es muy importante, tanto para las empresas como para una gran variedad de grupos sociales, con el fin obtener una mayor comprensión sobre cómo ciertas prácticas o ideas se van incorporando a lo largo del tiempo y en un espacio geográfico determinado.

La teoría de la difusión y adopción de innovaciones cuenta con un amplio número de publicaciones científicas (Chor, Wisdom, Olin, Hoagwood, & Horwitz, 2015; MacVaugh & Schiavone, 2010; Yusuf, Xie, & Trondsen, 2015) y que ha atraído la atención de muchos antropólogos, economistas, sociólogos, psicólogos, ingenieros y médicos. La sociología rural y, dentro de esta disciplina, la agricultura, son

otros de los grandes campos de estudio donde es frecuente encontrar publicaciones relacionadas esta teoría. En 1962 Everett M. Rogers, uno de los máximos exponentes de la teoría de la difusión de innovaciones, realizó una revisión bibliográfica acerca de la teoría (Rogers, 1962). Para aquel entonces, ya se podían encontrar 489 publicaciones científicas sobre la temática, repartidas en seis tradiciones de investigación, la sociología rural, la antropología, la sociología médica, educación, sociología temprana, industria y otras 90 publicaciones no incluidas en ninguna de las categorías anteriores. Diez años después, Rogers, en su obra *Diffusion Innovation* volvería a realizar el análisis bibliográfico concluyendo que para el año 1973, las investigaciones sobre la difusión de innovaciones eran de 1.417 y en 1981 de 3.085.

En la actualidad, a partir de la base de datos Scopus (1996 – 2020) el número de publicaciones basadas en la difusión de innovaciones alcanza los 5.581 artículos, estando fragmentado en multitud de disciplinas. Las áreas de estudio que cuentan con estudios relacionados con la difusión de innovaciones son, según la base de datos de Scopus, Contabilidad y Administración empresarial (19,9%), Ciencias sociales (16,1%), Ciencias de la computación (15,5%), Ingeniería (9,2%), Ciencias económicas (6,6%), Ciencias de la decisión (6,4%), Ciencias medioambientales (4,8), Matemáticas (4,1%), Medicina (3,1%), Agricultura y ciencias biológicas (2,7%) y otras áreas de estudio (11,7%).

Por medio del análisis bibliométrico o bibliometría es posible analizar los datos relacionados con las citas y el impacto de las publicaciones en una o varias temáticas seleccionadas. Los análisis bibliográficos más recientes sobre la literatura de la adopción de innovaciones pueden proporcionar una visión general por medio del análisis de acoplamiento bibliográfico y la cocitación (van Oorschot, Hofman, & Halman, 2018). Por otro lado, también encontramos revisiones sistemáticas de la literatura de temas específicos como es el análisis de los procesos de adopción en la agricultura (Feder & Umali, 1993; Pathak, Brown, & Best, 2019; Ruiz-Imbert & Cascante-Sequeira, 2021).

El objetivo de este estudio es describir la producción científica sobre la difusión de innovaciones en la agricultura entre los años 2000 y 2020 por medio de técnicas de análisis bibliométrico. Para ello, se realizará, en primer lugar, una aproximación teórica sobre el análisis bibliográfico donde diferenciamos entre revisiones literarias, sistemáticas y análisis bibliométricos, tipos de citas, redes de colaboración y análisis de grupos de palabras. En segundo lugar, hemos realizado una aproximación práctica, donde analizamos los resultados de las búsquedas refinadas que hemos realizado sobre la difusión de innovaciones en la agricultura dentro de un periodo de 20 años, desde el año 2000 al 2020.

## 2. APROXIMACIÓN A LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICOS Y REVISIONES SISTEMÁTICAS

Las metodologías de análisis de los metadatos disponibles a nuestro alcance procedentes de las bases de datos de publicaciones científicas nos permiten explorar lo más útil e importante para nuestras investigaciones. Sin embargo, hay una amplia diversidad de tipos de revisiones que puede dar lugar a confusión debido

al uso de términos imprecisos y mal aplicados (Grant & Booth, 2009, p. 91). Entre estos métodos, podemos encontrar los análisis de tipo cualitativos, cuantitativos o métodos mixtos, así como con un mayor o menor nivel de profundidad en tipos de análisis que se superponen, por lo que es importante disponer de un conocimiento previo sobre los métodos existentes y qué tienen en común entre sí (Samnani, Vaska, Ahmed, & Turin, 2017, p. 639). Aunque existen diversos métodos de análisis de literatura científica, podemos diferenciar tres grandes grupos de análisis que pueden utilizarse de manera combinada, estos son: 1) las revisiones narrativas o de literatura; 2) las revisiones sistemáticas, las cuales incluyen el mapeo sistemático y que suelen estar basadas en la realización de meta-análisis y; 3) las revisiones bibliométricas, basada fundamentalmente en información de citas, autores, campos temáticos, redes de cocitación y producción científica.

En primer lugar, las revisiones narrativas o *narrative reviews*, proveen de un enfoque amplio sobre un tema en cuestión sin tener en cuenta la metodología empleada en la búsqueda de información. Se trata de la exploración tradicional basada en revisiones generales, teóricas, metodológicas e históricas que pueden combinarse con otro tipo de revisiones como son las de tipo sistemático.

En segundo lugar, las revisiones sistemáticas o *systematic reviews* son de tipo exhaustivo y están basadas en el meta-análisis de fuentes disponibles en bases de datos y es una forma de sintetizar un gran volumen de artículos relacionados con una o varias áreas de estudio de manera combinada. Este tipo de metodologías proporcionan un procedimiento sistematizado cuyo objetivo es examinar la información de manera fiable. De la misma manera, el mapeo sistemático (Bates, Clapton, & Coren, 2007; Fagerholm, Torralba, Burgess, & Plieninger, 2016) proporciona información acerca del estado actual del conocimiento, respondiendo a preguntas como, por ejemplo, cuántos estudios se han realizado, cómo se han realizado y a qué rama de estudio pertenecen. El mapeo sistemático se utiliza para estructurar un área de investigación e identificar posibles lagunas creando temas adicionales, mientras que las revisiones sistemáticas se centran en recopilar la evidencia científica (Grant & Booth, 2009; Petersen, Vakkalanka, & Kuzniarz, 2015) while systematic reviews are focused on gathering and synthesizing evidence. The most recent guidelines for systematic mapping are from 2008. Since that time, many suggestions have been made of how to improve systematic literature reviews (SLRs). Las técnicas bibliométricas y mapeo sistemático son especialmente útiles en el análisis desde múltiples campos de investigación, desde las ciencias humanas y sociales a las médicas, biológicas e ingenierías, si bien, en estas últimas se vienen empleando mayormente técnicas de revisión y mapeo sistemático con el fin de analizar ensayos aleatorios, evaluaciones e intervenciones. Tanto el análisis bibliométrico como la revisión sistemática y mapeo sistemático, pese a que no suelen utilizarse de manera conjunta, pueden brindar una visión en profundidad desde distintas perspectivas (Nakagawa et al., 2019).

En tercer lugar, el análisis bibliométrico utiliza la información sobre los autores, donde se incluyen las redes de citas o palabras compartidas entre artículos y el impacto e influencia de los estudios publicados (Jarden et al., 2019; Li y Sui, 2011; Nakagawa et al., 2019, p. 224). La bibliometría o cienciometría, frecuentemente pone el foco en la investigación de los metadatos que contiene información

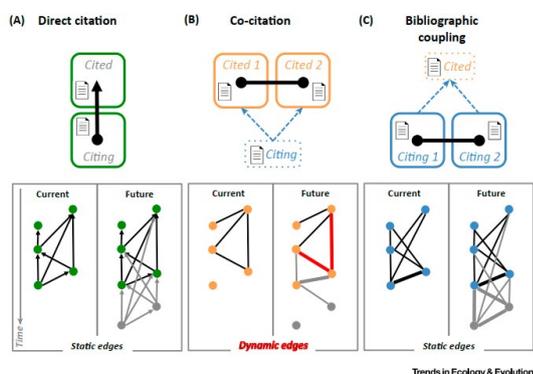
científica. Sin embargo, este tipo de análisis se pueden realizar sobre datos cuyo origen no sea científico. La bibliometría tiene el alcance de investigar las propiedades del sistema de publicaciones, quién publica y con quién, dónde se publica y a qué área pertenece. Si bien, el reto para las ciencias sociales y humanas, tanto para el análisis bibliométrico como las revisiones sistemáticas, es no poder encajar perfectamente en un encuadre sistematizado de investigación debido a la gran variedad de formas entre estudios locales y regionales, así como la prevalencia de la lengua no inglesa (Bellis, 2009). A este respecto, la revisión literaria bibliométrica permite obtener una imagen lo suficientemente precisa para encaminar el desarrollo de la investigación y recurrir a diversos métodos de análisis empleados, pero también a la reconsideración y desarrollo de nuevas metodologías (Petticrew y Roberts, 2008).

Como se ha mencionado, el uso de distintas capas de análisis, pese a que se complementan y disponen de un elevado potencial, no suelen incorporarse de manera conjunta a revisiones sistemáticas o mapas sistemáticos en combinación con análisis bibliométrico. A la combinación de ambas técnicas algunos autores la han denominado *Research weaving* o “hilar la investigación” (Nakagawa et al., 2019; Onwuegbuzie y Frels, 2016).

En bibliometría se utilizan dos enfoques principales: el análisis de rendimiento y el mapeo de la ciencia o mapeo bibliométrico. Con el primero, se representa el factor de impacto y la productividad, mientras que con el segundo se exploran las redes de cocitación y coocurrencia de palabras. Así, el análisis de cocitación también llamado de “estructura intelectual” refleja las conexiones entre diversos autores o nodos según las citas entre artículos normalmente relacionadas con las mismas temáticas de investigación. En este tipo de análisis se pueden diferenciar tres métodos: las citas directas, las redes de cocitación y el acoplamiento bibliográfico. Asimismo, de manera frecuente también suelen ir emparejados con estos estudios los análisis de colaboración y análisis de coocurrencia de palabras y nubes de palabras. En los siguientes apartados se explica de manera resumida la utilidad de cada uno de estos análisis.

### 1.1. Citas directas, redes de cocitación y acoplamiento bibliográfico

Las citas directas son usadas para identificar información específica y no suelen utilizarse debido a que es necesario disponer de ventanas de tiempo largas con el fin de obtener un resultado lo suficientemente representativo de agrupación para construir la historiografía de las citas (Boyack & Klavans, 2010, p. 2390). En segundo lugar, la cocitación y el acoplamiento bibliográfico miden la conexión y frecuencia con la que dos artículos se citan. De este modo, dos artículos están intensamente cocitados cuando se han citado de manera conjunta en bibliografía posterior, por lo tanto, la cocitación está generada por los autores citantes y, de esta manera, a medida que cambian los patrones de citas en el tiempo también cambiarían las temáticas asociadas y los términos (Boeris, 2011, p. 13). En tercer lugar, el acoplamiento bibliográfico mide la superposición de las citas de los propios artículos. En resumen, mientras la cita directa y el acoplamiento bibliográfico son estáticos, la cocitación es dinámica y cambia con el tiempo (Nakagawa et al., 2019).

**Figura 1.** a) citas directas; b) red de cocitación y c) red de acoplamiento bibliográfico

Fuente: Nakagawa et al. (2019)

Como se observa, la cocitación es un importante elemento de análisis ya que aporta una visión de la estructura conceptual o metodológica de una o varias disciplinas clave que interactúan entre sí y permite realizar un rastreo de las relaciones entre documentos, las conexiones entre diferentes campos temáticos, la generación de clúster entre autores, entre palabras o resúmenes a partir de las estructuras de cocitación, mientras que el acoplamiento bibliográfico está más cerca del análisis de colaboración y de palabras, debido a que cuando los artículos están acoplados se refiere a que tienen referencias en común y, por lo tanto, la intensidad entre los artículos está determinada por las referencias en común que estos poseen (Boeris, 2011, p. 12).

## 1.2. Análisis de redes de colaboración y coautoría

Entre los tipos de análisis bibliométricos encontramos también el análisis de co-autoría, el cual muestra el grado de colaboración existente en una comunidad o entre comunidades científicas. Como señala (Boeris, 2011, p. 13) a partir de Sonnenwald (2007), “puede definirse colaboración científica como la interacción entre dos o más científicos dentro de un contexto social donde se facilitan la distribución e intercambio de tareas con el fin de lograr un objetivo determinado”. Algunos estudios se han empleado para realizar un mapeo de redes de autores por departamentos académicos, mostrando que la interacción interdepartamental, estudiada a partir de datos combinados entre gráficos redes y estadística, puede mejorar el entendimiento de cómo se generan las estructuras de red a partir de los atributos de los autores (Mählck & Persson, 2000). Con frecuencia, en los análisis bibliométricos podemos encontrar, además de las redes de colaboración entre autores, entre instituciones y países.

## 1.3. Análisis de co-correncia de palabras y nubes de palabras

Uno de los problemas clave en el análisis bibliométrico es la clasificación de los documentos científicos para su indexación. El concepto de documento ha cambiado pasando de ser algo “físico” y tangible, como una revista o un libro de papel, a

crear colecciones de datos digitales, creando así, grandes bases de datos y permitiendo realizar búsquedas de información mucho más refinadas. Para el caso, realizar un análisis de los contenidos de los documentos es otra de las variantes que se desprenden del análisis de redes de cocitación, como son, la asociación entre palabras y la generación de agrupamientos de las mismas.

A mediados de los años 1950 numerosos investigadores trabajaron en las probabilidades estadísticas de la frecuencia de ocurrencia de las palabras y su posición relativa, dando lugar a valores de importancia dentro de una determinada frase (Bellis, 2009, p. 27). Por lo tanto, las palabras se pueden vincular dentro de un patrón asignándoles un peso para estimar un valor relativo que sirva como identificador. De esta manera, dicho análisis ha adquirido el nombre de análisis de co-palabra, debido al empleo de técnicas que utiliza patrones de co-ocurrencia dentro de un corpus de textos (Bellis, 2009; He, 1999).

#### **1.4. Análisis de Redes Sociales aplicados a la coocurrencia y redes de cocitación**

Como se ha podido observar, desde una perspectiva conceptual del Análisis de Redes Sociales pueden trabajarse las relaciones entre distintos elementos basado en la teoría de grafos. Los nodos, representan en este caso a los autores de los artículos citados, la coocurrencia de palabras o las instituciones, mientras que los ejes, representados expresados por medio de ejes o líneas, representan las conexiones entre los nodos. Por lo tanto, es posible analizar las relaciones por medios de valores de relaciones simples (entre dos actores) y múltiples (entre más de dos), así como de redes dirigidas y no dirigidas (Boeris, 2011, p. 17).

Dentro del Análisis de Redes Sociales existen multitud de medidas que se pueden aplicar y que permiten analizar el conjunto de la red, subconjuntos, por medio de la visualización de agrupaciones y métricas individuales de cada nodo. Algunas de las métricas que suelen aplicarse para tal fin son la densidad (para el conjunto de la red), el grado nodal, la cercanía y la intermediación (para determinar la posición de cada actor), además del análisis clúster.

### **3. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA**

Este estudio, mediante técnicas de análisis bibliométrico, analiza los datos de 593 documentos cuya información se encuentra disponible en los metadatos de los archivos proporcionados por la base de datos “Scopus” y que se han recabado por medio de la búsqueda de grupos de palabras clave relacionados con la difusión de innovaciones y la agricultura en los apartados “Título, resumen y palabras clave” de cada documento.

El objetivo de este estudio es identificar, a través de análisis cuantitativo, los campos temáticos, redes de co-citaciones, instituciones académicas y autores más relevantes en una búsqueda combinada en los campos temáticos mencionado anteriormente. De esta manera, partimos de las hipótesis de que los estudios de la difusión de innovaciones en la agricultura se reparten por diversas escuelas a escala internacional con una gran diversidad de autores e instituciones y que

continúan con una tendencia al alza incrementando cada año el número de publicaciones en estos campos temáticos.

Para realizar el análisis se ha escogido un periodo que abarca los últimos 20 años (2000-2020) y se ha analizado la siguiente información de cada artículo (autoría y coautoría, autores y artículos citados, afiliaciones de los autores, país de origen y colaboración con otros países, año de publicación, tipo de documento y palabras clave). Tanto para el análisis de redes de colaboración institucionales como en las redes de co-citación, se ha utilizado el algoritmo de clúster “Louvain”, limitado en todos los casos a 50 nodos y eliminando los nodos aislados con la finalidad de reducir la carga visual de los gráficos.

La información obtenida se ha dividido en tres grupos en el apartado de “Resultados” como “Producción científica y fuentes”, “Redes de afiliación y citas por países” y “Mapas de estructuras conceptuales y redes de cocitación”.

Este análisis se ha realizado con RStudio empleando la librería “bibliometrix” para el análisis bibliográfico y “ggplot2” para la realización de una parte de la representación gráfica (Aria & Cuccurullo, 2017; Team, 2013; Wickham, 2016).

### 3.1. Construcción de la sintaxis para la búsqueda refinada

Los pasos previos al análisis bibliométrico están determinados por la construcción de una búsqueda avanzada precisa. Para realizar el análisis hemos procedido de la siguiente manera:

1. Base de datos utilizada: Scopus
2. Búsqueda de palabras clave en los apartados: Título, Resumen y Palabras clave
3. Documentos a analizar: artículos, libros y capítulos de libro, quedando excluidos todos demás, como informes, notas de investigación o congresos.
4. Periodo: 1 de enero del año 2000 hasta el 1 de enero del año 2021 (20 años)
5. Sintaxis utilizada para la realización de una búsqueda refinada por medio de grupos de palabras clave que estén relacionadas con las áreas de estudio de la difusión de innovaciones y la agricultura:
  - a. Difusión de innovaciones: innovation diffusion, new product diffusion, difusión de innovaciones, adopción de innovaciones, difusión de conocimiento y knowledge diffusion
  - b. Agricultura: agricultur\*, organic agriculture, sustainable agriculture, ecologic agriculture, farm, Organic farm, sustainable farm, ecological farm\*, agroecology, organic food

Utilizando el esquema de búsqueda anterior se han obtenido los siguientes resultados (ver Tabla 1):

**Tabla 1. Resumen de los resultados de la búsqueda**

INFORMACIÓN PRINCIPAL SOBRE LOS DATOS	
N° Documentos	593
Media de publicaciones por año	6.56
Media de citas por documento	17.63
Media de citas por documento y año	2.099
Referencias	36419
TIPOS DE DOCUMENTOS	
Artículo	558
Libro	5
Capítulo de libro	30
Palabras clave	1952
AUTORES	
Autores	1602
Documentos con una sola autoría	102
Documentos con multi-autoría	1500
COLABORACIÓN ENTRE AUTORES	
Documentos por autor	0.37
Autores por documento	2.7
Co-autores por documento	3
Índice de colaboración	3.07

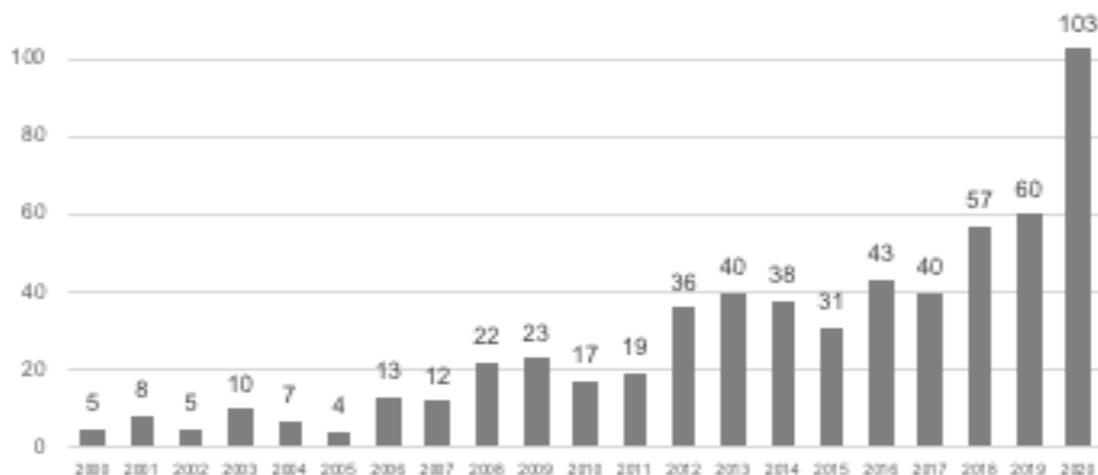
Fuente: Elaboración propia.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. PRODUCCIÓN CIENTÍFICA Y FUENTES

Según los datos de la base de datos Scopus, las publicaciones realizadas bajo las temáticas “difusión de las innovaciones” y “agricultura” han continuado teniendo una tendencia creciente (Figura 2). Las revistas científicas que mayor número de publicaciones acumulan sobre la temática son las descritas en la Tabla 2, siendo “Sustainability”, Journal of Cleaner Production y “Technological Forecasting and Social Change” las acumulan un mayor número de publicaciones, seguidas de las revistas “Agricultural Systems”, “British Food Journal” o “Journal of Rural Studies”, entre otras. Este tipo de revistas, dentro de las temáticas sobre la difusión de innovaciones y agricultura acogen una gran variedad de disciplinales tales como la sociología, antropología, geografía, la sostenibilidad, la tecnología, alimentación, estudios rurales, enfermería o medicina.

**Figura 2.** Producción científica anual (2000-2020)



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.** Las 10 revistas más relevantes por número de publicaciones

Revistas	Publicaciones
Sustainability (Switzerland)	14
Journal of Cleaner Production	13
Technological Forecasting and Social Change	12
Agricultural Systems	8
British Food Journal	8
Journal of Rural Studies	7
Research Policy	6
Cahiers Agricultures	5
Computers In Human Behavior	5
Ecological Economics	5

Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta a los 20 artículos más citados en la búsqueda combinada sobre difusión de innovaciones y agricultura en la base de datos Scopus también se encuentra, de manera similar, un enfoque desde varias disciplinas. Entre estos ejemplos, podemos encontrar numerosos artículos científicos de utilidad para nuestra estudio y que pueden estar relacionados con la temática a investigar como, por ejemplo, el estudio que se realiza sobre la difusión de conocimiento en la escuela agraria de capataces en Indonesia (Feder, Murgai, & Quizon, 2004).

**Tabla 3. Los 20 artículos más citados y media de citas por año.**

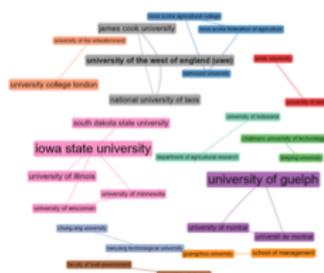
Primer autor y revista	Citas totales	Citas totales por año
Henrich J, 2001, American Anthropologist	300	14,3
Greenhalgh T, 2017, Journal of Medical Internet Research	278	55,6
Young HP, 2009, American Economy Review	265	20,4
Chao CC, 2007, Technovation	245	16,3
Van Den Bulte C, 2007, Marketing Science	245	16,3
Jacobs JA, 2009, Annual Review of Sociology	243	18,7
Fischer E, 2012, World Development	236	23,6
Chen C, 2006, Inf Visualization: Beyond the Horizon	228	14,2
Edwards-Jones G, 2006, Animal Science	200	12,5
Seyfang G, 2014, Environmental Innovation and Societal Transitions	185	23,1
Spencer JW, 2008, Academy of Management Review	180	12,8
Hameed MA, 2012, Engineering Technology Management	166	16,6
Feder G, 2004, J Agricultural Economics	135	7,5
Wu Y, 2013, J Supply Chain Management	133	14,5
Adrian Am, 2005, Computer and Electronics in Agriculture	132	7,8
Giuliani E, 2009, Research Policy	124	9,5
El-Gohary H, 2012, Tour Management	122	12,2
Chou CJ, 2012, International J. Hospital Management	121	12,1
Long TB, 2016, J Cleaner Production	117	19,5
Seyfang G, 2013, Global Environmental Change	113	12,5

Fuente: Elaboración propia

## 4.2. Redes filiación y citas por países

Las redes de afiliación o redes de colaboración educativa representan las distintas universidades o departamentos que han realizado investigaciones conjuntas. En la Figura 3 se representan los clústeres de colaboración diferenciados por color. Es este sentido, es frecuente encontrar colaboración entre universidades de un mismo país, aunque, sin embargo, también encontramos excepciones como las redes colaborativas de Inglaterra junto con la Universidad Nacional de Laos.

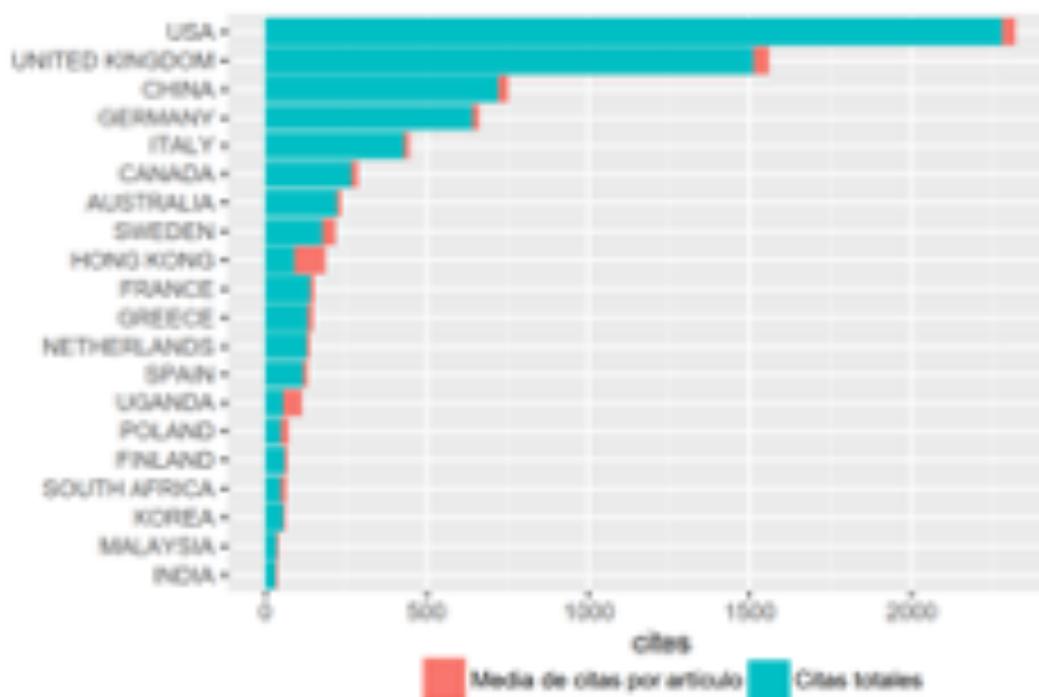
**Figura 3.** Redes de colaboración según la afiliación



Fuente: Elaboración propia

Continuando con lo anterior, obviando las relaciones de cooperación en la investigación, en la Figura 4 se representa el número de citas totales y media de citas por países dentro de la temática de la difusión de innovaciones en la agricultura. Este gráfico puede ser especialmente útil para hacernos una idea de la importancia de las temáticas de referencia a escala global. Como vemos, EE. UU (USA) es el país con un mayor número de citas en estos campos de estudio, seguido de Reino Unido (UK) y China.

**Figura 4.** Citas totales y media de citas por artículo de los 20 países con más citas



Fuente: Elaboración propia

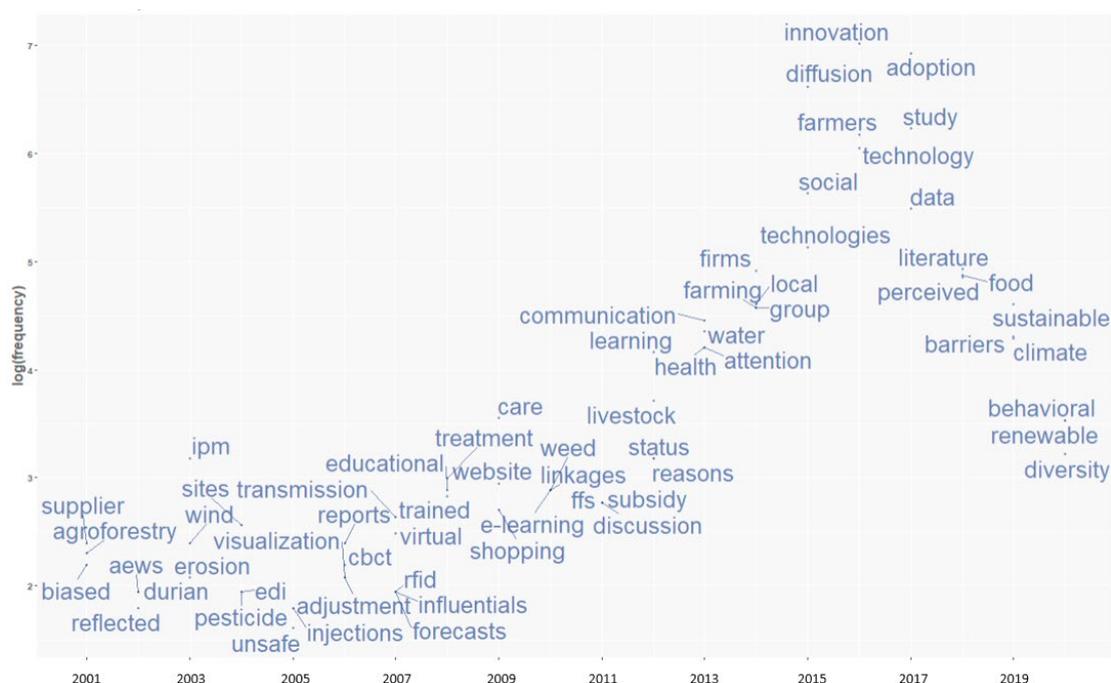
### 4.3. Mapa de estructuras conceptuales y redes cocitación

En este último apartado hemos querido añadir dos análisis más, el primero trata sobre los temas de tendencia en los resúmenes o *Trend topics abstract* y el segundo, sobre las redes de cocitación de publicaciones científicas indexadas.

En primer lugar, los temas de tendencia pueden entenderse como un análisis de minería de texto similar a los gráficos de nubes de palabras. Sin embargo, en la Figura 5 vemos el resultado de un análisis más profundo de tipo cuantitativo dado el conteo de frecuencia de aparición en artículos de investigación por año. El análisis se ha realizado limitando el conteo a tres palabras por año. La tendencia, como puede observarse, está tanto en la variabilidad de los grupos de palabras como en la frecuencia de aparición. Cabe recordar, que el punto de partida de este análisis bibliométrico se encuentra entre dos temáticas como son “la difusión de innovaciones” y “la agricultura” y que a partir de la búsqueda refinada se ha obtenido un total de 593 artículos determinados, dentro de este número de artículos basados en esos temas, obtenemos

igualmente diferentes tendencias por año en el uso y por tanto en las frecuencias de palabras. Observamos, por ejemplo, que entre los años 2015 y 2017, las palabras “innovación, adopción y difusión” aparecieron con más frecuencia en los resúmenes de las publicaciones.

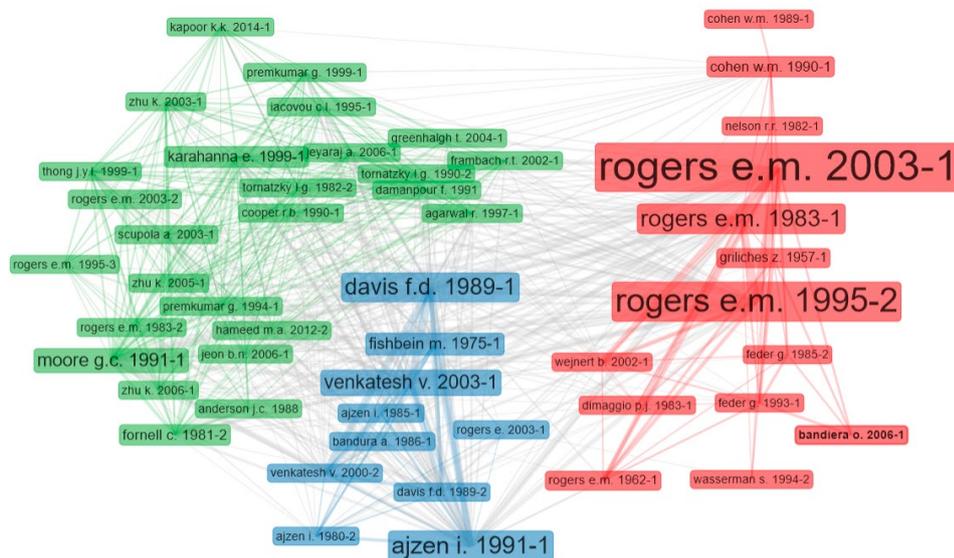
**Figura 5.** Temas de tendencia en los resúmenes de las publicaciones sobre la difusión de innovaciones y agricultura en base de datos de Scopus en 2000 y 2020.



Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta a las redes de cocitación, como se ha mencionado anteriormente, la cocitación hace referencia a los documentos citados que están fuertemente unidos, aun siendo de temáticas diferentes. En la Figura 3 se muestra la red de cocitación de publicaciones científicas en base a los resultados de búsqueda de la base de datos de Scopus en los últimos 20 años. En la red se representan tres agrupaciones de red por color que se han calculado a través del algoritmo Louvain. Pese a que los tres clústeres están interconectados. Este tipo de análisis es adecuado para obtener un mapa amplio de las autorías destacadas, sobre todo, en lo que respecta a corrientes teóricas o de pensamiento de los temas a tratar. Para el caso, como podemos observar en el gráfico, Everett Rogers, es uno de los teóricos más destacados en las teorías de la difusión de innovaciones y que tiene una predominancia en uno de los clústeres.

**Figura 6.** Redes de cocitación de publicaciones científicas sobre la difusión de innovaciones y agricultura en la base de datos Scopus en 2000 y 2020



Fuente: Elaboración propia

#### 4. CONCLUSIÓN

El análisis bibliométrico es un método que se considera de utilidad y recomendable como herramienta para enfocar y mapear un tema de estudio y fundamentalmente investigaciones en un periodo de tiempo determinado, debido a la gran cantidad de datos disponibles en bases de datos bibliográficos, por las grandes posibilidades de análisis y, sobre todo, por la facilidad de uso a través de las librerías y programas computacionales actuales.

En primer lugar, la bibliometría ha permitido centrar el estado de cuestión, tanto desde el número de publicaciones por año e impacto del tema a investigar, como la obtención de las revistas que acogen la temática de interés.

En segundo lugar, las redes institucionales o colaborativas entre universidades son útiles tanto porque permite tener constancia de los temas que se desarrollan en otros centros de investigación como la posibilidad de crear vínculos, tanto para investigaciones como para estancias universitarias.

En tercer lugar, hemos podido saber qué autores son los más destacados en el campo de la difusión de innovaciones en la agricultura, tanto a través de los artículos más citados como de las redes de cocitación. Este tipo de análisis permite dirigir de una forma más precisa del marco teórico de una investigación.

En cuarto lugar, la librería “bibliometrix” ha ido incorporando nuevas funcionalidades, siendo una herramienta versátil cuyas actualizaciones periódicas han ido ofreciendo cada vez mejores resultados y facilidad de uso.

Por último, una de las últimas funcionalidades incorporadas ha sido lo que hemos llamado minería de texto y que ofrece como resultado las tendencias de palabras

por año lo que posibilita obtener un resumen rápido de cuales han sido las tendencias de los temas principales y alternativamente tener conocimiento, ya no solo de las temáticas trabajadas sino también de los temas menos tratados.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARIA, M., & CUCCURULLO, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- BATES, S., CLAPTON, J., Y COREN, E. (2007). Systematic maps to support the evidence base in social care. *Evidence and Policy*, 3(4), 539–551. DOI: 10.1332/174426407782516484
- BELLIS, N. DE. (2009). *Bibliometrics and citation analysis : from the Science citation index to cybermetrics*. Lanham, Md.: Scarecrow Press.
- BOERIS, C. (2011). *Aplicación de métodos bibliométricos a la evaluación de colecciones : el caso de la Biblioteca del Instituto Argentino de Radioastronomía*. DOI: 10.13140/RG.2.1.5193.0081
- BOYACK, K. W., Y KLAVANS, R. (2010). Co-citation analysis, bibliographic coupling, and direct citation: Which citation approach represents the research front most accurately? *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(12), 2389–2404. DOI: 10.1002/asi.21419
- CHOR, K. H. B., WISDOM, J. P., OLIN, S.-C. S., HOAGWOOD, K. E., Y HORWITZ, S. M. (2015). Measures for Predictors of Innovation Adoption. *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research*, 42(5), 545–573. DOI: 10.1007/s10488-014-0551-7
- FAGERHOLM, N., TORRALBA, M., BURGESS, P. J., Y PLIENINGER, T. (2016). A systematic map of ecosystem services assessments around European agroforestry. *Ecological Indicators*, 62, 47–65. DOI: 10.1016/j.ecolind.2015.11.016
- FEDER, G., MURGAI, R., Y QUIZON, J. B. (2004). The acquisition and diffusion of knowledge: The case of pest management training in Farmer Field Schools, Indonesia. *Journal of Agricultural Economics*, 55(2), 221–243. DOI: 10.1111/j.1477-9552.2004.tb00094.x
- FEDER, G., Y UMALI, D. L. (1993). The adoption of agricultural innovations: a review. *Technological Forecasting and Social Change*, 43(3–4), 215–239.
- GRANT, M. J., Y BOOTH, A. (2009). A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information and Libraries Journal*, 26(2), 91–108. DOI: 10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x
- HE, Q. (1999). Knowledge Discovery Through Co-Word Analysis. *Library Trends*, 48(1), 133–159.
- JARDEN, R. J., NARAYANAN, A., SANDHAM, M., SIEGERT, R. J., Y KOZIOL-MCLAIN, J. (2019). Bibliometric mapping of intensive care nurses' wellbeing: Development and application of the new iAnalysis model. *BMC Nursing*, 18(1), 1–11. DOI: 10.1186/s12912-019-0343-1
- LI, Y., Y SUI, M. (2011). Literature Analysis of Innovation Diffusion. *Technology and Investment*, 02(03), 155–162. DOI: 10.4236/ti.2011.23016
- MACVAUGH, J., Y SCHIAVONE, F. (2010). Limits to the diffusion of innovation: A literature review and integrative model. *European Journal of Innovation Management*, 13(2), 197–221. DOI: 10.1108/14601061011040258
- MÄHLCK, P., Y PERSSON, O. (2000). Socio-Bibliometric Mapping of Intra-Departmental Networks. *Scientometrics*, 49(1), 81–91. DOI: 10.1023/A:1005661208810
- NAKAGAWA, S., SAMARASINGHE, G., HADDAWAY, N. R., WESTGATE, M. J., O'DEA, R. E., NOBLE, D. W. A., & LAGISZ, M. (2019). Research Weaving: Visualizing the Future of Research Synthesis. *Trends in Ecology & Evolution*, 34(3), 224–238. DOI: 10.1016/J.TREE.2018.11.007

- ONWUEGBUZIE, A. J., Y FRELS, R. (2016). *Seven steps to a comprehensive literature review: A multimodal and cultural approach*. Sage.
- PATHAK, H. S., BROWN, P., Y BEST, T. (2019). A systematic literature review of the factors affecting the precision agriculture adoption process. *Precision Agriculture*, 20(6), 1292–1316. DOI: 10.1007/s11119-019-09653-x
- PETERSEN, K., VAKKALANKA, S., Y KUZNIARZ, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64, 1–18. DOI: 10.1016/j.infsof.2015.03.007
- PETTICREW, M., & ROBERTS, H. (2008). *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. John Wiley & Sons.
- ROGERS, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations*. 5th Edition. The Free Press, New York.
- ROGERS, E. M. (1962). Bibliography on the Diffusion of Innovations. *Mimeo Bulletin*, 328, 74.
- RUIZ-IMBERT, A. C., Y CASCANTE-SEQUEIRA, D. (2021). Literature review Literature review. *Literature Review*, 167–177. DOI: 10.15517/IJDS.2021.45106
- SAMNANI, S. S., VASKA, M., AHMED, S., Y TURIN, T. C. (2017). Review typology: The basic types of reviews for synthesizing evidence for the purpose of knowledge translation. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan*, 27(10), 635–641.
- TEAM, R. C. (2013). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria.
- VAN OORSCHOT, J. A. W. H., HOFMAN, E., & HALMAN, J. I. M. (2018). A bibliometric review of the innovation adoption literature. *Technological Forecasting and Social Change*, 134, 1–21. DOI: 10.1016/j.techfore.2018.04.032
- WICKHAM, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Retrieved from <https://ggplot2.tidyverse.org>
- YUSUF, M., XIE, J., Y TRONDSEN, T. (2015). Decision Process for Adoption of Innovative Products in the European Seafood Market: The Importance of Supply and Demand Factors. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing*, 27(4), 255–272. DOI: 10.1080/08974438.2014.918917

# DESARROLLO DE UN MODELO GEOGRÁFICO DE ALTA RESOLUCIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN ENTORNOS URBANOS E INDUSTRIALES. ANÁLISIS DE RESULTADOS E IDONEIDAD DE LAS FUENTES DE DATOS

## DEVELOPMENT OF A HIGH RESOLUTION GEOGRAPHIC MODEL FOR THE SOLAR ENERGY ESTIMATION IN URBAN AND INDUSTRIAL ENVIRONMENTS. ANALYSIS OF RESULTS AND SUITABILITY OF DATA SOURCES

---

Javier Domínguez Bravo<sup>1</sup> y Ana María Martín Ávila<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Tecnologías de la Información Geográfica y Energías Renovables, Departamento de Energía, Centro de Investigaciones Energéticas, Ambientales y Tecnológicas, javier.dominguez@ciemat.es, código ORCID 0000-0002-9677-7265

---

### Resumen

gSolarRoof es un modelo capaz de estimar el potencial de generación de energía solar, aprovechando la superficie de los tejados, en entornos urbanos e industriales. Para ello, este modelo aplica una serie de reglas de carácter variable que permiten generar diferentes escenarios de aprovechamiento, en función de las tecnologías energéticas, las normas de edificación, la demanda estimada o la protección y seguridad tanto del edificio como de la instalación, entre otras. El análisis se realiza a partir de un MDS elaborado con datos LIDAR (PNOA), o bien, de datos de restitución obtenidos mediante vuelos no tripulados (dron), variando la resolución entre 1 m y pocos centímetros. El resultado es un análisis pormenorizado de la superficie disponible de todos los edificios analizados, y de su potencial para la generación de energía con fuentes renovables. La ponencia se centra en el análisis comparativo de las diferentes técnicas y fuentes de datos empleadas, los métodos de análisis de error e incertidumbre aplicados, la validación del modelo y los resultados obtenidos en diferentes casos de estudio.

**Palabras clave:** SIG, LIDAR, energía solar, dron, energías renovables, [gSolarRoof](#).

### Abstract

gSolarRoof is a model that estimates the potential for solar energy generation using the roof surface in urban and industrial environments. To do so, the model applies a series of variable rules that allow the generation of different scenarios, depending on energy technologies, building standards, estimated demand or the protection

and security of both, the building and the installation, among others. The analysis is performed from a DSM elaborated with LIDAR data (PNOA), or from restitution data obtained by unmanned flights (drone), varying the resolution between 1 m to few centimeters. The result is a detailed analysis of the available surface of all the buildings analyzed, and their potential for the generation of energy with renewable sources. The paper focuses on the comparative analysis of the different techniques and data sources used, the error and uncertainty analysis methods applied, the validation of the model and the results obtained in different case studies.

**Keywords:** GIS, LIDAR, solar energy, drone, renewable energy, gSolarRoof.

## 1. INTRODUCCIÓN

En estos momentos nos encontramos ante un importantísimo reto por superar un modelo energético responsable, en gran medida, del calentamiento global y de la modificación del clima terrestre. Este nuevo paradigma transita por la extensión de las tecnologías que aprovechan las fuentes renovables de energía. Esta extensión no está exenta de riesgos, impactos y afecciones. Conflictos derivados del uso del suelo, pérdidas de patrimonio natural, paisajístico o biodiversidad son, entre otros, riesgos que no debemos eludir pese a la imperiosa necesidad de impulsar este modelo renovable.

Una opción clara en esta apuesta, que implica un menor impacto en el uso del suelo y una mayor participación de la ciudadanía, es apostar por la generación distribuida, fundamentalmente solar, que permita un aprovechamiento efectivo y sostenible de nuestros tejados y cubiertas. En este sentido, recientes estudios estiman que en el año 2050 más de una cuarta parte de la población española podrían ser productores de su propia electricidad (Greenpeace, 2020).

Numerosos estudios abordan esta problemática desde la perspectiva de las TIG. Del análisis de la literatura podemos afirmar que no existe una metodología única (Martín *et al.*, 2015). Para establecer la capacidad de generar energía solar de los tejados, es necesario identificar la superficie de tejado adecuada donde instalar paneles solares, analizando la estructura urbana y las dimensiones y morfología de los edificios (Jacques *et al.*, 2014). Cada vez es más común el empleo de datos LIDAR para levantar modelos tridimensionales urbanos (Nguyen *et al.*, 2012). Disponer de este tipo de datos de alta resolución, especialmente de entornos urbanos complejos, también facilitará la determinación de la radiación solar y los factores que influyen en su distribución espacial y limitan la producción final de energía. El análisis de la radiación debe establecer una caracterización adecuada de los componentes de la radiación y considerar el efecto de la topografía, las sombras y las condiciones atmosféricas en la zona (Borfecchia *et al.*, 2014; Hong *et al.*, 2017). Algunos estudios determinan la generación potencial de energía con diferentes tecnologías de paneles solares considerando su eficiencia y limitaciones técnicas (Quiquerez *et al.*, 2015). Además, pueden incluirse los costes, la cobertura de la demanda cubierta con los paneles solar o las emisiones de gases contaminantes evitables a la atmósfera (Gooding *et al.*, 2013).

El trabajo desarrollado por el grupo de Tecnologías de la Información Geográfica y Energías Renovables (gTIGER) del Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) aporta en esta línea de aplicación de las TIG y del análisis geográfico para la mejora de la introducción de las energías renovables y el desarrollo de un nuevo paradigma energético. Este trabajo se ha plasmado en el desarrollo del modelo gSolarRoof y de números casos de estudio realizados con el mismo (Martín-Ávila *et al.*, 2016).

A título de ejemplo, uno de los últimos casos desarrollados ha sido el proyecto europeo IDERCEXA (2017), cuyo objetivo era ayudar al desarrollo y la innovación de la región EUROACE (Alentejo y Centro en Portugal y Extremadura en España) mediante la implementación y El objetivo de esta ponencia es la revisión crítica de las fuentes de datos utilizadas en el desarrollo de gSolarRoof, el análisis de los errores detectados y la influencia de las diferentes resoluciones que pueden presentar los datos, poniendo de relieve la validación del modelo realizada a través de los resultados obtenidos en diferentes casos de estudio.

En primer lugar, se establece brevemente la metodología y el diseño del modelo gSolarRoof, para a continuación, presentar las fuentes de información del modelo, las fases en las que intervienen y los principales errores encontrados en la revisión y procesado de los datos. A lo largo de este documento, se referencia el empleo de datos de diferente resolución, analizando la mejora en la definición de la forma de los tejados e identificación de elementos y su influencia en la operatividad del modelo. Finalmente, se revisan los resultados obtenidos en varios edificios y casos representativos, procediendo a la validación de los parámetros analizados y a la definición de los ajustes y mejoras del mismo.

## 2. METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL MODELO GSOLARROOF

gSolarRoof es un modelo SIG que evalúa el potencial solar para el aprovechamiento energético en entornos urbanos, analizando las localizaciones idóneas para instalar paneles solares y la producción de energía (fotovoltaica y térmica) de acuerdo a la radiación solar que recibe la zona estudiada (Martín-Ávila *et al.*, 2016). El modelo ha sido diseñado con la aplicación ModelBuilder del software ArcGIS. El proceso parte de la creación de un modelo digital de superficie (MDS) de la zona de estudio generado a partir de archivos de nubes de puntos (.las) que proporcionan una representación tridimensional del conjunto urbano. El MDS permite caracterizar las dimensiones de los edificios y la disposición de los tejados que, conforme a la densidad de la nube de puntos, puede tener precisiones variables que van desde un metro hasta pocos centímetros en función de la fuente, el sensor y la forma de captura de la información.

Establecida la estructura urbana, se determina la radiación solar anual utilizando la herramienta ‘Radiación solar de áreas’ del software ArcGIS configurada con los parámetros atmosféricos que influyen en la variación de la radiación a lo largo del año (Martín y Domínguez, 2019). También calcula la superficie útil de tejados para las instalaciones solares, diferenciando entre tejados planos o inclinados y seleccionando aquellas zonas que cumplen los siguientes requisitos:

- Para el caso del análisis del potencial de energía solar fotovoltaica se consideran una inclinación máxima de los tejados de 60°, con unas pérdidas de energía por su orientación e inclinación del 40 % respecto a la posición óptima de los módulos hacia el sur. En el caso del potencial de energía solar térmica, se define una inclinación máxima de 90° y una orientación este - sur - oeste.
- Se descarta una zona perimetral de acceso a los tejados, en las diferentes secciones que forman cada edificio, con una anchura variable dependiendo de la superficie de cada unidad constructiva.
- Los edificios con características singulares, como monumentos, edificios en ruinas, en construcción, falta de información, cubiertas acristaladas, paneles solares ya instalados, etc., se excluyen parcial o totalmente del análisis para la instalación de paneles solares.
- Revisión de las zonas arboladas cercanas a los edificios para excluir aquellas áreas de los tejados que estén cubiertas por árboles.
- Los tejados deben estar libres de sombras al menos en las horas centrales del día para aprovechar al máximo la radiación y evitar efectos indeseados en la durabilidad de los módulos. El software ArcGIS incluye una herramienta para el cálculo del sombreado según la posición solar en un momento dado. El análisis se realiza para todo el año, teniendo en cuenta la distribución de los edificios, los árboles o cualquier elemento sombreador del entorno circundante. Para cada uno de los días del año se calculan mapas de sombras en las horas centrales del día, procediendo a su análisis conjunto.

Una vez definida la superficie disponible en cada cubierta, se determina la potencia fotovoltaica y térmica que se podría generar y la producción de energía eléctrica anual (Defaix *et al.*, 2012), generalmente, con módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino y multicristalino. Además, se calcula la producción de energía térmica anual tomando como referencia varias temperaturas de uso (60 °C en viviendas y 40 °C, 70 °C y 90 °C en zonas industriales) con colectores solares términos de los tipos tubo de vacío, plano selectivo y plano no selectivo (IDAE y ASIT, 2020). Por último, el modelo estima las emisiones anuales a la atmósfera de CO<sub>2</sub> evitadas con la energía solar potencialmente generada (IDAE, 2014) y se asigna a cada edificio todos los resultados obtenidos de acuerdo a una distribución de los mismos definida por su parcela catastral.

### 3. FUENTES DE DATOS

#### 3.1. Tipología

Los datos utilizados para la aplicación de gSolarRoof proceden fundamentalmente de dos fuentes principales: las bases de datos geográficas de acceso libre ofrecidas por organismos oficiales y la información obtenida *ad-hoc* de vuelos fotogramétricos realizados con UAS (Unmanned Aerial System). De las diferentes fuentes de datos (Tabla 1) disponibles se obtienen las siguientes capas de datos:

Los archivos de *nubes de puntos* son básicos para realizar el análisis del potencial solar de los edificios y, a partir de ellos, crear un modelo tridimensional del conjunto urbano. En este trabajo se han utilizado tanto nubes de puntos LIDAR (Light Detection and Ranging) procedentes del PNOA como otras generadas con fotogrametría a partir de vuelos de drones.

Las *ortoimágenes* son necesarias para poder tener una perspectiva global del área urbana. Principalmente se han utilizado como guía para delimitar el área de estudio, examinar los edificios y realizar una revisión detallada de los tejados para la preparación de los datos.

Los *datos de la posición del Sol* son necesarios para establecer las zonas sombreadas de los tejados. La posición está representada por los ángulos de azimut y altura solar y para cada área urbana se establecen estos ángulos correspondientes a un año con un intervalo de tiempo de 30 minutos.

Con los *datos mensuales de radiación solar* calculamos los parámetros atmosféricos necesarios para que la determinación de la radiación solar se ajuste mejor a sus variaciones mensuales a lo largo del año.

La *cartografía catastral* es la capa de información de la que se extrae la localización de los edificios. Se pueden obtener datos de la distribución del parcelario, delimitación de edificios, elementos constructivos localizados en cada parcela y datos públicos asociados a las parcelas como la referencia catastral.

Identificación de la *situación de los monumentos* y aquellos edificios con alguna categoría de protección patrimonial que pudieran estar incluidos en la zona de estudio.

*Datos de temperaturas mensuales* para determinar la producción de energía térmica por los colectores solares.

Tabla 1. Tipología de datos y fuentes del modelo gSolarRoof.

Tipo de datos	Fuente	Descripción
Nubes de puntos	Proyecto LIDAR del PNOA (IGN, 2021).	Ficheros LIDAR en formato LAZ (LAS 1.2 comprimidos). Dos series de datos: Primera cobertura (2008-2015) y densidad 0,5 ptos/m <sup>2</sup> ; Segunda cobertura (2015-actualidad) y densidad diferente dependiendo de la zona entre 0,5 y 14 ptos/m <sup>2</sup> . Clasificación en edificios, vegetación (alta, media y baja) y terreno. Incluyen color (RGB) o infrarrojo (IRC).
	Vuelo fotogramétrico realizado con UAS.	Ficheros de fotogrametría en formato LAS 1.2. Densidad 1 pto. / 4 cm. Incluye color (RGB). Nubes de puntos generadas con Pix4D.
Ortoimágenes	Imágenes del PNOA (IGN, 2021).	Series de ortoimágenes de los años 2010 a 2019. Resolución entre 25 y 50 cm.
	Vuelo fotogramétrico realizado con UAS.	Máxima resolución de 4 cm. Ortoimágenes generadas con el software Pix4D.
Posición del Sol	Servicio web Solar Energy Services for Professionals (SoDa) (MINES Paris Tech y Transvalor, 2021).	Disponible en la sección de astronomía Solar Geometry 2 (SG-2). Indicando una localización en el mapa calcula la posición solar con los ángulos de altura y azimut.
Radiación solar	Portal ADRASE (CIEMAT, 2020).	Datos para toda España de radiación solar global horizontal (kWh/m <sup>2</sup> ). Resolución del mapa de 5 km. Valores diarios medios mensuales para un emplazamiento seleccionado.
Distribución de los edificios	Cartografía catastral (DG Catastro, 2020; Gobierno de Navarra, 2020; DF Álava, 2020; DF Bizkaia, 2020; DF Guipuzkoa, 2020).	La Sede Electrónica del Catastro distribuye información catastral pública excepto del País Vasco y Navarra que tienen catastro propio. El catastro ofrece información alfanumérica y cartografía catastral proporcionada en formato shapefile o dxf del catastro rústico y urbano. De la cartografía se extraen los polígonos que delimitan los edificios.
Edificios protegidos	Infraestructuras de datos espaciales (IDE) autonómicas, planes de ordenación urbana y datos de ayuntamientos.	Datos disponibles en catálogos de lugares de interés o información turística con las principales zonas monumentales. Capa de puntos con la localización de los edificios monumentales o con algún tipo de protección. Las fuentes de información necesarias variarán dependiendo de la zona urbana.
Temperatura	Visor - Atlas Climático (AEMET, 2020).	Temperaturas medias mensuales para los municipios.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Fuentes de error

Previamente a realizar el análisis es necesario preparar las nubes de puntos, crear las capas de datos y proporcionarles el formato adecuado siguiendo la estructura de datos establecida para la entrada al modelo gSolarRoof. En el proceso de revisión de los datos se detectan errores que es imprescindible identificar y corregir preservando la delimitación de los elementos representados. A continuación se revisan los principales tipos de errores de acuerdo a su origen.

#### 3.2.1. Errores de actualización

La variedad de procedencia de las fuentes, diferentes escalas y fechas de actualización, hacen necesario contrastar las capas de datos para identificar los cambios que puedan haberse producido en el entorno urbano. En este estudio, los edificios que aparecen en las nubes de puntos sirven de guía para verificar si también se hallan en la cartografía catastral (Figura 1). Las diferencias que suelen encontrarse están relacionadas con nuevas construcciones, modificaciones y ampliaciones de las ya existentes o edificios derribados que todavía no aparecen dados de baja en la cartografía.

Para solucionar estas discrepancias, se puede completar la información con la cartografía disponible en otras IDE de comunidades autónomas y ayuntamientos o, también, definiendo el contorno de los edificios a partir de la clasificación de edificios de la nube de puntos cuando se disponga de ella.

**Figura 1.** Conjunto de nuevos edificios que todavía no ha sido incluidos en la cartografía catastral. Polígono industrial de Don Benito (Badajoz).



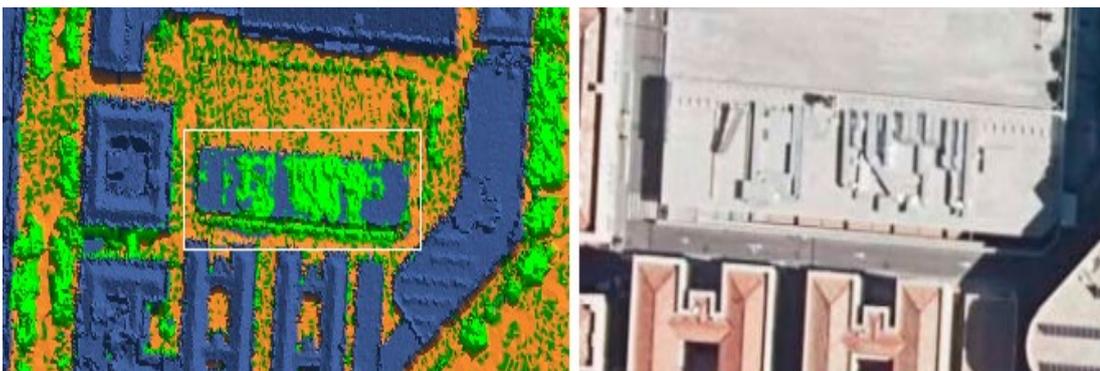
Fuente: Dirección General de Catastro y proyecto IDERCEXA. Elaboración propia.

### 3.2.2. Errores de clasificación

En general, al comprobar los datos LIDAR del PNOA se observa una buena clasificación de la nube de puntos que permite visualizar los diferentes elementos del entorno urbano excepto en algunos detalles muy localizados. La clasificación semiautomática puede causar pequeños errores de interpretación en los datos que deben corregirse si el procesado de la información necesita extraer elementos de la nube de puntos a partir de la clasificación.

Relacionados con la identificación de los edificios, se han detectado secciones de los tejados clasificadas como vegetación alta debido a la presencia de elementos cuya forma irregular genera errores en la clasificación (Figura 2), infraestructuras como los puentes que aparecen como edificios, árboles próximos a los tejados en los que no se diferencia bien el límite entre ambos y algunos contornos de edificios sin árboles en las cercanías que son clasificados también como vegetación alta.

**Figura 2.** Instalación de tuberías en el tejado de un edificio clasificadas como vegetación alta en la nube de puntos LIDAR. Ciudad de Madrid.



Fuente: IGN. Elaboración propia.

### 3.2.3. Errores por la ausencia de datos

La continuidad de la cobertura en las nubes de puntos LIDAR se ve interrumpida en ocasiones por la presencia de huecos en algunas zonas. La aparición de estas áreas vacías se debe a que los pulsos láser que emite el sistema LIDAR no regresan al sensor, por tratarse de un pulso reflejado demasiado débil o inexistente, creando así espacios sin mediciones. La energía que recibe el sistema de detección remota va a depender de la distancia a la que se encuentra el objeto, el tipo de sensor, las condiciones de transmisión atmosférica y la reflectancia de las superficies en las que incide el pulso (Coren y Sterzai, 2006; Graham, 2009).

Esta ausencia de datos se ha observado en la superficie del agua, el asfalto y en algunos edificios relacionados con la presencia de piscinas, tejados construidos con materiales de color negro (Figura 3) o cubiertas acristaladas. Esto es así debido a que el sensor LIDAR no recibe señales al incidir sobre superficies no reflectantes, la absorción del agua es alta aunque pueden cambiar sus propiedades aumentando su reflexividad con la turbidez y los materiales oscuros de determinadas superficies, como

las carreteras y los tejados de pizarra o tela asfáltica, absorben la energía. Por otro lado, cuando se trata de superficies especulares, el pulso se refleja en una dirección fuera del alcance del receptor. Los metales pulidos, las superficies acristaladas, el agua y las superficies mojadas pueden generar este fenómeno.

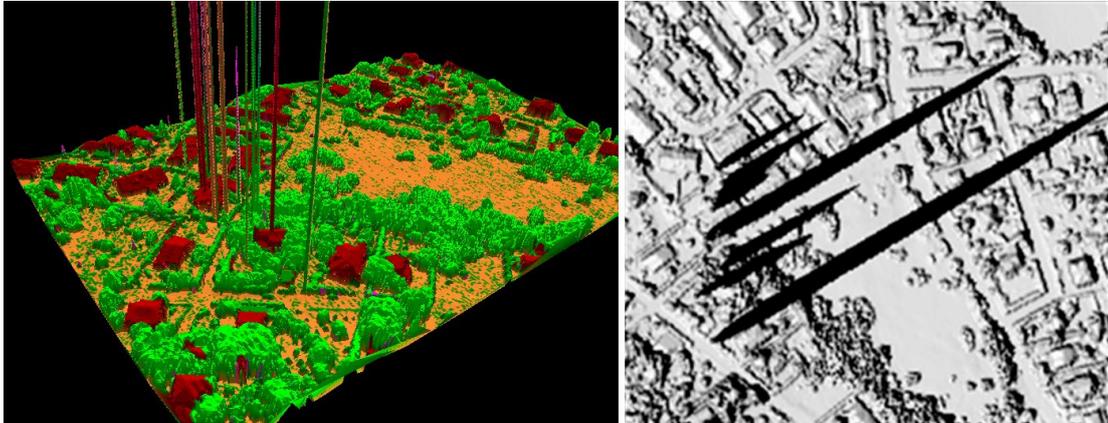
En las nubes de puntos de fotogrametría (dron) también pueden surgir zonas sin información. Se ha observado que estas distorsiones se producen por el movimiento de los árboles como consecuencia del viento (Figura 4) y en las zonas sombreadas con píxeles en escala de grises que el software no interpreta correctamente, dificultando así la correlación de las imágenes. También, determinados tejados de materiales con alta reflexividad (colores próximos al blanco) y formados por superficies homogéneas de gran tamaño, como las naves industriales, pueden provocar errores de emparejamiento de las imágenes y en la generación posterior de la nube de puntos.

**Figura 3.** Ausencia de datos en la nube de puntos LIDAR en los tejados de un grupo de edificios. Ciudad Universitaria de Madrid.



Fuente: IGN. Elaboración propia.

**Figura 4.** Ausencia de datos en unos árboles en la nube de puntos de fotogrametría obtenida con dron. Polígono industrial de Plasencia.



Fuente: Proyecto IDERCEXA. Elaboración propia.

### 3.2.4 Errores por ruido

Los errores por ruido aparecen en la nube de puntos LIDAR cuando existen alteraciones en la altura de determinados puntos con respecto a los de su entorno. Estos puntos dispersos, elevados sobre una superficie o por debajo pueden generarse por la diferente reflectancia de las superficies o por la presencia ocasional de nubes, contaminación e incluso, muy raramente, de aves en vuelo. En el estudio del potencial solar, cuando no se eliminan puntos aparecen obstáculos en el MDS que generan distorsiones en los resultados como falsas zonas sombreadas en los tejados (Figura 5) y valores de baja radiación solar.

**Figura 5.** Errores por ruido en los datos LIDAR y su efecto en el sombreado de una zona con viviendas unifamiliares. Municipio de Guadarrama (Madrid).



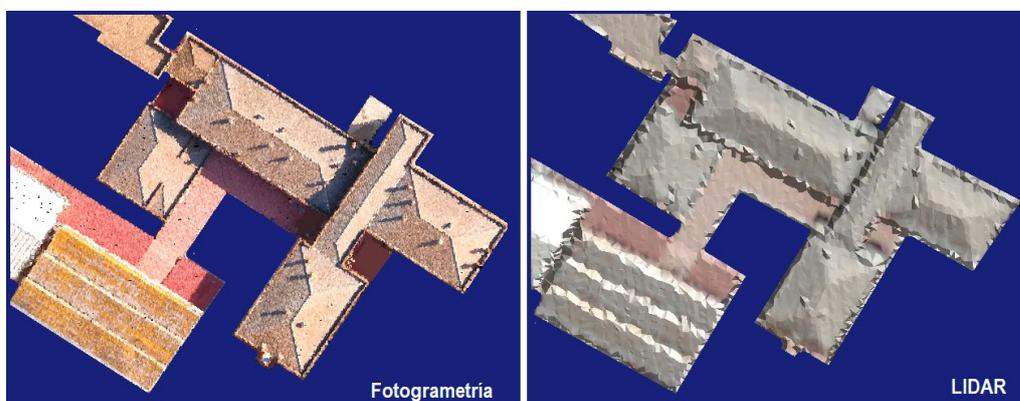
Fuente: IGN. Elaboración propia.

### 3.3. Comparación de nubes de puntos de diferente resolución

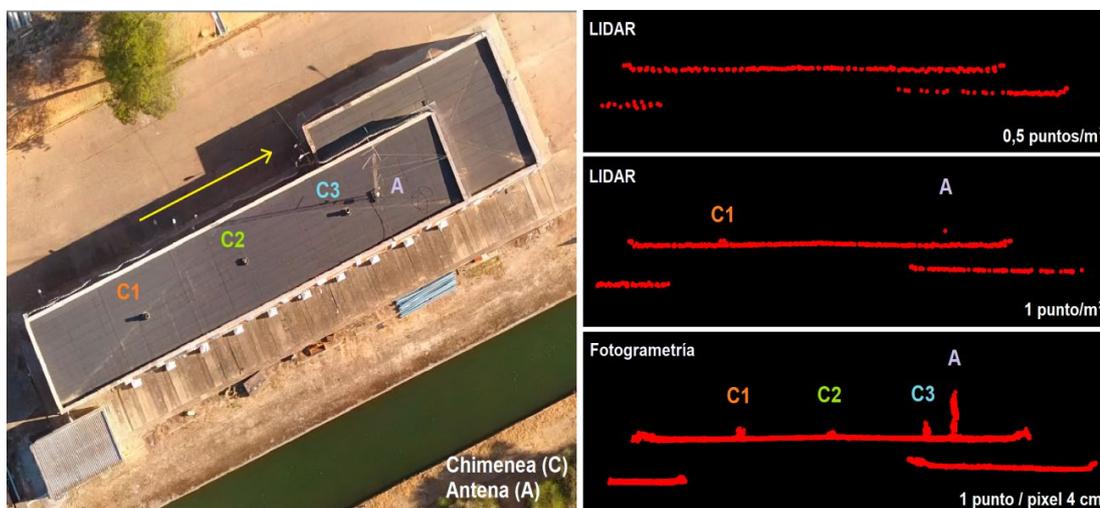
En los proyectos gSolarRoof desarrollados hasta el momento se han empleado coberturas de nubes de puntos de varias resoluciones dependiendo de la disponibilidad de datos en cada caso. Las nubes con diferente densidad implican diversidad en la definición de los edificios y, en general del entorno urbano, pero también, en la operatividad de algunas funciones realizadas por el modelo. Una mayor densidad de las nubes de puntos indiscutiblemente supone delimitar mejor las cubiertas que forman los tejados, incluso los planos pequeños, y la identificación detallada de las ventanas, chimeneas, equipos y otros pequeños elementos situados sobre ellos. Comparando los perfiles de varios tipos de nubes de puntos para un edificio en el que la ortoimagen muestra la presencia de antenas y chimeneas, puede apreciarse el contraste entre las diferentes versiones (Figura 6). Estos elementos de menor tamaño no están definidos por demasiados puntos y, a causa del mayor espaciado de puntos de las coberturas LIDAR disponibles, resulta más difícil su localización y la descripción de su forma.

No obstante, considerar las chimeneas en el análisis del modelo requerirá estudiar una muestra amplia de edificios con diferentes resoluciones según el tamaño y complejidad de los tejados para incluirlos adecuadamente en el MDS. Los cambios en las dimensiones de los elementos sobre los tejados afectarán a los resultados de algunos factores como las superficies sombreadas. Una cobertura de puntos de máxima densidad, aunque localiza chimeneas y antenas puede representar una pequeña diferencia de superficie respecto al total del tejado principalmente cuando se trata de edificios industriales o de equipamientos, aunque incluirlas permitirá ajustar mejor la superficie real para instalar paneles solares (Figura 7). Además, hemos observado que manejar un volumen excesivo de datos implica que los tiempos de ejecución del modelo aumentan en los procesos más complejos. Con resoluciones del MDS inferiores a 1 m, el cálculo de sombras implica reducir el número de mapas para simular el sombreado anual y para determinar la radiación solar, la herramienta empleada de ArcGIS requiere hacer numerosas operaciones por lo que es preciso modificar la resolución.

**Figura 6.** Detalle obtenido a partir de un vuelo fotogramétrico (dron) de 4 cm/píxel y con una nube de puntos LIDAR del PNOA de 1 punto/m<sup>2</sup>. Polígono industrial de Don Benito (Badajoz).



Fuente: Proyecto IDERCEXA. Elaboración propia.

**Figura 7.** Comparación de los elementos identificados con diferente resolución.

Fuente: Proyecto IDERCEXA. Elaboración propia.

## 4. AJUSTES DEL MODELO EN BASE A LOS RESULTADOS

Basándonos en los resultados obtenidos en la aplicación de gSolarRoof en el caso de estudio del municipio de Alpedrete (Madrid), se ha realizado un muestreo de edificios con un método probabilístico por cuotas. La selección de edificios, se ha llevado a cabo atendiendo a la tipología de los tejados para que nos permita obtener una visión general de la precisión de los resultados conforme a la pluralidad de edificios que configuran el entorno urbano. Así, sin necesidad de revisar todos los edificios puede modificarse el diseño del análisis, ajustando el modelo. El muestreo definido establece una cuota de tres edificios para cada categoría que incluyen la disposición de los edificios (individuales, adosados y agrupados en hileras), la forma del tejado (inclinado, plano y mixto) y el tamaño según la superficie construida en planta. La validación del modelo con el muestreo se centra en los factores principales incluidos en el cálculo de la superficie útil disponible que están relacionados con la caracterización del tejado, es decir, inclinación y orientación, accesibilidad y sombreado de los mismos. A continuación, se analiza la sensibilidad del modelo a estos aspectos así como la posible variación de los resultados mediante el ajuste de los mismos.

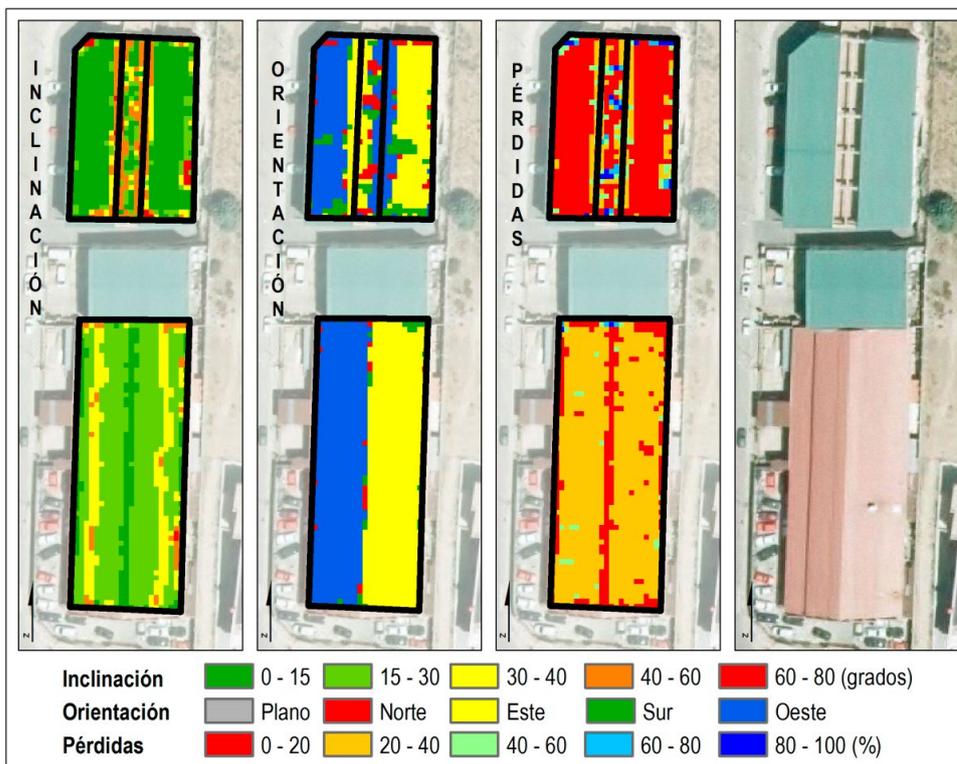
### 4.1. Inclinación y orientación de los tejados

Las pérdidas de energía representan la radiación solar sobre una superficie respecto a la que incidiría con una inclinación y orientación óptima (hacia el sur en el Hemisferio Norte). Originalmente, el modelo determina las pérdidas basándose en el límite del 20% establecido por el Código Técnico de la Edificación (MFOM, 2017) para la superposición de módulos solares. Este criterio significa que se considera “superficie útil” de los tejados aquella con un aprovechamiento de la radiación

muy elevada (80%), descartando las zonas que no garanticen la mayor generación de energía. Los tejados casi planos o con orientaciones de sudeste a sudoeste próximas al óptimo quedan incluidos en el criterio. Sin embargo, en algunos edificios este límite puede ser muy restrictivo (Figura 8) y, debido a la disposición de sus tejados en posiciones más cercanas a la dirección este - oeste, pueden quedar fuera de la categoría establecida.

Para incluir estos edificios se planteó aumentar el margen de pérdidas hasta un 40 % modificando el modelo. Aunque, este incremento conlleva mayor superficie de paneles para generar energía en determinados tejados, no debería descartarse si es técnicamente viable debido a que presentan una alta incidencia de radiación solar con un aprovechamiento de hasta el 60 %. En la próxima versión del modelo podrían considerarse incluir acotar varias categorías de pérdidas (por ejemplo, con porcentajes del 20 - 30 - 40) especificando en cada caso la superficie de tejados y la producción de energía correspondiente.

**Figura 8.** Muestra de edificios con orientación este - oeste y pérdidas de energía mayores o menores al 20 % dependiendo de la inclinación de las cubiertas.



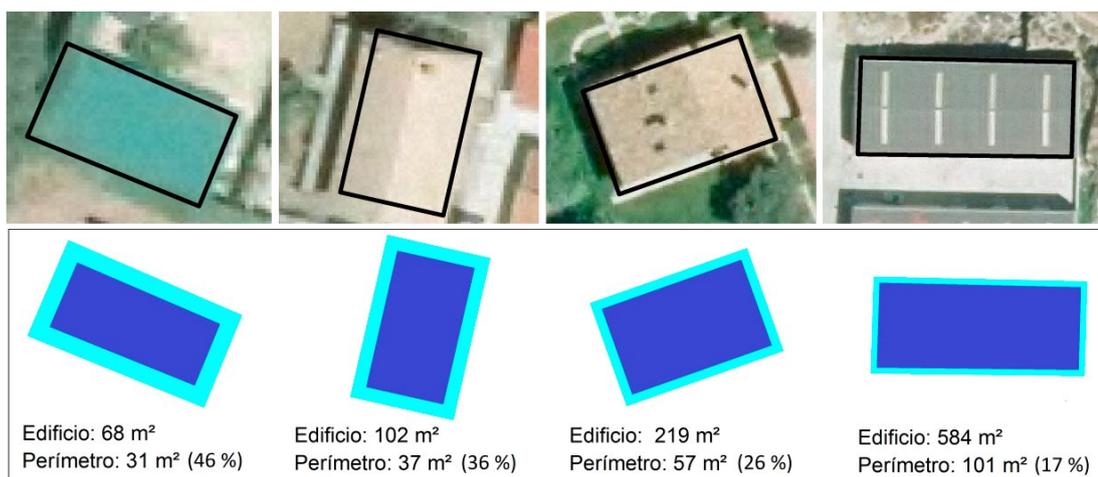
Fuente: Proyecto estudio del potencial solar del municipio de Alpedrete. Elaboración propia.

## 4.2. Accesibilidad a los tejados

El parámetro del modelo relacionado con el acceso a los tejados elimina, de forma general una franja perimetral de 1 m, lo que supone que, debido a las desiguales estructuras y tamaños, en pequeñas construcciones o secciones de edificios el área

descartada puede llegar al 40 % del tejado (Figura 9). Al tratarse de tejados con una superficie muy limitada, por sus características puede ser posible aprovechar al máximo el espacio, reduciendo el área reservada para el acceso y mantenimiento de los módulos, de modo que, una opción sería aplicar perímetros diferentes dependiendo de la superficie del tejado. En este sentido, y según se ha observado en el muestreo, si se define un perímetro de 0,5 m a los edificios de superficie hasta 100 m<sup>2</sup> y de 1 m a los de superficie mayor, se reduciría la franja de acceso perimetral entre un 45 - 50 % en los tejados de menor tamaño, donde solo el perímetro puede superar el 40 % de la superficie, esto supondría recuperar un espacio necesario para la colocación de módulos donde éste se encuentra tan limitado. En estos casos, hay que considerar que un perímetro variable reducirá el pasillo de acceso a los tejados por lo que el edificio o la sección han de tener una altura suficiente para facilitar un acceso alternativo.

**Figura 9.** Superficie destinada a la zona perimetral de acceso en edificios de diferentes tamaños.

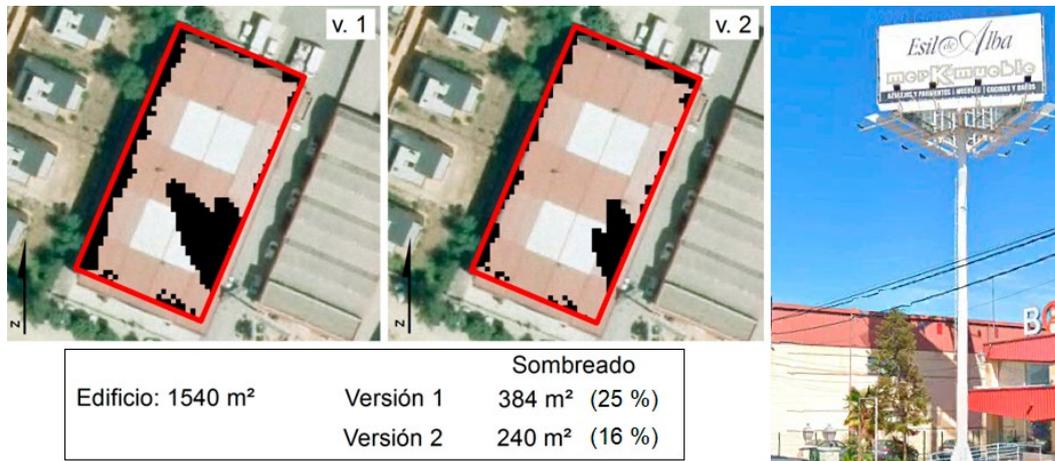


Fuente: Proyecto del potencial solar del municipio de Alpedrete. Elaboración propia.

### 4.3. Sombreado

gSolarRoof calcula un mapa horario de sombras anuales tomando en consideración los elementos sombreados en las 4 horas centrales del día en algún momento del año (versión 1). Sin embargo, las horas de mayor radiación solar varían estacionalmente, por ello convendría modificar el intervalo horario de sombras para evitar ciertas horas en los meses con una baja posición del Sol como son los de otoño e invierno. Para ajustar mejor el sombreado adaptándolo a su evolución anual, se ha modificado el parámetro estableciendo periodos de tiempo de diferente duración dependiendo de la época del año (Figura 10). Designando como referencia los meses alrededor de los solsticios y equinoccios, se determina que los tejados no pueden estar sombreados entre dos y cuatro horas según las franjas horarias correspondientes a dos horas en el solsticio de invierno, tres horas en los equinoccios (primavera - otoño) y cuatro horas en el solsticio de verano (versión 2).

**Figura 10.** Comparativa de la superficie sombreada de un tejado según el número de horas de mediodía utilizado, donde para una misma superficie de cubierta, la superficie sombreada en las horas centrales del día varía notablemente.



Fuente: Proyecto del potencial solar del municipio de Alpedrete. Elaboración propia.

#### 4.4. Árboles sobre los edificios

Después de los ajustes realizados a partir del muestreo, utilizando como caso de estudio Alpedrete, en el análisis realizado para el proyecto IDERCEXA de polígonos industriales se han observado incidencias con el arbolado de gran altura cuando sobrevuelan los edificios. Estas zonas con árboles son suprimidas en el análisis por los parámetros definidos en el modelo al generar irregularidades sobre la superficie de los tejados. Aun así, han aparecido localizaciones definidas por una serie de puntos contiguos en la cobertura de vegetación que, debido a su disposición, forman una superficie como si fuera parte del tejado (Figura 11). Para evitar estos casos se incluyó en el modelo otro parámetro para delimitar estas superficies de los tejados.

**Figura 11.** Tejados cubiertos de árboles identificados como superficie útil. Polígono industrial de Plasencia (Cáceres).



Fuente: Proyecto IDERCEXA. Elaboración propia.

## 5. CONCLUSIONES

La aplicación de nuevas formas de captura y fuentes de datos, en el desarrollo de modelos geográficos para la evaluación del potencial de las energías renovables en entornos tan complejos como los urbanos, suponen un avance considerable para el fomento de la participación pública en la gestión de la energía. Pero para que este apoyo sea efectivo, un control estricto de los resultados es imprescindible.

En esta ponencia nos hemos centrado fundamentalmente en el análisis de las fuentes de datos, la incertidumbre y los potenciales errores, en el desarrollo del modelo gSolarRoof. Hemos examinados sistemáticamente los principales desajustes entre los datos por su diferente procedencia temporal y la falta de información detectada en los datos que alimentan al modelo. Asimismo, se han analizado las ventajas e inconvenientes relacionados con la resolución y las incertidumbres asociadas a sus reglas y parámetros para la construcción de MDS de edificios y sus implicaciones en cuanto a los sombreados y a su potencialidad como captadores de la radiación solar. Todos estos aspectos contribuyen de una forma importante a dotar de rigor a los análisis realizados y se considera que es una estrategia extrapolable a otros análisis similares.

Uno de los objetivos futuros de este proyecto es seguir trabajando con nubes de puntos de mayor densidad que implicará mejorar la definición del perfil de los tejados e identificar la situación de pequeños elementos como chimeneas o antenas. Comparar su precisión permitirá establecer cuál ofrece el nivel de detalle suficiente para perfeccionar el levantamiento de los modelos 3D urbanos y delimitar la superficie real para los paneles solares. Además, debido a estos nuevos elementos identificados en los tejados, podrían añadirse otros parámetros al modelo que mejorarían la precisión de los resultados para cualquier área urbana. Se trata pues de un modelo dinámico que está preparado para incorporar cambios en su metodología que extiendan sus funcionalidades.

Este modelo, está siendo utilizado en la actualidad por organismos y entidades para el fomento de la generación distribuida con energías renovables. Esperamos que esta apuesta por el rigor y la divulgación impacten sobre la sociedad y contribuyan a mejorar la sostenibilidad de nuestro sistema energético.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA (AEMET) (2020). Visor del Atlas climático. Retrieved from <http://agroclimap.aemet.es/#>
- BORFECCHIA, F., CAIAFFA, E., POLLINO, M., DE CECCO, L., MARTINI, S., LA PORTA, L., & MARUCCI, A. (2014). Remote sensing and GIS in planning photovoltaic potential of urban areas. *European Journal of Remote Sensing*, 47(1), 195-216. DOI: <https://doi.org/10.5721/EuJRS20144713>
- CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGÉTICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS (CIEMAT) (2020). gSolarRoof. Retrieved from <https://gsolarroof.eu/>
- CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGÉTICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS (CIEMAT) (2020). ADRASE. Acceso a datos de radiación solar de España. Retrieved from <http://www.adrase.com/>

- COREN, F. & STERZAI, P. (2006). Radiometric correction in laser scanning. *International Journal of Remote Sensing*, 27, 3097–3104. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160500217277>
- DEFAIX, P.R., VAN SARK, W.G.J.H.M., WORRELL, E. & DE VISSER, E. (2012). Technical potential for photovoltaics on buildings in the EU-27. *Solar Energy*, 86, 2644–2653. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.06.007>
- DIPUTACIÓN FORAL DE ÁLAVA (2020). Catastro de Álava. Descarga de información catastral. Retrieved from <https://catastroalava.tracasa.es/>
- DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA (2020). Catastro de Bizkaia. Consulta de datos catastrales. Descarga de parcelario. Retrieved from [http://web.bizkaia.es/es/catastro-de-bizkaia#com\\_liferay\\_journal\\_content\\_web\\_portlet\\_JournalContentPortlet\\_INSTANCE\\_4fzYafrWH3hM\\_normativa](http://web.bizkaia.es/es/catastro-de-bizkaia#com_liferay_journal_content_web_portlet_JournalContentPortlet_INSTANCE_4fzYafrWH3hM_normativa)
- DIPUTACIÓN FORAL DE GUIPUZKOA (2020). Catastro. Planos parcelarios. Retrieved from <https://www.gipuzkoa.eus/es/web/ogasuna/catastro/informacion-general>
- DIRECCIÓN GENERAL DE CATASTRO (2020). Sede Electrónica del Catastro. Difusión de datos catastrales. Retrieved from <https://www.sedecatastro.gob.es/>
- GOBIERNO DE NAVARRA (2020). Registro de la Riqueza Territorial – Catastro de Navarra. Descarga de información. Retrieved from <https://catastro.navarra.es/descargas/>
- GOODING, J., EDWARDS, H., GIESEKAM, J., & CROOK, R. (2013). Solar City Indicator: A methodology to predict city level PV installed capacity by combining physical capacity and socio-economic factors. *Solar Energy*, 95, 325–335. DOI: 10.1016/j.solener.2013.06.027
- GRAHAM L. (2009). Management of LIDAR data. En Shan, J., Toth, C.K. (Coord.), *Topographic laser ranging and scanning: Principles and processing* (pp. 295–306). Boca Raton: CRC Press.
- GREENPEACE (2020). Los ciudadanos cuentan. Hacia la electrificación sostenible universal. Retrieved from <https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2020/12/Informe-Completo-Hacia-una-electrificacion-sostenible.pdf>
- HONG, T., LEE, M., KOO, C., JEONG, K., & KIM, J. (2017). Development of a method for estimating the rooftop solar photovoltaic (PV) potential by analyzing the available rooftop area using Hillshade analysis. *Applied Energy*, 194, 320–332. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.001>
- IDERCEXA (2017). IDERCEXA. Retrieved from <https://idercexa.com/>
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE) (2014). Factores de emisiones de CO<sub>2</sub> y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España. Retrieved from [https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores\\_emision\\_CO2.pdf](https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf)
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE) & Asociación Solar de la Industria Térmica (ASIT) (2020). Guía IDAE 022: Guía técnica de energía solar térmica. Retrieved from [https://climatizacion-y-comfort.cdecomunicacion.es/images/guiasolartermica\\_idae-asit\\_v2.0\\_20200331.pdf](https://climatizacion-y-comfort.cdecomunicacion.es/images/guiasolartermica_idae-asit_v2.0_20200331.pdf)
- INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN) (2021). Centro de descargas. Centro Nacional de Información Geográfica. Retrieved from <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>
- JACQUES, D. A., GOODING, J., GIESEKAM, J. J., TOMLIN, A. S. & CROOK, R. (2014). Methodology for the assessment of PV capacity over a city region using low-resolution LiDAR data and application to the City of Leeds (UK). *Applied Energy*, 124, 28–34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.02.076>
- MARTÍN, A. M., DOMÍNGUEZ, J. & AMADOR, J. (2015). Applying LIDAR datasets and GIS based model to evaluate solar potential over roofs: a review. *AIMS Energy*, 3(3), 326–343. DOI: <https://doi.org/10.3934/energy.2015.3.326>

- MARTÍN ÁVILA, A.M., DOMÍNGUEZ BRAVO, J. & AMADOR GUERRA, J. (2016). Desarrollo de un modelo geográfico para la evaluación del potencial fotovoltaico en entornos urbanos. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 18, 147-167. DOI: <http://dx.doi.org/10.21138/GF.483>
- MARTÍN, A.M. & DOMÍNGUEZ J. (2019). Solar Radiation Interpolation. En Polo, J., Martín-Pomares, L., Sanfilippo, A. (Coord.), *Solar Resources Mapping: Fundamentals and Applications* (pp. 221-243). Netherlands: Springer.
- MINES PARIS TECH & TRANSVALOR (2021). SoDa. Solar radiation data. Web Services. Astronomy. Solar Geometry 2. Retrieved from <http://www.soda-pro.com/es/web-services/astronomy/solar-geometry-2>
- MINISTERIO DE FOMENTO (MFOM) (2017). Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HE: Ahorro de energía. Madrid: Ministerio de Fomento.
- NGUYEN, H. T., PEARCE, J. M., HARRAP, R. & BARBER, G. (2012). The application of LiDAR to assessment of rooftop solar photovoltaic deployment potential in a municipal district unit. *Sensors*, 12(4), 4534-4558. DOI: <https://doi.org/10.3390/s120404534>
- QUIQUEREZ, L., FAESSLER, J., LACHAL, B. M., MERMOUD, F., & HOLLMULLER, P. (2015). GIS methodology and case study regarding assessment of the solar potential at territorial level: PV or thermal? *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 6, 3-16. DOI: <https://doi.org/10.5278/ijsepm.2015.6.2>

# DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES PARA LA ORDENACIÓN ESPACIAL MARINA EN LA MACARONESIA

## DEVELOPMENT OF SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE FOR MARINE SPATIAL PLANNING IN MACARONESIA

---

Alejandro García Mendoza<sup>1</sup>, Andrej Abramic<sup>1</sup>, Yaiza Fernandez-Palacios<sup>1</sup>, Ricardo Haroun<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Universitario de Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOQUA), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Parque Científico y Tecnológico Marino de la ULPGC, Ctra. de Taliarte s/n, 35214 Telde, España.

---

### Resumen

En el proceso de la Ordenación Espacial Marítima (OEM), la recopilación de los datos necesarios para conocer el estado actual de las áreas que se pretenden ordenar es la base para aplicar metodologías científicas que den el apoyo técnico adecuado. En la actualidad, en pleno auge del Big Data, donde hay mucha información accesible por internet, el proceso de recopilación de datos necesita estar estructurado y enfocado en temáticas relevantes, pero sobre todo debe estar contrastado y, en muchas de las ocasiones, necesita estar armonizado para que sean realmente de utilidad. Para apoyar este proceso de recopilación de información espacial, con el proyecto PLASMAR se ha desarrollado la Infraestructura de Datos Espaciales para la Ordenación Espacial Marina en el ámbito de la Macaronesia. Mediante dicha Infraestructura se ha puesto a disposición de las partes implicadas en la OEM toda la información recopilada sobre el medio marino siguiendo estándares reconocidos que garantizan la máxima difusión y aprovechamiento del trabajo de realizado.

**Palabras clave:** ordenación espacial marina, infraestructura de datos espaciales, PLASMAR, Macaronesia, IU-ECOQUA.

### Abstract

During the process of Marine Spatial Planning (MSP), the collection of the necessary data to determine the current state of the areas to be managed is the basis for the application of scientific methodologies that provide the appropriate technical support. Nowadays, with the Big Data booming, where there is a lot of information available on the internet, the data collection process needs to be structured and focused on relevant topics, but most of all, it must be contrasted and in many cases, it needs to be harmonized to be really useful. To support this process of collecting spatial information, the PLASMAR project has developed the Spatial Data Infrastructure for Marine Spatial Planning in Macaronesia. Through this infrastructure, all the

information collected about the marine environment has been made available to the MSP stakeholders, under recognized standards that guarantee the maximum distribution and use of the work carried out.

**Keywords:** marine spatial planning, spatial data infrastructure, PLASMAR, Macaronesia, IU-ECOQUA.

## 1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Unas de las actividades desarrolladas dentro del proyecto PLASMAR ha sido la recopilación de información espacial marina y de datos asociados de cualquiera de los archipiélagos macaronésicos implicados en dicho proyecto (Madeira, Azores y Canarias) y que pudiesen ser útiles en los procesos de ordenación marina. Dicha recopilación no sólo se ha limitado a los datos en sí mismos, sino que también se han ido recogiendo todos los aspectos relativos a los propios datos, tales como el origen o fuente, fecha de producción, métodos de obtención, unidades, condiciones de uso, etc. y que también se conocen como metadatos.

Siguiendo la filosofía del propio IU-ECOQUA, aplicada también en el Proyecto, se decidió difundir pública y gratuitamente todo este trabajo de recopilación mediante la puesta en marcha de la Infraestructura de Datos Espaciales para la Ordenación Espacial Marina en la Macaronesia (IDE-OEM-MAC). Dicha infraestructura se ha creado siguiendo el estándar del Open Geospatial Consortium (OGC, 2021), implementado, no sólo por numerosos productores y distribuidores de datos espaciales a lo largo de todo el mundo, sino por numerosas aplicaciones de gestión de datos espaciales, por lo que se garantiza de este modo la máxima difusión de los datos obtenidos.

Como fuentes principales de suministro de datos se han usado los productos armonizados de distintas iniciativas europeas, como el “*European Marine Observation and Data Network*” (EMODnet, 2021), el “*Copernicus Marine Service*” y el “*Land Monitoring Service*” (Copernicus program, 2021), las bases de información de la red europea de satélites y la estructura de datos EIONET de la Agencia Medioambiental Europea. Los datos marinos también han sido recolectados a partir de las estructuras de datos nacionales (MITECO, CSIC, IEO y sniMAR) y regionales (GRAFCAN; SIGMAR y el Gobierno de Canarias). El IU-ECOQUA también ha aportado los datos propios procedentes de proyectos e iniciativas anteriores. La diversidad de orígenes de los datos ha hecho que se haya tenido que hacer un importante esfuerzo de armonización en cuanto a formatos, coberturas, etc.

Por otro lado, para que una infraestructura de datos espaciales consiga estos objetivos de diseminación, debía incorporar un número de servicios mínimos a través de los cuales cualquier usuario de la Infraestructura pueda acceder on-line a los datos. Dichos servicios son los de visualización, descarga y localización. Para completar esta oferta, se ha desarrollado un visor de datos que utiliza los propios servicios creados en la IDE-OEM-MAC y que permite la visualización y/o consulta de los datos por medio de un navegador web estándar sin necesidad de contar con cualquier otro tipo de software específico. Los detalles de los servicios y el visor desarrollados para la IDE-OEM-MAC se exponen a continuación.

## 2. SERVICIOS DE VISUALIZACIÓN O DE MAPAS

Este servicio consiste en dar respuesta a las peticiones de los usuarios que soliciten un documento cartográfico de los datos que se están compartiendo. La forma de compartir este documento es por medio de una imagen que el servidor de la IDE-OEM-MAC prepara a demanda del usuario y la envía de forma dinámica e instantánea. Las condiciones de esta petición están reguladas formalmente por el estándar OGC conocido como WMS o web map service en el caso de datos de tipo vectorial y WCS en el caso de datos tipo ráster. Las peticiones incluyen el área geográfica cubierta y las capas a incluir entre otros muchos detalles y normalmente están gestionadas por software específico que convierte las transacciones de peticiones y respuestas en transparentes para el usuario.

En la IDE-OEM-MAC se ha utilizado el software libre Geoserver para dar cobertura al servicio WMS/WCS, siendo una de las aplicaciones más utilizadas en el mundo de las infraestructuras de datos espaciales. Geoserver organiza la información por espacios de trabajo, donde se agrupan los datos en capas con el mismo contenido temático.

A lo largo del desarrollo del proyecto se han incluido en este servicio un total de 550 capas agrupadas en 32 espacios de trabajo (Tabla 1).

**Tabla 1.** Muestra los 32 espacios de trabajo

areasProtegidas	bati	biodiversidad	ccv
ccvInver	ccvPeces	cima	copernicus
corine	eea	emis	emodnet
habitatEcoDistSelf	habitatEcoDistShort	habitatEcoHB4Self	habitatEcoHB4S- hort
habitats	indimar	limitesAdministrativos	mapama
modeloseco	mspmadeira	patrimonio	pesca
actividades	plasmар	poseidon	proac
taxon	transporte	turismoDeportes	utiles

Fuente: elaboración propia.

Las capas disponibles en cada uno de los espacios de trabajo se pueden consultar en formato XML en el siguiente enlace:

[http://www.geoportal.ulpgc.es/geoserver/<<espacio\\_trabajo>>/wms?request=getCapabilities](http://www.geoportal.ulpgc.es/geoserver/<<espacio_trabajo>>/wms?request=getCapabilities)

Por ejemplo, para consultar las capas disponibles con WMS en “areasProtegidas” el enlace sería el siguiente:

<http://www.geoportal.ulpgc.es/geoserver/areasProtegidas/wms?request=getCapabilities>

### 3. SERVICIOS DE DESCARGA

Siendo normalmente de gran interés por parte de los usuarios la descarga de parte o la totalidad de los conjuntos de datos disponibles. Con el fin de que los usuarios puedan realizar sus propios análisis de los datos, se permite desde la IDE-OEM-MAC la descarga de dichos conjuntos de datos de tres formas distintas.

#### 3.1 Servicio Web de Fenómenos (WFS)

Se trata de un servicio también estandarizado por la OGC para las capas vectoriales y el funcionamiento es similar al WMS pero las peticiones que se realizan son las propias entidades vectoriales, es decir, el usuario demanda las entidades vectoriales localizadas en unas capas y en unas coordenadas concretas y el servidor se las devuelve en formato GML pudiéndose incorporar a la aplicación demandante como una capa vectorial más, incluidos todos sus atributos, por lo que se agiliza la obtención de datos de forma instantánea.

Al igual que para los servicios WMS, para este servicio de descarga se ha utilizado el software Geoserver. Además, se ha utilizado la carga de datos en el servidor para generar servicios WMS y WFS de todas las capas disponibles. Por lo tanto, la organización de las 550 capas en 32 espacios de trabajo es idéntica en ambos servicios.

Igualmente, la consulta de las capas de este servicio se haría de la siguiente forma:

[http://www.geoportal.ulpgc.es/geoserver/<<espacio\\_trabajo>>/wfs?request=getCapabilities](http://www.geoportal.ulpgc.es/geoserver/<<espacio_trabajo>>/wfs?request=getCapabilities)

Por ejemplo, para consultar las capas disponibles con WFS en el espacio de trabajo “areasProtegidas” el enlace sería el siguiente:

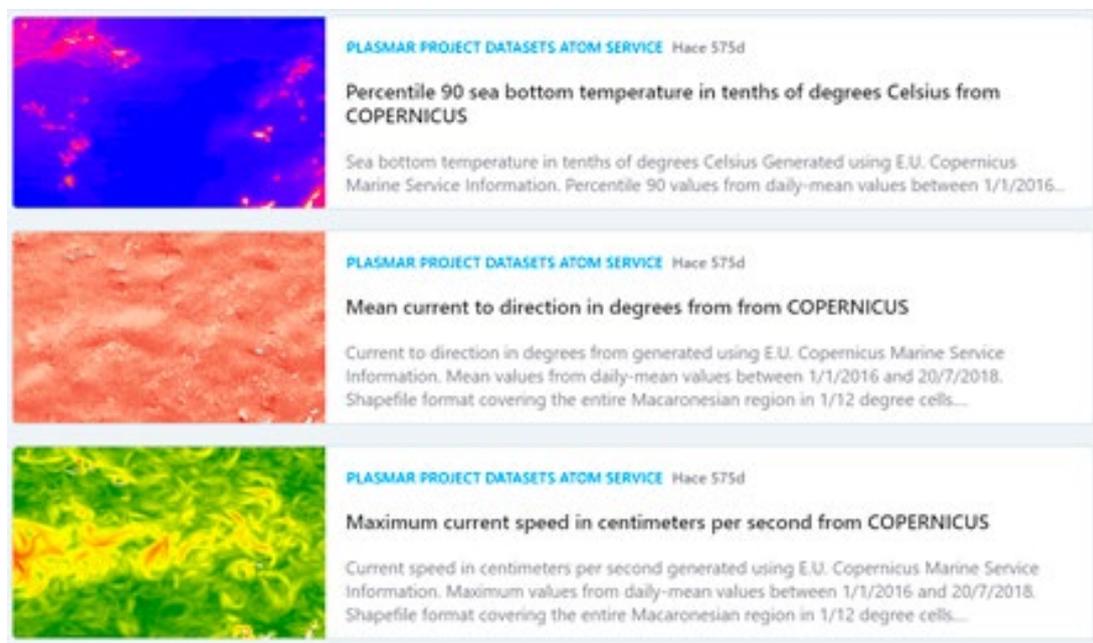
<http://www.geoportal.ulpgc.es/geoserver/areasProtegidas/wfs?request=getCapabilities>

#### 3.2 Servicio de descarga Atom

Con respecto a los servicios de suscripción de contenidos Atom, la IDDM ha puesto bajo este formato de descarga un total de 81 conjuntos de datos, todos ellos de elaboración propia obtenidos durante el desarrollo del proyecto y que se encuentran disponibles en los siguientes enlaces:

- <http://www.geoportal.ulpgc.es/atom/geoportal-ecoaqua-atom.xml>
- <http://www.geoportal.ulpgc.es/atom/plasmar-data-atom.xml>

**Figura 1.** Captura de pantalla del servicio Atom (necesario instalar un complemento en el navegador para su correcta visualización)



Fuente: elaboración propia.

### 3.3 Servicio de descarga directa

Para facilitar en lo posible el acceso a los datos propios de la ULPGC u obtenidos a través de terceros que pudiesen ser de interés para las partes implicadas en el proceso de OEM, se han puesto a disposición hasta el momento para su descarga directa un total de 441 conjuntos de datos. El acceso a estos datos se hace por medio de enlaces ordenados desde las siguientes secciones de la IDDM:

- Servicios de suscripción basados en Atom, descritos en el apartado anterior.
- Servicio de localización o catálogo de metadatos, descrito en el siguiente apartado.
- Aplicación web propia de compilación de servicios, descrita más adelante.

## 4. SERVICIOS DE LOCALIZACIÓN

Los servicios de localización, también regulados por la OGC mediante el protocolo CSW, han sido implementados en la IDE-OEM-MAC por medio de la aplicación de software libre Geonetwork. Esta aplicación permite el establecimiento de un catálogo donde se publican en la web, de forma ordenada y/o por categorías, los metadatos correspondientes a todos los datos o servicios encontrados durante el desarrollo de PLASMAR. Los metadatos están normalizados mediante estándares internacionales de forma que se garantizan los contenidos mínimos y la interoperabilidad entre los

gestores de metadatos. Los metadatos describen los datos a los que hacen referencia y aportan información sobre los mismos, como por ejemplo: qué contienen, quién es el autor, cómo se obtuvieron y/o se mantienen, cuándo se han hecho, y dónde se pueden encontrar o descargar. La aplicación Geonetwork también gestiona el servicio CSW de forma que se facilitan las transacciones desde y hacia otros catálogos.

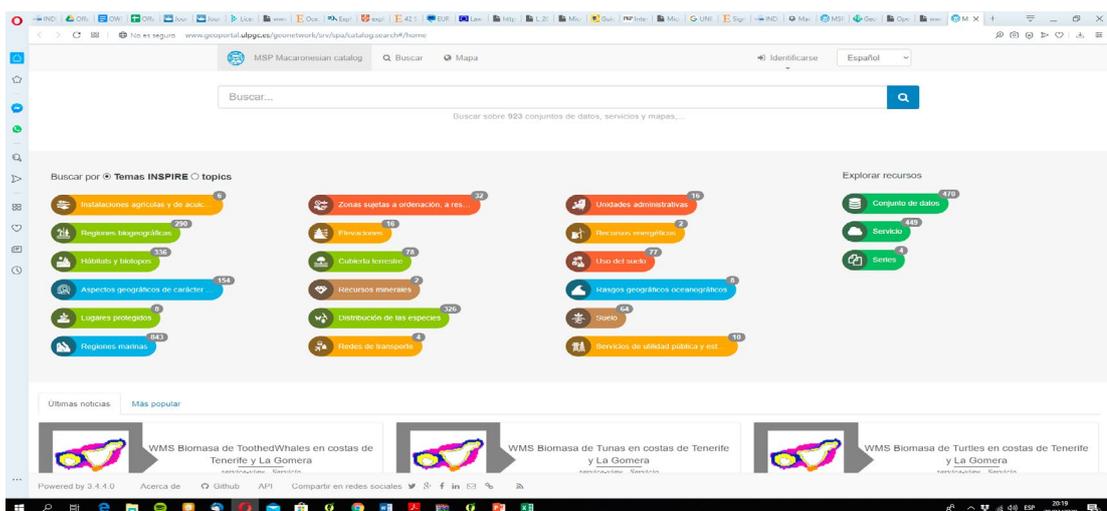
En la IDE-OEM-MAC se han incluido hasta ahora más de 1000 registros en el catálogo, pudiéndose encontrar tanto metadatos elaborados en la propia ULPGC, como de otros socios del proyecto PLASMAR (como los datos aportados por la Dirección Regional de Ordenación Territorial y Medio Ambiente, DROTA, de Madeira) o metadatos aportados por los propios productores de los datos, como es el caso de los aportados por el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITERD).

Del total de 923 registros, un total de 470 corresponden a conjuntos de datos, 449 corresponden a servicios y 4 a series de datos.

El catálogo de la IDE-OEM-MAC se encuentra en el siguiente enlace:

<http://www.geoportal.ulpgc.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/home>

**Figura 2.** Portada del MSP Macaronesian catalog, parte de la IDE-OEM-MAC

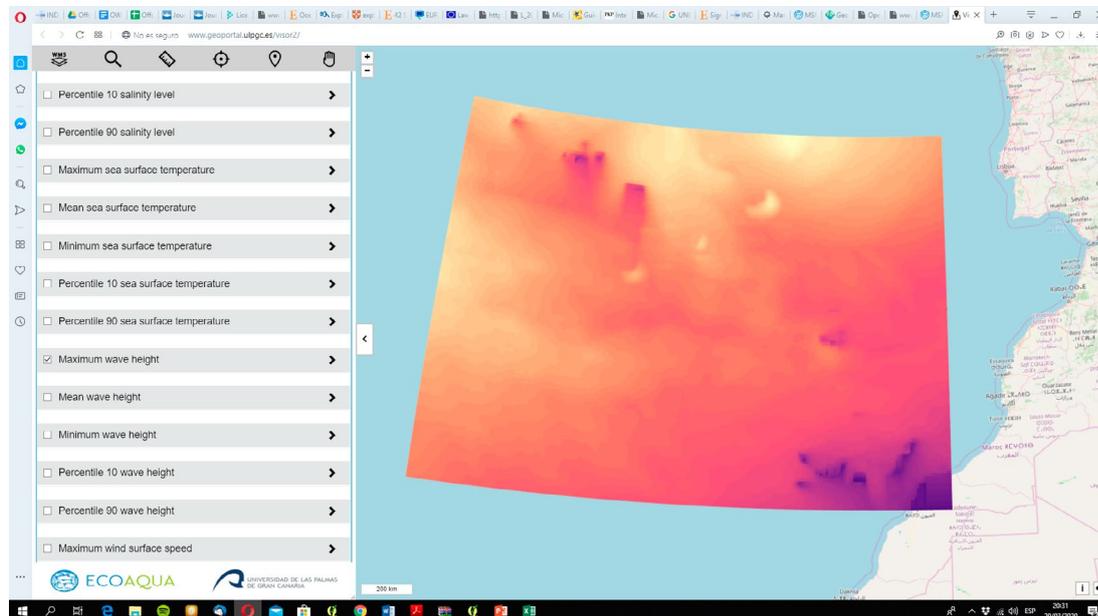


Fuente: elaboración propia.

## 5. VISOR DE DATOS

Una parte importante de la IDDM es el visor de datos (Figura 3), que permite a cualquier usuario mediante cualquier navegador web visualizar los datos disponibles en la IDDM. Este visor, desarrollado expresamente para el proyecto PLASMAR, permite ver tanto la componente geográfica de los datos, como los atributos asociados, y cuenta con 550 conjuntos de datos. El visor de datos se puede consultar en el siguiente enlace: <http://www.geoportal.ulpgc.es/visor2/>

**Figura 3.** Visor de datos de IDE-OEM-MAC del Proyecto PLASMAR



Fuente: elaboración propia.

## 6. APLICACIÓN DE LA DIRECTIVA INSPIRE EN LA IDE-OEM-MAC

La Directiva INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in Europe*) establece las reglas generales para el establecimiento de una Infraestructura de Información Espacial en la Comunidad Europea basada en las Infraestructuras de los Estados miembros.

Aprobada por el Parlamento Europeo y el Consejo el 14 de marzo de 2007 (Directiva 2007/2/CE), ha sido desarrollada en colaboración con los Estados miembros y países en proceso de adhesión con el propósito de hacer disponible la información geográfica relevante, concertada y de calidad de forma que se permita la formulación, implementación, monitorización y evaluación de las políticas de impacto o de dimensión territorial de la Unión Europea.

La transposición de esta Directiva al ordenamiento jurídico español se desarrolla a través de la Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España (LISIGE). El Consejo Superior Geográfico ejerce como punto de contacto con la Comisión Europea para el desarrollo de la Directiva Inspire en España.

Para asegurar que las infraestructuras de datos espaciales de los Estados miembros sean compatibles e interoperables en un contexto comunitario y transfronterizo, la Directiva exige que se adopten Normas de Ejecución comunes (*Implementing Rules*) específicas para las siguientes áreas: metadatos, conjuntos de datos, servicios de red, servicios de datos espaciales, datos y servicios de uso compartido y seguimiento e informes. Estas normas se consideran Decisiones o Reglamentos de la Comisión y por tanto son de obligado cumplimiento en cada uno de los países de la Unión. La imple-

mentación técnica de estas normas se realiza mediante las Guías Técnicas o Directrices (*Technical Guidelines*), que son documentos técnicos basados en estándares y normas Internacionales.

Dichas indicaciones establecidas por la directiva INSPIRE se han tenido en cuenta durante el desarrollo de todos los servicios que forman parte de la IDE-OEM-MAC, así como en la creación de parte de los conjuntos elaborados durante el proyecto. En concreto, se han implementado las siguientes medidas:

- Servicios WMS/WCS y WFS: se han añadido las cláusulas correspondientes identificativas de los estándares INSPIRE en las respuestas sobre capacidades en dichos servicios y, en concreto, en lo referente a lenguajes disponibles y de respuesta, identificador de metadatos y espacio de nombres.
- Servicio Atom: se han añadido las cláusulas incorporando el espacio de nombre declarado por INSPIRE en la cabecera de los archivos de servicio y se han completado las correspondientes etiquetas en las descripciones de cada uno de los conjuntos de datos incluidos en el servicio.
- Servicio CSW: se ha habilitado el perfil INSPIRE en la aplicación Geonetwork, con lo que se incluye en la respuesta de capacidades los esquemas y las etiquetas correspondientes. En la confección de metadatos se ha tenido en cuenta la inclusión de las numerosas etiquetas y elementos de listas cerradas descritos en la Guías Técnicas de INSPIRE, tales como: configuración multilinguaje, temas INSPIRE, esquemas de aplicación, tipos de medios, protocolos, cobertura espacial, categorías de los servicios, condiciones de uso, etc.
- Conjuntos de datos: los archivos resultantes de la normalización de los hábitats marinos procedentes de los estudios ecocartográficos en Canarias se han puesto a disposición siguiendo los esquemas INSPIRE a través de los distintos servicios incorporados en la IDE-OEM-MAC.

## 7. APLICACIÓN WEB DE RECOPILACIÓN DE SERVICIOS

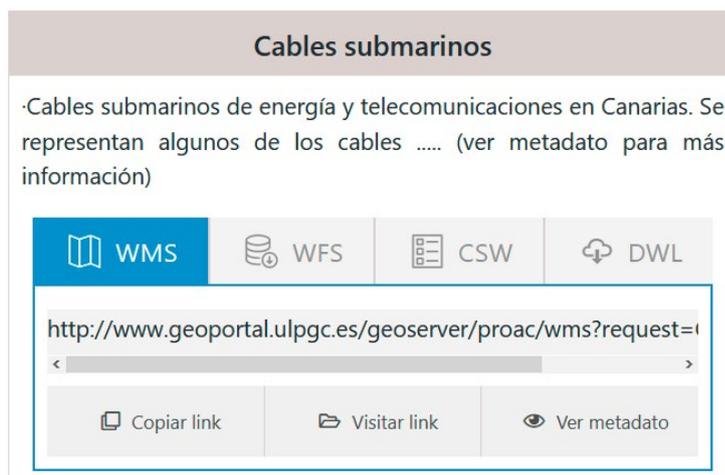
Además de lo descrito anteriormente como desarrollo de la IDE-OEM-MAC, se ha puesto en marcha una aplicación web para facilitar la búsqueda de conjuntos de datos y los servicios y metadatos asociados de forma sencilla e intuitiva (figura 4). Este directorio de servicios está organizado por categorías dentro de las cuales se puede acceder a la información relativa a cada uno de los conjuntos de datos, ofreciendo acceso directo a los servicios y sus metadatos correspondientes (figura 5).

**Figura 4.** Página principal de la aplicación web de directorio de servicios de la IDE-OEM-MAC



Fuente: elaboración propia.

**Figura 5.** Ejemplo del detalle de las funcionalidades ofrecidas para cada uno de los conjuntos de datos



Fuente: elaboración propia.

Este directorio de servicios ofrece un valor añadido a lo aportado por la IDE-OEM-MAC, ofreciendo de forma coordinada con el resto de la infraestructura, todos los contenidos recopilados a lo largo del transcurso del proyecto PLASMAR.

## 8. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo del proyecto PLASMAR se ha conseguido poner a disposición de las partes implicadas en las Ordenación Espacial Marina y del público en general, más de 500 conjuntos de datos espaciales relacionados con el entorno marino en el ámbito geográfico de la Macaronesia. Los datos recopilados de muy diversas fuentes han tenido que ser normalizados y en muchos casos tratados para que la IDE-OEM-MAC se pudiese convertir en un referente de ayuda en los procesos de OEM.

En la misma línea de facilitar al máximo dicha labor de planificación, se han utilizado para ello estándares internacionales reconocidos para el intercambio de información espacial, tanto de descarga como de uso on-line, y se han puesto en marcha varias herramientas de consulta y búsqueda en catálogos estructurados temáticamente realizados con toda la información obtenida. Por último, también se ha incorporado a la Infraestructura, una herramienta web de visualización de los propios datos ordenados también según su naturaleza.

## 9. AGRADECIMIENTOS

La presente comunicación se enmarca como parte de los resultados obtenidos dentro de los proyectos PLASMAR (MAC/1.1a/030) 2017-2019 y PLASMAR+ (MAC2/1.1a/347) 2019-2022, del Programa de Cooperación INTERREG V-A España-Portugal MAC 2014-2020.

## BIBLIOGRAFÍA

- COPERNICUS PROGRAM (2021). Programa europeo de observación de la tierra. Extraído de <https://copernicus.eu>
- CSIC (2021). Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Extraído de <https://www.csic.es/>
- EMODNET (2021). Red europea de observación y datos marinos. Extraído de <https://emodnet.eu>
- GRAFCAN (2021). Cartográfica de Canarias. Extraído de <https://www.grafcan.es/>
- IEO (2021). Instituto Español de Oceanografía de España. Extraído de <http://www.ieo.es>
- MITECO (2021). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Extraído del Geoportal <https://sig.mapama.gob.es/geoportal/>
- OGC, OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM (2021). Estándares internacionales de intercambio de información espacial. Extraído de <https://www.ogc.org/>
- SIGMAR/OEMA (2021). Ordenamento do Espaço Marítimo dos Açores. Extraído en <https://sigmar.dram.azores.gov.pt/#/>
- SNIMAR (2021). Preparação de Informação Geográfica Integrada para a Gestão de Águas Marinhas e Costeiras. Extraído de <http://snimar.pt/>

# DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES PARA LA ORDENACIÓN ESPACIAL MARINA EN LA MACARONESIA

## DEVELOPMENT OF SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE FOR MARINE SPATIAL PLANNING IN MACARONESIA

---

Alejandro García Mendoza<sup>1</sup>, Andrej Abramio<sup>1</sup>, Yaiza Fernández-Palacios<sup>1</sup>, Ricardo Haroun<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Universitario de Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOQUA), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), Parque Científico y Tecnológico Marino de la ULPGC, Ctra. de Taliarte s/n, 35214 Telde, España.

---

### Resumen

En el proceso de la Ordenación Espacial Marítima (OEM), la recopilación de los datos necesarios para conocer el estado actual de las áreas que se pretenden ordenar es la base para aplicar metodologías científicas que den el apoyo técnico adecuado. En la actualidad, en pleno auge del Big Data, donde hay mucha información accesible por internet, el proceso de recopilación de datos necesita estar estructurado y enfocado en temáticas relevantes, pero sobre todo debe estar contrastado y en muchas de las ocasiones, necesita estar armonizado para que sean realmente de utilidad. Para apoyar este proceso de recopilación de información espacial, con el proyecto PLASMAR (Bases para la PLANificación Sostenible de áreas MARinas en la Macaronesia) se ha desarrollado la Infraestructura de Datos Espaciales para la Ordenación Espacial Marina en el ámbito de la Macaronesia. Mediante dicha Infraestructura se ha puesto a disposición de las partes implicadas en la OEM toda la información recopilada sobre el medio marino siguiendo estándares reconocidos que garantizan la máxima difusión y aprovechamiento del trabajo de realizado.

**Palabras clave:** Ordenación espacial marina, Infraestructura de datos espaciales, PLASMAR, Macaronesia, IU-ECOQUA

### Abstract

During the process of Marine Spatial Planning (MSP), the collection of the necessary data to determine the current state of the areas to be managed is the basis for the application of scientific methodologies that provide the appropriate technical support. Nowadays, with the Big Data booming, where there is a lot of information available on the internet, the data collection process needs to be structured and focused on relevant topics, but most of all, it must be contrasted and in many cases, it needs to be harmonized to be really useful. To support this process of collecting spatial information, the PLASMAR project (Setting the basis for sustainable maritime

spatial planning in Macaronesia) has developed the Spatial Data Infrastructure for Marine Spatial Planning in Macaronesia. Through this infrastructure, all the information collected about the marine environment has been made available to the MSP stakeholders, under recognized standards that guarantee the maximum distribution and use of the work carried out.

**Keywords:** Marine spatial planning, Spatial Data Infrastructure, PLASMAR, Macaronesia, IU-ECO-AQUA

## 1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Unas de las actividades desarrolladas dentro del proyecto PLASMAR ha sido la recopilación de información espacial marina y de datos asociados de cualquiera de los archipiélagos macaronésicos implicados en dicho proyecto (Madeira, Azores y Canarias) y que pudiesen ser útiles en los procesos de ordenación marina. Dicha recopilación no sólo se ha limitado a los datos en sí mismos, sino que también se han ido recogiendo todos los aspectos relativos a los propios datos, tales como el origen o fuente, fecha de producción, métodos de obtención, unidades, condiciones de uso, etc. y que también se conocen como metadatos.

Siguiendo la filosofía del propio IU-ECOQUA, aplicada también en el Proyecto, se decidió difundir pública y gratuitamente todo este trabajo de recopilación mediante la puesta en marcha de la Infraestructura de Datos Espaciales para la Ordenación Espacial Marina en la Macaronesia (IDE-OEM-MAC). Dicha infraestructura se ha creado siguiendo el estándar del Open Geospatial Consortium (OGC, 2021), implementado, no sólo por numerosos productores y distribuidores de datos espaciales a lo largo de todo el mundo, sino por numerosas aplicaciones de gestión de datos espaciales, por lo que se garantiza de este modo la máxima difusión de los datos obtenidos.

Como fuentes principales de suministro de datos se han usado los productos armonizados de distintas iniciativas europeas, como el “*European Marine Observation and Data Network*” (EMODnet, 2021), el “*Copernicus Marine Service*” y el “*Land Monitoring Service*” (Copernicus program, 2021) y la “*European Environment Information and Observation Network*” (EIONET, 2021). Los datos marinos también han sido recolectados a partir de las estructuras de datos nacionales, tales como el Ministerio de la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO, 2021), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC, 2021), el Instituto Español de Oceanografía (IEO, 2021) o el Sistema Nacional de Informação do Mar (sniMAR, 2021), y de infraestructura u organizaciones de cobertura regional, tales como Cartográfica de Canarias (GRAFCAN, 2021), la web del Ordenamiento del Espacio Marítimo de Azores (SIGMAR/OEMA, 2021) o el Gobierno de Canarias.

Por último, el propio IU-ECOQUA también ha aportado los datos propios procedentes de proyectos e iniciativas anteriores tales como Canarias por una Costa Viva o el programa de ciencia ciudadana Poseidon (POSEIDON, 2021). Entre éstos cabe destacar el esfuerzo realizado por los autores en la armonización de hábitats bentónicos procedentes de los estudios ecocartográficos de las islas Canarias promovido por el

antiguo Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA, 2021). Dichos estudios fueron realizados por 7 empresas distintas sin coordinación metodológica en cuanto a la clasificación de hábitats. Por ello, y debido a la gran importancia que tienen los hábitats marinos en el desarrollo del proyecto para la toma de decisiones, se decidió armonizar todas las leyendas siguiendo estándares europeos (EUNIS, 2021) y españoles (IEHEM, 2021) permitiendo comparaciones y análisis tanto entre islas como con conjuntos de datos externos.

La diversidad de orígenes de los datos ha hecho que se haya tenido que hacer un importante esfuerzo de armonización en cuanto a formatos y coberturas. En cuanto al formato, la mayor parte de los conjuntos de datos alojados se encuentran en formato Shapefile implantado por Environmental System Research Institute (ESRI, 2021), realizando las oportunas conversiones en los casos que se hizo necesario. En cuanto a la cobertura, cuando los datos originales superaron la extensión geográfica de la Macaronesia se ajustó el alcance geográfico a dicha región puesto que ésta era el área de estudio del proyecto PLASMAR.

Por otro lado, para que una infraestructura de datos espaciales consiga estos objetivos de diseminación, debía incorporar un número de servicios mínimos a través de los cuales cualquier usuario de la Infraestructura pueda acceder on-line a los datos. Dichos servicios son los de visualización, descarga y localización. Para completar esta oferta, se ha desarrollado un visor de datos que utiliza los propios servicios creados en la IDE-OEM-MAC, y que permite la visualización y/o consulta de los datos por medio de un navegador web estándar sin necesidad de contar con cualquier otro tipo de software específico. Los detalles de los servicios y el visor desarrollados para la IDE-OEM-MAC se exponen a continuación.

## 2. SERVICIOS DE VISUALIZACIÓN O DE MAPAS

Este servicio consiste en dar respuesta a las peticiones de los usuarios que soliciten un documento cartográfico de los datos que se están compartiendo. La forma de compartir este documento es por medio de una imagen que el servidor de la IDE-OEM-MAC prepara a demanda del usuario y la envía de forma dinámica e instantánea. Las condiciones de esta petición están reguladas formalmente por el estándar OGC conocido como WMS (web map service) en el caso de datos de tipo vectorial y WCS (web coverage service) en el caso de datos tipo raster. Las peticiones incluyen el área geográfica cubierta y las capas a incluir entre otros muchos detalles y normalmente están gestionadas por software específico que convierte las transacciones de peticiones y respuestas en transparentes para el usuario.

En la IDE-OEM-MAC se ha utilizado el software libre Geoserver para dar cobertura al servicio WMS/WCS, siendo una de las aplicaciones más utilizadas en el mundo de las infraestructuras de datos espaciales. Geoserver organiza la información por espacios de trabajo, donde se agrupan los datos en capas con el mismo contenido temático.

A lo largo del desarrollo del proyecto se han incluido en este servicio un total de 550 capas agrupadas en 26 espacios de trabajo (Tabla 1)

**Tabla 1.** Muestra los 26 espacios de trabajo

ESPACIO	DESCRIPCIÓN	ESPACIO	DESCRIPCIÓN
<b>actividades</b>	localización de algunas actividades y ocupación del espacio marino en Canarias	<b>area Protegidas</b>	Límites de áreas protegidas de distintos ámbitos de regulación
<b>bati</b>	Isóbatas hasta 50 m. de cada una de las Islas Canarias	<b>biodiversidad</b>	Especies marinas consideradas en la Red Natura 2000 para todas la Macaronesia
<b>ccv</b>	Resultados de observaciones procedentes del proyecto Canarias por una Costa Viva	<b>cima</b>	Resultados del estudio de idoneidad para la implantación de la acuicultura en puntos de Tenerife y Lanzarote
<b>corine</b>	Buffers de distancia a la costa de los distintos usos del suelo según el programa CORINE	<b>copernicus</b>	Resumen de variables oceanográficas procedentes del programa europeo Copernicus
<b>emis</b>	valores medios de clorofi a año 2008 procentes del Environmental Marine Information System	<b>eea</b>	Localización detallada de aves, mamíferos y reptiles según las bases de datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente
<b>emodnet</b>	Conjuntos de datos procedentes de EMODnet con cobertura para la Macaronesia	<b>habitats</b>	hábitats marinos de Canarias armonizados según varios criterios
<b>indimar</b>	estudios de idoneidad de asentamiento de varias actividades en regiones de Macaronesia realizadas con la herramienta INIDMAR	<b>limites Administrativos</b>	límites administrativos de Macaronesia y resto del mundo
<b>mapama</b>	resultados de las estrategias marinas procedente del MITECO	<b>mspmadeira</b>	Plan de Ordenación espacial Marina de Madeira
<b>modeloseco</b>	Modelos de abundancia por grupos de especies en aguas de Canarias a partir de Ecopath	<b>patrimonio</b>	patrimonio arqueológico submarino de Canarias
<b>pesca</b>	Áreas frecuentes de pesca según arte en aguas de Canarias	<b>poseidon</b>	resumen de resultados obtenidos en el programa de ciencia ciudadana POSEIDON
<b>plasmar</b>	Líneas de costa de la Macaronesia usada como base en el proyecto PLASMAR	<b>proac</b>	Recursos procedentes del Plan Regional de Ordenación de la Acuicultura
<b>sigmarazores</b>	Conjuntos de datos procedentes del geoportel regional de Azores	<b>taxon</b>	Resultados del estudio de idoneidad para la implantación de la acuicultura en puntos de Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria
<b>transporte</b>	Densidad del tráfico marítimo en Canarias dado en buques por año	<b>turismo Deportes</b>	localización de actividades de turismo y deportes en zonas marinas de Canarias

Fuente: elaboración propia.

Las capas disponibles en cada uno de los espacios de trabajo se pueden consultar en formato XML en el siguiente enlace:

[http://www.geoportal.ulpgc.es/geoserver/<<espacio\\_trabajo>>/wms?request=getCapabilities](http://www.geoportal.ulpgc.es/geoserver/<<espacio_trabajo>>/wms?request=getCapabilities)

Por ejemplo, para consultar las capas disponibles con WMS en “areasProtegidas” el enlace sería el siguiente:

<http://www.geoportal.ulpgc.es/geoserver/areasProtegidas/wms?request=getCapabilities>

### 3. SERVICIOS DE DESCARGA

Con el fin de que los usuarios puedan realizar sus propios análisis de los datos, se permite desde la IDE-OEM-MAC la descarga de dichos conjuntos de datos de tres formas distintas.

#### 3.1 Servicio Web de Fenómenos (WFS)

Se trata de un servicio también estandarizado por la OGC para las capas vectoriales y el funcionamiento es similar al WMS pero las peticiones que se realizan son las propias entidades vectoriales, es decir, el usuario demanda las entidades vectoriales localizadas en unas capas y en unas coordenadas concretas y el servidor se las devuelve en formato GML (Geography Markup Language) pudiéndose incorporar a la aplicación demandante como una capa vectorial más, incluidos todos sus atributos, por lo que se agiliza la obtención de datos de forma instantánea.

Al igual que para los servicios WMS, para este servicio de descarga se ha utilizado el software Geoserver. Además, se ha utilizado la carga de datos en el servidor para generar servicios WMS y WFS de todas las capas disponibles. Por lo tanto, la organización de las 550 capas en 32 espacios de trabajo es idéntica en ambos servicios.

Igualmente, la consulta de las capas de este servicio se haría de la siguiente forma:

[http://www.geoportal.ulpgc.es/geoserver/<<espacio\\_trabajo>>/wfs?request=getCapabilities](http://www.geoportal.ulpgc.es/geoserver/<<espacio_trabajo>>/wfs?request=getCapabilities)

Por ejemplo, para consultar las capas disponibles con WFS en el espacio de trabajo “areasProtegidas” el enlace sería el siguiente:

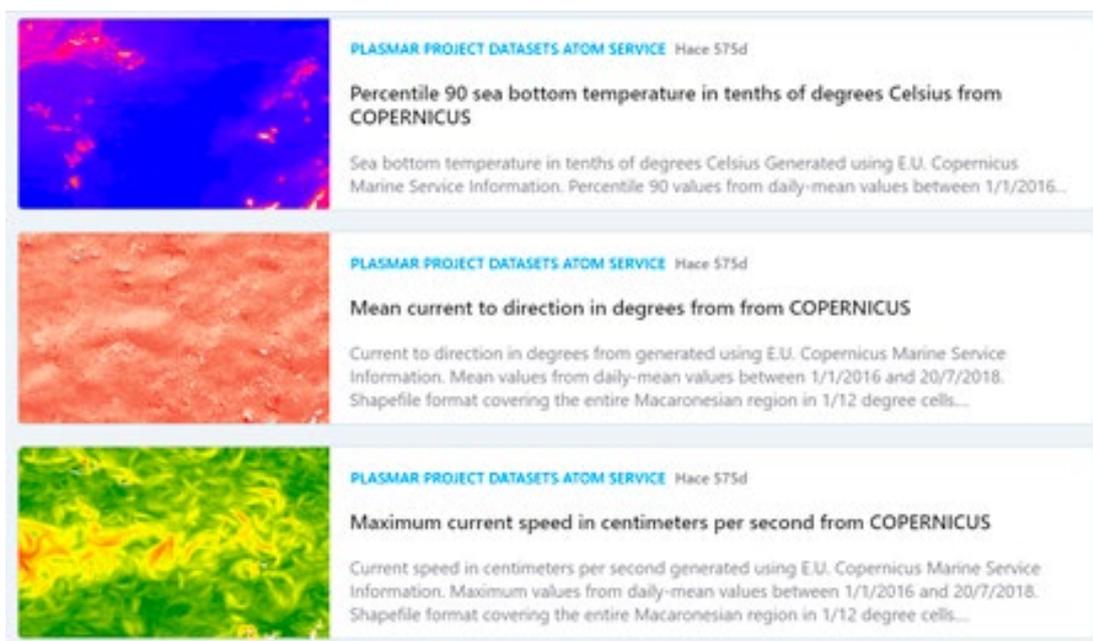
<http://www.geoportal.ulpgc.es/geoserver/areasProtegidas/wfs?request=getCapabilities>

#### 3.2 Servicio de descarga ATOM

Con respecto a los servicios de suscripción de contenidos Atom, la IDE-OEM-MAC ha puesto bajo este formato de descarga un total de 81 conjuntos de datos, todos ellos de elaboración propia obtenidos durante el desarrollo del proyecto y que se encuentran disponibles en los siguientes enlaces:

- <http://www.geoportal.ulpgc.es/atom/geoportal-ecoaqua-atom.xml>
- <http://www.geoportal.ulpgc.es/atom/plasmar-data-atom.xml>

**Figura 1.** Captura de pantalla del servicio Atom (necesario instalar un complemento en el navegador para su correcta visualización)



Fuente: elaboración propia.

### 3.3 Servicio de descarga directa

Para facilitar en lo posible el acceso a los datos propios de la ULPGC u obtenidos a través de terceros que pudiesen ser de interés para las partes implicadas en el proceso de OEM, se han puesto a disposición hasta el momento para su descarga directa un total de 441 conjuntos de datos. El acceso a estos datos se hace por medio de enlaces ordenados desde las siguientes secciones de la IDE-OEM-MAC:

- Servicios de suscripción basados en Atom, descritos en el apartado anterior.
- Servicio de localización o catálogo de metadatos, descrito en el siguiente apartado.
- Aplicación web propia de compilación de servicios, descrita más adelante.

## 4. SERVICIOS DE LOCALIZACIÓN

Los servicios de localización, también regulados por la OGC mediante el protocolo CSW, han sido implementados en la IDE-OEM-MAC por medio de la aplicación de software libre Geonetwork. Esta aplicación permite el establecimiento de un catálogo donde se publican en la web, de forma ordenada y/o por categorías, los metadatos

correspondientes a todos los datos o servicios encontrados durante el desarrollo de PLASMAR. Los metadatos están normalizados mediante estándares internacionales de forma que se garantizan los contenidos mínimos y la interoperabilidad entre los gestores de metadatos. Los metadatos describen los datos a los que hacen referencia y aportan información sobre los mismos, como por ejemplo: qué contienen, quién es el autor, cómo se obtuvieron y/o se mantienen, cuándo se han hecho, y dónde se pueden encontrar o descargar. La aplicación Geonetwork también gestiona el servicio CSW de forma que se facilitan las transacciones desde y hacia otros catálogos.

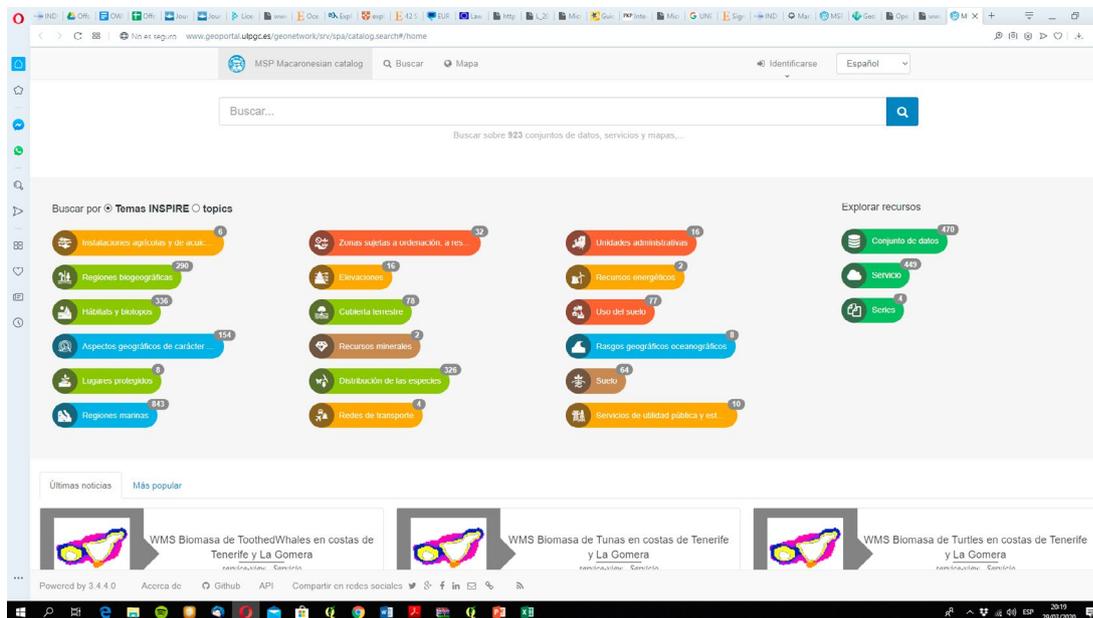
En la IDE-OEM-MAC se han incluido hasta ahora más de 1000 registros en el catálogo, pudiéndose encontrar tanto metadatos elaborados en la propia ULPGC, como de otros socios del proyecto PLASMAR (como los datos aportados por la Dirección Regional de Ordenación Territorial y Medio Ambiente, DROTA, de Madeira) o metadatos aportados por los propios productores de los datos, como es el caso de los aportados por el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITERD).

Del total de 923 registros, un total de 470 corresponden a conjuntos de datos, 449 corresponden a servicios y 4 a series de datos.

El catálogo de la IDE-OEM-MAC se encuentra en el siguiente enlace:

<http://www.geoportal.ulpgc.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/home>

Figura 2. Portada del MSP Macaronesian catalog, parte de la IDE-OEM-MAC

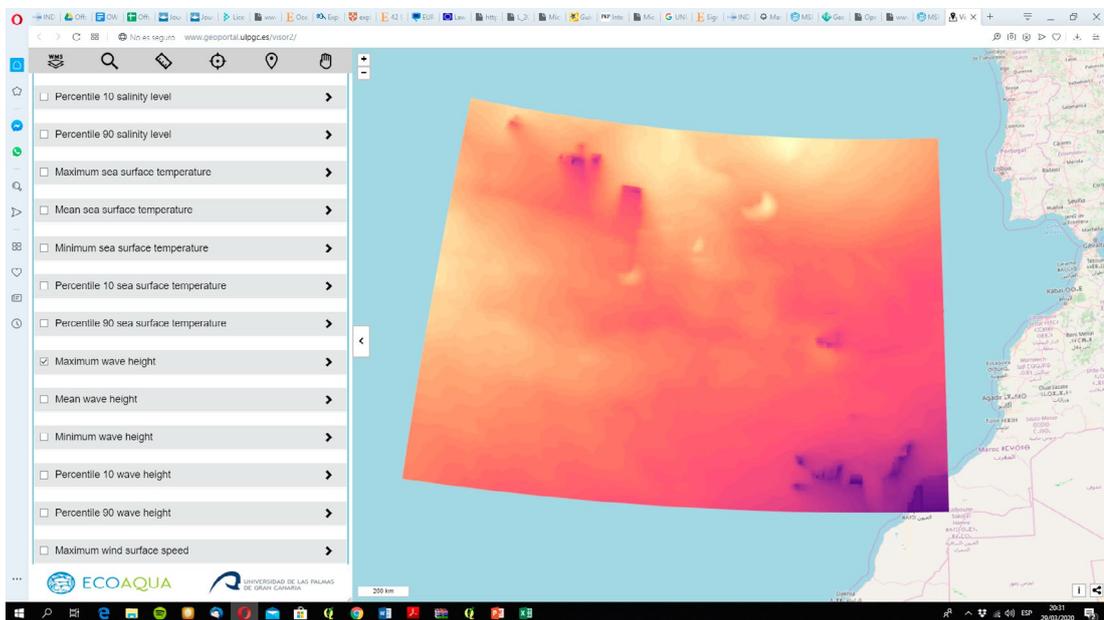


Fuente: elaboración propia.

## 5 VISOR DE DATOS

Una parte importante de la IDE-OEM-MAC es el visor de datos (Figura 3), que permite a cualquier usuario mediante cualquier navegador web visualizar los datos disponibles. Este visor, desarrollado expresamente para el proyecto PLASMAR, permite ver tanto la componente geográfica de los datos, como los atributos asociados, y cuenta con 550 conjuntos de datos. El visor de datos se puede consultar en el siguiente enlace: <http://www.geoportal.ulpgc.es/visor2/>

Figura 3. Visor de datos de IDE-OEM-MAC del Proyecto PLASMAR



Fuente: elaboración propia.

## 6. APLICACIÓN DE LA DIRECTIVA INSPIRE EN LA IDE-OEM-MAC

La Directiva INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in Europe*) establece las reglas generales para el establecimiento de una Infraestructura de Información Espacial en la Comunidad Europea basada en las Infraestructuras de los Estados miembros.

Aprobada por el Parlamento Europeo y el Consejo el 14 de marzo de 2007 (Directiva 2007/2/CE), ha sido desarrollada en colaboración con los Estados miembros y países en proceso de adhesión con el propósito de hacer disponible la información geográfica relevante, concertada y de calidad de forma que se permita la formulación, implementación, monitorización y evaluación de las políticas de impacto o de dimensión territorial de la Unión Europea.

La transposición de esta Directiva al ordenamiento jurídico español se desarrolla a través de la Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España (LISIGE). El Consejo Superior Geográfico ejerce

como punto de contacto con la Comisión Europea para el desarrollo de la Directiva Inspire en España.

Para asegurar que las infraestructuras de datos espaciales de los Estados miembros sean compatibles e interoperables en un contexto comunitario y transfronterizo, la Directiva exige que se adopten Normas de Ejecución comunes (*Implementing Rules*) específicas para las siguientes áreas: metadatos, conjuntos de datos, servicios de red, servicios de datos espaciales, datos y servicios de uso compartido y seguimiento e informes. Estas normas se consideran Decisiones o Reglamentos de la Comisión y por tanto son de obligado cumplimiento en cada uno de los países de la Unión. La implementación técnica de estas normas se realiza mediante las Guías Técnicas o Directrices (*Technical Guidelines*), que son documentos técnicos basados en estándares y normas Internacionales.

Dichas indicaciones establecidas por la directiva INSPIRE se han tenido en cuenta durante el desarrollo de todos los servicios que forman parte de la IDE-OEM-MAC, así como en la creación de parte de los conjuntos elaborados durante el proyecto. En concreto, se han implementado las siguientes medidas:

- Servicios WMS/WCS y WFS: se han añadido las cláusulas correspondientes identificativas de los estándares INSPIRE en las respuestas sobre capacidades en dichos servicios y, en concreto, en lo referente a lenguajes disponibles y de respuesta, identificador de metadatos y espacio de nombres.
- Servicio Atom: se han añadido las cláusulas incorporando el espacio de nombre declarado por INSPIRE en la cabecera de los archivos de servicio y se han completado las correspondientes etiquetas en las descripciones de cada uno de los conjuntos de datos incluidos en el servicio.
- Servicio CSW: se ha habilitado el perfil INSPIRE en la aplicación Geonetwork, con lo que se incluye en la respuesta de capacidades los esquemas y las etiquetas correspondientes. En la confección de metadatos se ha tenido en cuenta la inclusión de las numerosas etiquetas y elementos de listas cerradas descritos en la Guías Técnicas de INSPIRE, tales como: configuración multilinguaje, temas INSPIRE, esquemas de aplicación, tipos de medios, protocolos, cobertura espacial, categorías de los servicios, condiciones de uso, etc.
- Conjuntos de datos: los archivos resultantes de la normalización de los hábitats marinos procedentes de los estudios ecocartográficos en Canarias se han puesto a disposición siguiendo los esquemas INSPIRE a través de los distintos servicios incorporados en la IDE-OEM-MAC.

## 7. APLICACIÓN WEB DE RECOPILACIÓN DE SERVICIOS

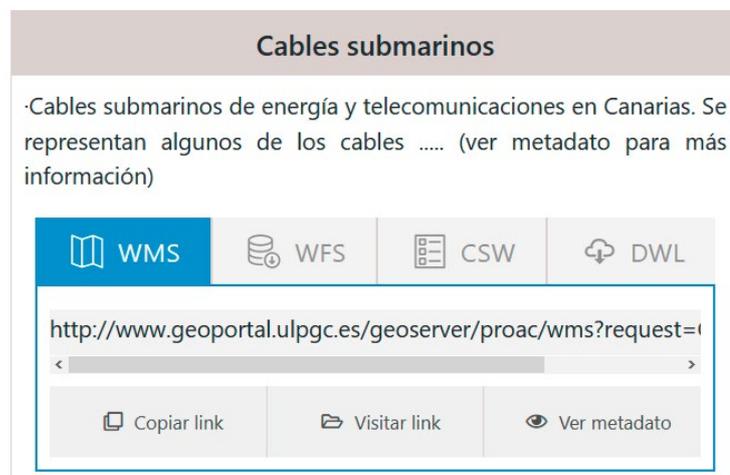
Además de lo descrito anteriormente como desarrollo de la IDE-OEM-MAC, se ha puesto en marcha una aplicación web para facilitar la búsqueda de conjuntos de datos y los servicios y metadatos asociados de forma sencilla e intuitiva (figura 4). Este directorio de servicios está organizado por categorías dentro de las cuales se puede acceder a la información relativa a cada uno de los conjuntos de datos, ofreciendo acceso directo a los servicios y sus metadatos correspondientes (figura 5).

**Figura 4.** Página principal de la aplicación web de directorio de servicios de la IDE-OEM-MAC



Fuente: elaboración propia.

**Figura 5.** Ejemplo del detalle de las funcionalidades ofrecidas para cada uno de los conjuntos de datos



Fuente: elaboración propia.

Este directorio de servicios ofrece un valor añadido a lo aportado por la IDE-OEM-MAC, ofreciendo de forma coordinada con el resto de la infraestructura, todos los contenidos recopilados a lo largo del transcurso del proyecto PLASMAR.

## 8 CONCLUSIONES

Durante el desarrollo del proyecto PLASMAR se ha conseguido poner a disposición de las partes implicadas en las Ordenación Espacial Marina y del público en general, más de 500 conjuntos de datos espaciales relacionados con el entorno marino en el ámbito geográfico de la Macaronesia. Los datos recopilados de muy diversas fuentes han tenido que ser normalizados y en muchos casos tratados para que la IDE-OEM-MAC se pudiese convertir en un referente de ayuda en los procesos de OEM.

En la misma línea de facilitar al máximo dicha labor de planificación, se han utilizado para ello estándares internacionales reconocidos para el intercambio de información espacial, tanto de descarga como de uso on-line, y se han puesto en marcha varias herramientas de consulta y búsqueda en catálogos estructurados temáticamente realizados con toda la información obtenida. Por último, también se ha incorporado a la Infraestructura, una herramienta web de visualización de los propios datos ordenados también según su naturaleza.

## 9. AGRADECIMIENTOS:

La presente comunicación se enmarca como parte de los resultados obtenidos dentro de los proyectos PLASMAR (MAC/1.1a/030) 2017-2019 y PLASMAR+ (MAC2/1.1a/347) 2019-2022, del Programa de Cooperación INTERREG V-A España-Portugal MAC 2014-2020.

## 10. REFERENCIAS:

- COPERNICUS PROGRAM (2021). Programa europeo de observación de la tierra. Extraído de <https://copernicus.eu>
- CSIC (2021). Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Extraído de <https://www.csic.es/>
- EIONET (2021). Red europea de información y observación medioambiental. Extraído de <https://www.eionet.europa.eu/>
- EMODNET (2021). Red europea de observación y datos marinos. Extraído de <https://emodnet.eu>
- EUNIS (2021). European Nature Information System. Extraído de <https://eunis.eea.europa.eu/>
- GRAFCAN (2021). Cartográfica de Canarias. Extraído de <https://www.grafcan.es/>
- IEHEM (2021). Inventario español de hábitats y especies marinos. Extraído de <https://www.miteco.gob.es/fr/biodiversidad/temas/biodiversidad-marina/habitats-especies-marinos/inventario-espanol-habitats-especies-marinos/inventario-habitats-especies.aspx>

IEO (2021). Instituto Español de Oceanografía de España. Extraído de <http://www.ieo.es>

MAPAMA(2021) Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Extraído de MITECO / MITERD (2021). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Extraído del Geoportal <https://sig.mapama.gob.es/geoportal/>

OGC, OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM (2021). Estándares internacionales de intercambio de información espacial. Extraído de <https://www.ogc.org/>

POSEIDON, PROYECTO DE CIENCIA CIUDADANA PARA LA DIVERSIDAD DE ESPECIES MARINAS DE CANARIAS. EXTRAÍDO DE [HTTPS://ES-ES.FACEBOOK.COM/PROGRAMAPOSEIDON/](https://ES-ES.FACEBOOK.COM/PROGRAMAPOSEIDON/)

SIGMAR/OEMA (2021). Ordenamento do Espaço Marítimo dos Açores. Extraído en <https://sigmar.dram.azores.gov.pt/#/>

SNIMAR (2021). Preparação de Informação Geográfica Integrada para a Gestão de Águas Marinhas e Costeiras. Extraído de <http://snimar.pt/>

# LA VALIDEZ DE LOS CUESTIONARIOS ONLINE: IDENTIFICACIÓN DE LAS EXPECTATIVAS A VIAJAR DE LOS TURISTAS DURANTE EL CONFINAMIENTO GENERADO POR LA COVID-19

## THE VALIDITY OF ONLINE QUESTIONNAIRES: IDENTIFICATION OF TOURISTS EXPECTATIONS TO TRAVEL DURING THE CONFINEMENT GENERATED BY COVID-19

---

Moisés Simancas Cruz<sup>1</sup>

**1** Departamento de Geografía e Historia. Universidad de La Laguna.

msimancas@ull.es

<https://orcid.org/0000-0002-0337-0424>

---

María Pilar Peñarrubia Zaragoza<sup>2</sup>

**2** Departamento de Geografía. Universitat de València

M.Pilar.Penarrubia@uv.es

<https://orcid.org/0000-0001-8478-8314>

---

Danielle Pimentel De Oliveira<sup>3</sup>

**3** Instituto Interuniversitario de Desarrollo Local. Universidad de Valencia

dapideo@alumni.uv.es

<https://orcid.org/0000-0003-3572-8002>

---

Cláudia Ribeiro de Almeida<sup>4</sup>

**4** Escuela Superior de Gestión, Hostelería y Turismo. Universidad de Algarve

[calmeida@ualg.pt](mailto:calmeida@ualg.pt)

---

<https://orcid.org/0000-0002-1462-5453>

### Resumen

A pesar de la crisis sanitaria y de la situación de confinamiento desarrollada en España, la intención a viajar se mantuvo. Este hecho hizo relevante conocer si, al menos a corto y medio plazo, se iban a producir cambios respecto a las preferencias, necesidades, comportamientos, actitudes, expectativas, patrones geográficos de movilidad o pautas de consumo de productos y servicios de los turistas COVID-19. Para ello, los datos se revelan como esenciales. Los cuestionarios online se plantean como herramientas de investigación cuantitativa adecuadas para recopilar esos datos en términos de eficiencia y eficacia. El objetivo de este trabajo es conocer la validez del cuestionario diseñado *ad hoc* y distribuido por internet, con el fin de conocer las perspectivas a viajar que los españoles durante al confinamiento, al compararla con las determinaciones de diversos informes y documentos realizados por consultoras y centros de investigación.

**Palabras Clave:** turismo, COVID-19, cuestionario online, datos

**Abstract:**

Despite the health crisis and the situation of confinement developed in Spain, the intention to travel was maintained. This fact made it important to know whether, at least in the short and medium-term, there were going to be changes in the preferences, needs, behaviour, attitudes, expectations, geographical mobility patterns or consumption patterns of products and services of COVID-19 tourists. To this end, data is essential. Online questionnaires are proposed as appropriate quantitative research tools to collect such data in terms of efficiency and effectiveness. However, they are not exempt from selection bias. This work aims to ascertain the validity of the 227 surveys designed ad hoc and distributed on the Internet, to find out what Spaniards' perspectives on travel are during confinement, by comparing them with the findings of various reports and documents produced by consulting firms and research centres.

**Keywords:** tourism, COVID-19, online questionnaire, validity, data

**1. INTRODUCCIÓN**

El turismo se revela como uno de los sectores donde las estrategias de *big data* y la nueva analítica de datos desde la perspectiva de la *data science* y la *business intelligence* están teniendo un mayor impacto (Peñarrubia y Simancas, 2020). Los datos constituyen instrumentos de gran utilidad para la toma de decisiones en los procesos de planificación y gestión de los destinos turísticos. Esto requiere un importante y diverso volumen de información estadística, comparable a lo largo del tiempo y del espacio, y que, superando la relativa al número y origen de los turistas, debe permitir un conocimiento profundo del perfil de los turistas. A este respecto, Martin *et al.* (2012) plantea que la información más demandada es la relativa al perfil de la demanda, seguida de la del análisis de la oferta y de la competencia y sobre innovación. Así, si bien la disponibilidad de datos resulta fundamental en cualquier sector, lo anterior hace que sea especialmente significativo en el turístico. Esto ha generado nuevas demandas de información estadística, comparables a lo largo del tiempo y del espacio, a escala local (microdatos), centradas en el conocimiento de las preferencias, necesidades, comportamientos, actitudes, expectativas, patrones geográficos de movilidad, pautas de consumo de productos y servicios, etc., del turista. En este sentido, las estadísticas públicas oficiales no suelen aportar datos para el análisis de tales cambios, teniendo que ser completadas y/o complementadas por otras fuentes alternativas (Peñarrubia-Zaragoza, 2018).

Los anteriores planteamientos determinan que los datos, convertidos en información, adquieren valor al aplicarse en los procesos de toma de decisiones en los ámbitos privados y públicos, convirtiéndose en conocimiento (Peñarrubia y Simancas, 2020). Aunque la disponibilidad de datos resulta fundamental en cualquier sector, lo anterior hace que sea especialmente significativo en el turístico (Aroca *et al.*, 2014; Luque *et al.*, 2015). Ello cuestiona, de nuevo, la eficacia, adecuación y conveniencia de

las tradicionales fuentes públicas de estadísticas turísticas, obligando a un replanteamiento en los procesos de generación y difusión de los datos turísticos. El presente trabajo se inserta en este planteamiento, abordando fuentes de datos complementarias.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El coronavirus SARS-CoV-2, el agente causante de la enfermedad COVID-19, ha generado una pandemia mundial sin precedentes en la historia reciente. Esta ha dado lugar a una crisis multidimensional global, con repercusiones a corto, medio y largo plazo sobre el turismo. Este es el sector económico que primero padeció los efectos de esta pandemia, siendo el más afectado durante el confinamiento de la población, llegando a un “cero turístico” a escala mundial. Además, conforme los niveles de vacunación aumentan y el número de contagios se reduce, se prevé una recuperación progresiva de la actividad turística, volviendo a una situación pre-crisis sanitaria.

A pesar de la crisis sanitaria y de la situación de confinamiento desarrollada en España entre el 15 de marzo y el 21 de junio de 2020, la intención a viajar se mantuvo. Este hecho hizo relevante conocer si, al menos a corto y medio plazo, se iban a producir cambios respecto a los patrones de consumo como han planteado, entre otros, Toubes *et al.* (2021). En este contexto de incertidumbre, la disponibilidad de datos se reveló, aún más si cabe, como esencial para la toma de decisiones.

Los estudios basados en cuestionarios online (correo electrónico, redes sociales, etc.) sin presencia de encuestador (auto-administradas) constituyen herramientas de investigación cuantitativa adecuadas para recopilar esos datos en términos de eficiencia y eficacia (Castañeda y Luque, 2004). Numerosos investigadores consideran que los cuestionarios que usan internet como medio de difusión ofrecen información con tanta calidad como los presenciales o telefónicos, presentando múltiples oportunidades para la obtención de datos (Kaye y Johnson, 1999; Danielsson, 2002; Fricker y Schonlau, 2002; Castañeda y Luque, 2004; Gosling *et al.*, 2004; Duffy *et al.*, 2005; Castañeda-García *et al.*, 2007; Valls, 2007; Loosveldt y Sonck, 2008; López, 2008; Manfreda y Vehovar, 2008; Couper y Miller, 2009; Dillman *et al.*, 2009; Fan y Yan, 2010; Díaz-De Rada, 2011 y 2012; Sánchez *et al.*, 2011; Horton *et al.*, 2011; Callegaro *et al.*, 2015; Ganesan y Kumar, 2015; Khode, 2015; Malegarie y Fernández, 2019).

El objetivo de este trabajo es conocer la eficacia de los cuestionarios *ad hoc* distribuidos por internet para la obtención de datos en materia turística. Para ello se aplica a la identificación de las intenciones a viajar de los españoles durante el confinamiento derivado de la citada crisis sanitaria. La validez se logra al comparar los resultados obtenidos con los de los informes elaborados durante el confinamiento por consultoras (Deloitte Consulting, KPMG/CEOE, DNA, Bain & Company/EY, Randstad Research, Fundación Impulsa Balears, WOLL Consultores), entidades (Organización Mundial del Turismo, Exceltur, Biosphere Responsible Tourism) y centros de investigación (Instituto Universitario de Investigación de Inteligencia e Innovación Turística de la Universidad de Málaga, Instituto Universitario de Investigaciones Turísticas de la Universidad de Alicante, Cátedra de Turismo CajaCanarias-Ashotel de la

Universidad de La Laguna), así como los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE). Estos contienen escenarios temporales y simuladores de impacto, así como propuestas de estrategias y actuaciones. No obstante, somos conscientes que la mayoría de estos planteamientos y prospectivas no dejaron de ser meros ejercicios teóricos y retóricos, derivados de simples intuiciones y elucubraciones voluntaristas (Simancas-Cruz, 2020a). Además, su vigencia cambió constantemente, debido al dinamismo de la crisis sanitaria, el devenir de los acontecimientos y, sobre todo, los cambios -casi a diario- de las recomendaciones formuladas para proteger la salud, con los consiguientes vaivenes, improvisaciones, imprecisiones, opiniones inciertas, mensajes equívocos y modificaciones de criterios.

### 3. MATERIAL Y MÉTODO

Este trabajo se inserta en un proyecto de investigación que se está desarrollando entre las Universidades de Maribor (Facultad de Turismo), Primorska (Facultad de Estudios de Turismo), Algarve (Escuela Superior de Gestión, Hotelería y Turismo) y La Laguna (Cátedra de Turismo CajaCanarias-Ashotel), con el fin de analizar el impacto de la COVID-19 sobre el turismo y realizar un análisis comparado de los datos entre los distintos países (Eslovenia, Portugal y España). En este trabajo se analizan solo las respuestas referidas a la intención a viajar durante el confinamiento desarrollado en España.

La presente investigación tiene un carácter descriptivo transversal. Su principal objetivo es la descripción, no necesariamente causal o relacional, de las respuestas obtenidas. La condición de transversal está determinada por la temporalidad, pues corresponde a una sola medición en el tiempo. La recopilación de datos se hizo del 5 de mayo al 7 de junio de 2020 y, por tanto, en pleno confinamiento derivado del estado de alarma decretado en España el día 14 de marzo. Por tanto, los datos se recopilaron en los primeros meses de la pandemia, cuando todavía no se visibilizaba tan claramente cómo esta afectaría al sector turístico.

Se ha utilizado un cuestionario online diseñado *ad hoc*, utilizando la aplicación Google Forms ([https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdXNGV2Cr6RHL4bwTL-h8NANsT6sSIJdxhZIQSQ8\\_ffftvqXqw/closedform](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdXNGV2Cr6RHL4bwTL-h8NANsT6sSIJdxhZIQSQ8_ffftvqXqw/closedform)). Este se eligió por tratarse de una herramienta estadística de recogida de información metodológicamente viable y particularmente útil (Gosling *et al.*, 2004; Horton *et al.*, 2011). Se distribuyó por plataformas digitales y correos electrónicos. De esta manera, el muestreo ha sido no probabilístico de tipo voluntario y de conveniencia.

El cuestionario se estructuró en dos partes: mientras la primera se refirió al perfil del encuestado (país, género, nivel de estudios, profesión, la segunda a su forma previa de viajar, los efectos de la pandemia sobre sus viajes programados (si los tuviera) y sus expectativas a realizarlos tras el confinamiento.

Se obtuvieron 227 respuestas. El 85,5 % son personas que viven en España. La mayoría son mujeres (el 61,7 %). El 86 % tienen estudios universitarios, resultando que un 43,2 % de primer y segundo ciclo, y el resto máster/doctorado. El 52% trabaja a tiempo completo, el 44 % trabaja en el sector privado, el 24,2 a cuenta propia y el 21,1 está vinculado a la actividad turística. El 53,3% vive en municipios de más de 50.000

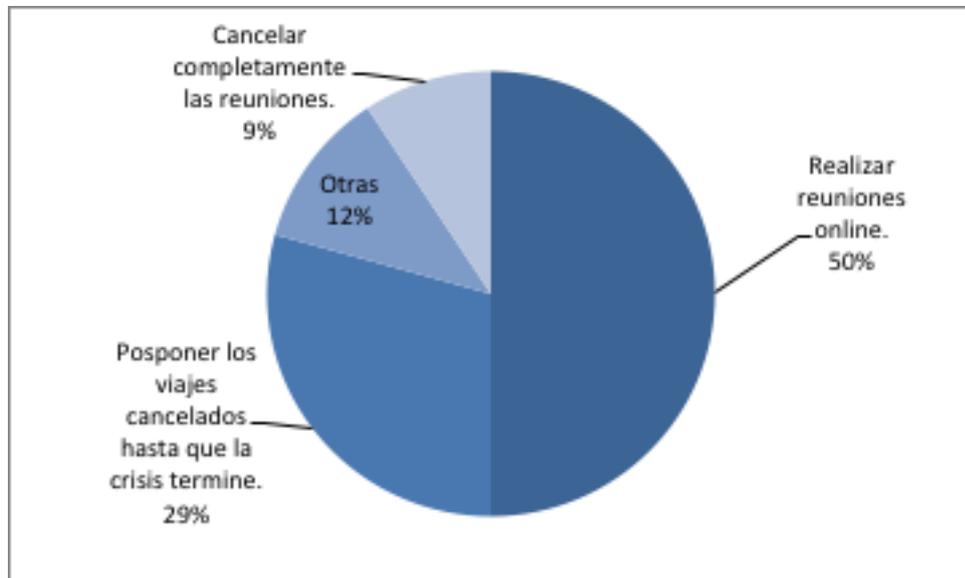
habitantes. El 48,4 % de los encuestados realizaron entre 1 y tres viajes en los últimos tres años. El 81,9% han realizado entre 1 y 3 viajes al extranjero. El 47,6 % voló entre 1 y 3 veces en avión; el resto realizó más vuelos. El 52,4 % realizaron viajes por trabajo.

#### 4. RESULTADOS

El 53,7 % de los encuestados manifiestan que por lo menos un evento para el cual tenía comprada una entrada o pagado una tasa de inscripción se ha cancelado debido a la COVID-19. El 49,3 % indica que ese evento fue pospuesto.

El 52,9 % señalaron que habían cancelado alguna de las reservas de viajes/vacaciones debido a la COVID-19. El 60,9 % indicaron que iban a buscar otras fechas alternativas para los viajes con el mismo organizador cuando se pudiera viajar. Este dato coincidió con las encuestas de intención a viajar realizadas durante los confinamientos muestran su predisposición; así, por ejemplo, la realizada por la Asociación de Transporte Aéreo Internacional indica que el 61 % de los encuestados no están dispuestos a esperar más de un mes o dos para volver a coger un vuelo. De esta manera el deseo de viajar se mantuvo durante el confinamiento, pero se pospusieron los planes de viaje hasta que existiera una mayor certeza. Estos datos dan cuenta de una cuestión clave de la situación generada por la pandemia de la COVID-19: es una crisis de salud pública, que ha provocado un *shock* de la demanda turística, de modo que no se trata de una crisis de oferta turística y, por tanto, de los destinos (Simancas-Cruz, 2020a); por tanto, es previsible que vuelvan a una situación previa, una vez se supere la pandemia.

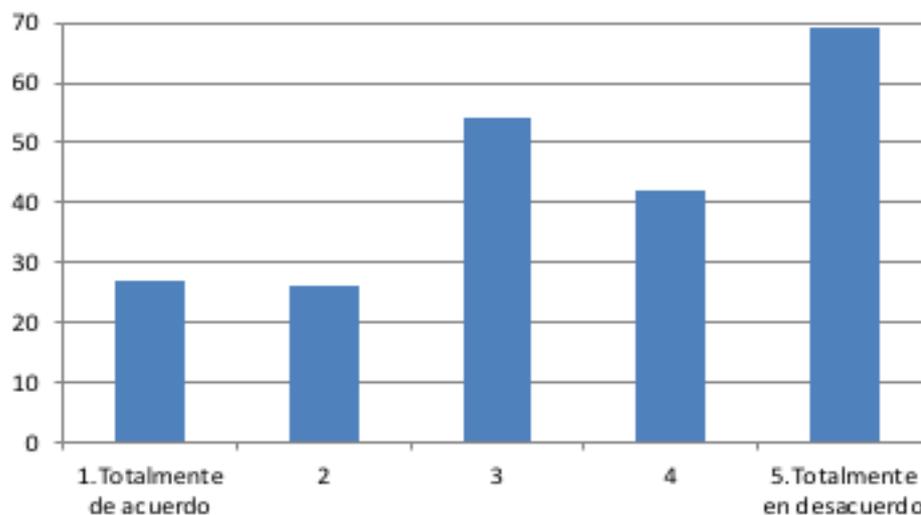
El 35,2 % indicaron que cancelaron alguno de sus viajes de negocios ya reservados debido a la COVID-19. La media de dinero perdido por la cancelación es de 14.97,2 por persona. La mitad de los encuestados suplieron los viajes por reuniones *online*. El 29 propusieron los viajes hasta que se pudiera. Solo el 9 % cancelaron definitivamente las reuniones programadas (Figura 1).

**Figura 1.** Actitud de los encuestados respecto a los viajes contratados

Fuente: Elaboración propia

La mayoría de los encuestados (el 31,7 %) no pensaba viajar de manera intensa para compensar el tiempo de confinamiento (Figura 2). Este dato explica la caída de la demanda, pues el turismo implica necesariamente el desplazamiento de personas para desarrollar *in situ* las actividades y experiencias en los lugares, que son las que generen sensaciones y emociones. Por tanto, se sustenta en el desplazamiento a los lugares y, por ende, en la movilidad de las personas, los contactos entre ellas y la prestación de bienes y servicios producidos para atender a la demanda, incluyendo una amplia gama de actividades diferentes (transporte hacia los destinos, alojamiento, playas, abastecimiento, compras, servicios de agencias de viaje, etc.). De esta manera, las restricciones a la movilidad derivada de la COVID-19 incidieron sobremanera sobre el *leitmotiv* del turismo.

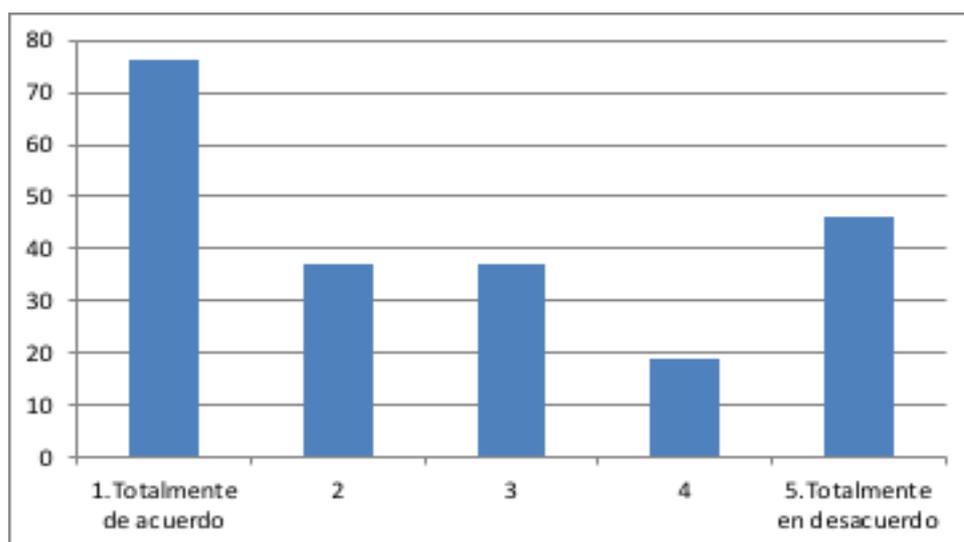
**Figura 2.** Expectativas de viaje de los encuestados



Fuente: Elaboración propia

El dato de que la mayoría de los encuestados (35,3 %) no pensaban viajar al extranjero, al menos, durante un año, contrasta con el 21,4 % que piensan hacerlo (Figura 3). En cualquier caso, según datos del INE de 2019, los viajes al extranjero de los españoles representaron un 10,4 % del total.

**Figura 3.** Expectativas de los encuestados de viajar al extranjero

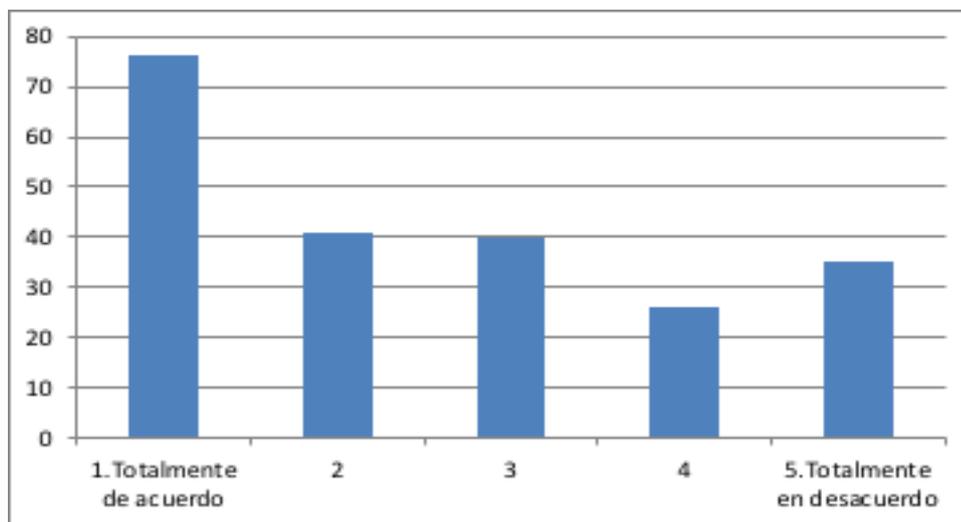


Fuente: Elaboración propia

Más de la mitad de los encuestados (53,7 %) estaban totalmente de acuerdo o muy de acuerdo con no irse de vacaciones en verano de 2020 (Figura 4). No obstante, otro porcentaje pensaba viajar tras el confinamiento. Ello dio cuenta que la crisis

sanitaria y, sobre todo, la inseguridad generada y “el miedo a volar” eran cuestiones que habían reducido la posibilidad de viajar, pero no el deseo a hacerlo.

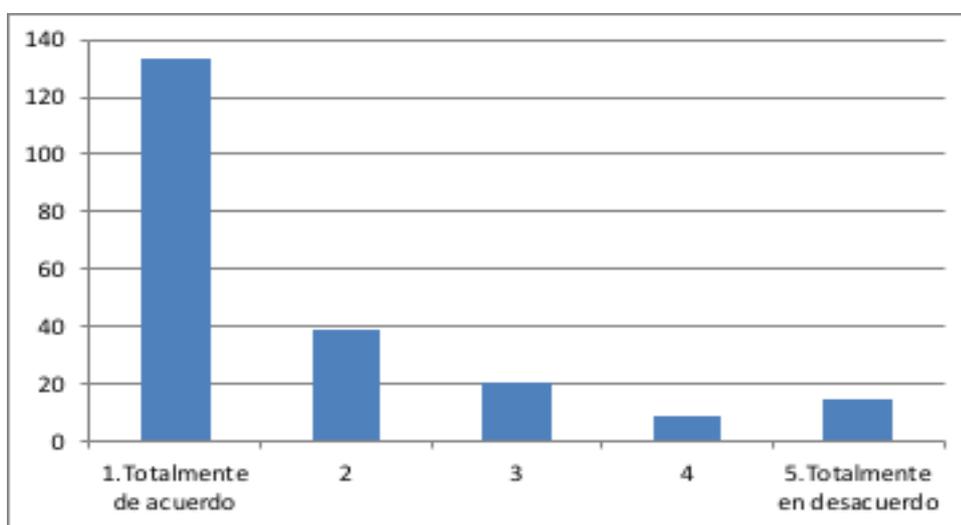
**Figura 4.** Expectativas a viajar de los encuestados



Fuente: Elaboración propia

El 61,3 % de los encuestados señalaron que iban a realizar vacaciones en España (Figura 5). Este dato refleja el temor a alejarse demasiado del hogar si se producía un nuevo confinamiento. **Ello ratificó el modelo secuencial de recuperación de la demanda planteada —y repetida— por Deloitte (2020) de que primero será el turismo doméstico o de proximidad (viajes de corta distancia), con desplazamientos en vehículo propio, luego el nacional y, por último, el internacional (larga distancia).**

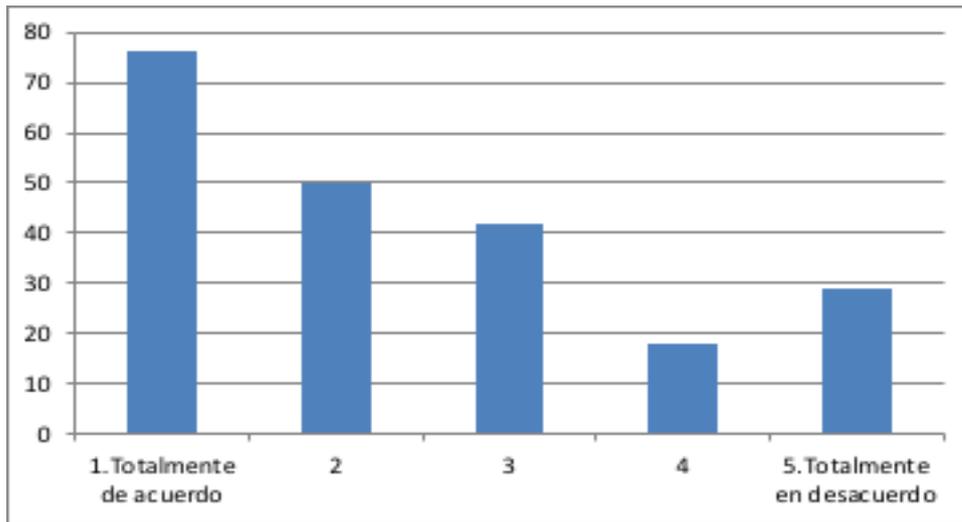
**Figura 5.** Expectativas a realizar vacaciones en su propio país



Fuente: Elaboración propia

El 35,3 % manifestó que iba a evitar el transporte público. En cualquier caso, según datos del INE, el vehículo propio concentró el 84% de los viajes con destino interno (Figura 6).

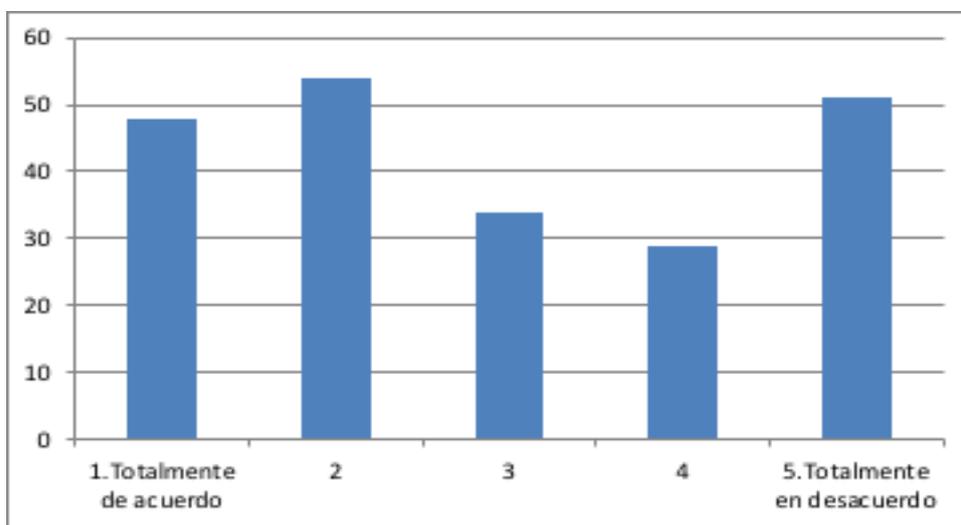
**Figura 6.** Predisposición a evitar el uso del transporte público por parte del encuestado



Fuente: Elaboración propia

Si bien un elevado porcentaje (47,2 %) no pensaban participar en eventos con grandes aglomeraciones de personas debido al miedo de la COVID-19, el 23,6 % estaba totalmente en desacuerdo (Figura 7). Este dato resulta relevante, ya que el turismo es la actividad de servicios de las personas para las personas; se basa en la búsqueda de las interacciones, los encuentros y los contactos físicos entre personas (visitantes y anfitriones).

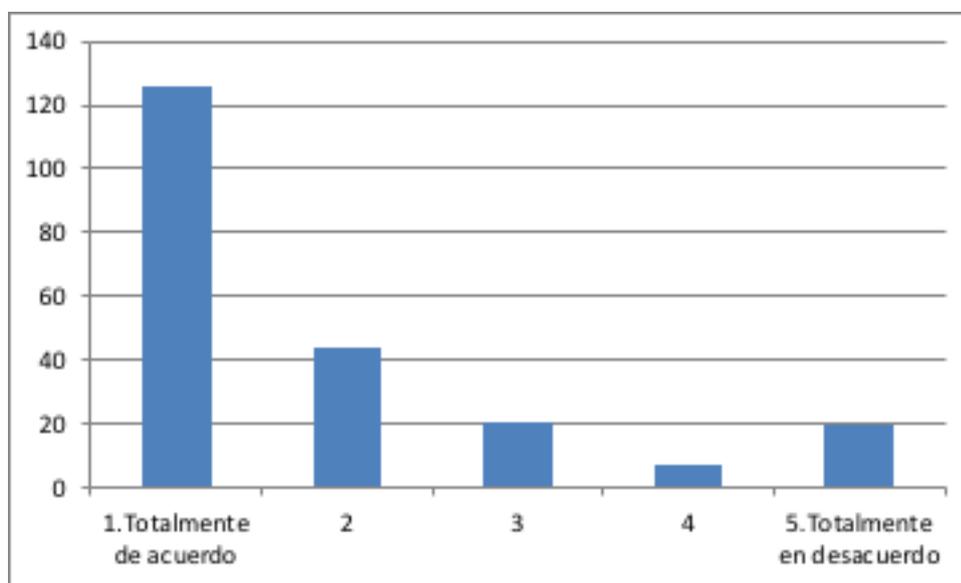
**Figura 7.** Predisposición a participar en eventos con grandes aglomeraciones de personas



Fuente: Elaboración propia

El 57,8 % manifestaron no tener inconveniente en utilizar medios de transporte colectivos (aviones, autobuses o trenes) una vez que sean seguros (Figura 8). Esta respuesta es coherente con las del Barómetro especial de junio 2020 del Centro de Investigaciones Sociológicas, en el que el 58,5 % de quienes tenían previsto salir de viaje creían que era necesario implantar medidas sanitarias adicionales en relación con los protocolos de seguridad en los transportes colectivos (94,3 %), la limitación del aforo en las piscinas y playas (90,9 %), el uso obligatorio de mascarillas (79,5 %), así como la instalación de una app para el seguimiento de la trazabilidad de los contagios (69 %). Así, superando el ornato y la limpieza, éstas se desarrollan en relación con “la obsesión” por la higiene” (Simancas-Cruz, 2020a; Toubes et al., 2021).

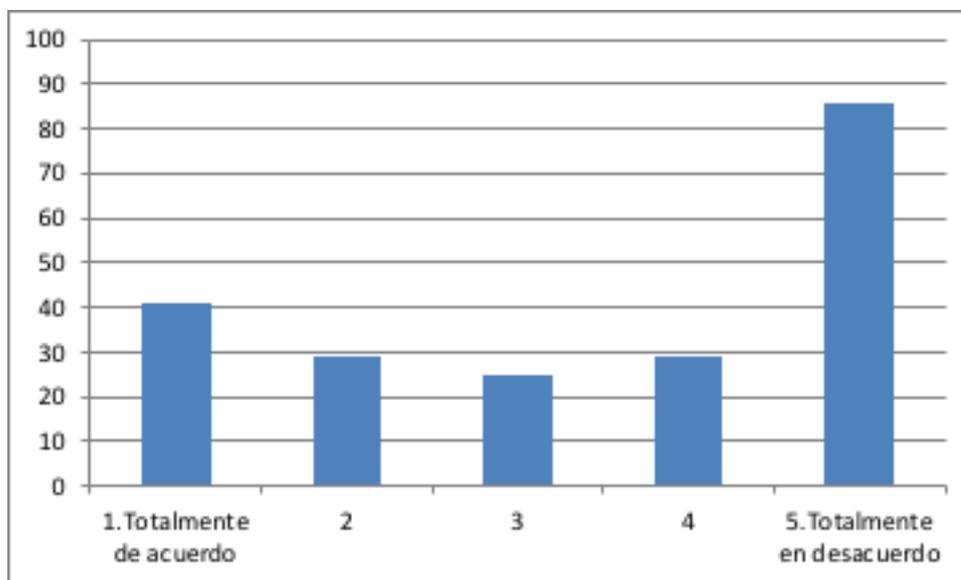
**Figura 8.** Predisposición a utilizar medios de transporte colectivos (aviones, autobuses o trenes) una vez que sean seguros



Fuente: Elaboración propia

El 86 % manifestaron que no habían buscado nuevos destinos para potenciales viajes en el futuro (Figura 9). Esta respuesta se vincula con el hecho de que uno de los efectos más importantes de esta crisis sanitaria es la pérdida de las condiciones mínimas de seguridad y confianza, generando miedo a enfermarse por parte de los turistas y de los residentes: mientras que el miedo de los primeros se refiere al viaje y al uso de las infraestructuras, equipamientos o servicios turísticos, el de los segundos a los propios turistas. Esto explica la propuesta de implementar un conjunto de medidas dirigidas a la gestión de ese miedo al contagio, la necesidad de percibir seguridad sanitaria e higiene, así como incrementar la confianza del turista (cliente) durante el disfrute de su tiempo de ocio planteados, por ejemplo, por Woll Consultores (2020).

**Figura 9.** Búsqueda de nuevos destinos para potenciales viajes en el futuro

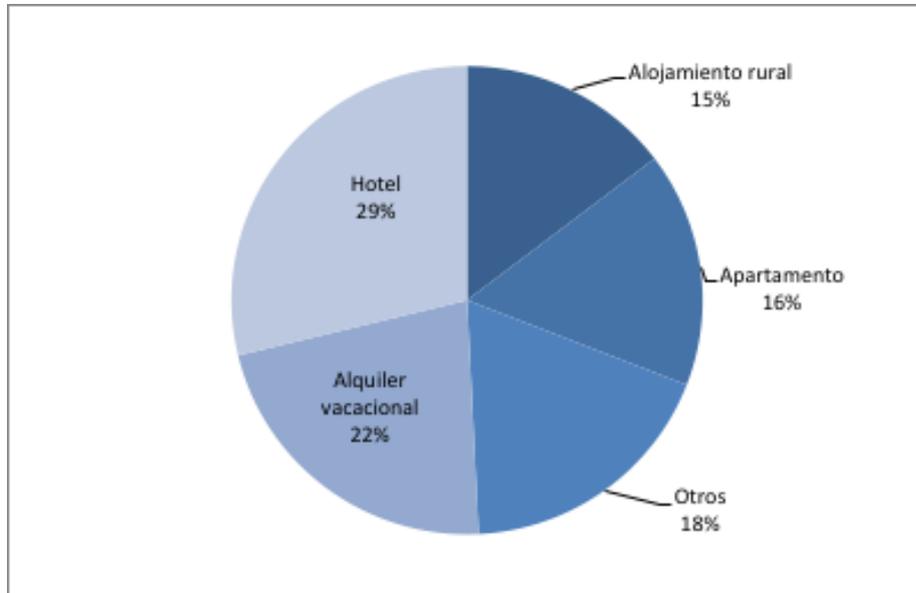


Fuente: Elaboración propia

El 38,7 % de los encuestados indicaron que pretendían realizar más actividades al aire libre en zonas de cierta masificación (playa, paseos peatonales, restaurantes, etc.); a su vez, el 61,3 % buscarán experiencias sin gente (senderismo, quedarse en el alojamiento, etc.). Ambos datos denotan las preocupaciones por la distancia social, los cuales derivaron, con posterioridad al confinamiento, en la búsqueda de un menor contacto entre personas, evitando los viajes en grupo.

Del mismo modo, aunque el hotel es la opción más elegida (Figura 10), la mayoría de los encuestados buscaron alojamientos turísticos (rural, alquiler vacacional y apartamento) que permitían un cierto aislamiento social y, por tanto, una seguridad desde el punto de vista sanitario. En relación con la vivienda de alquiler vacacional, este es un dato del cuestionario que anticipó lo que iba a suceder post-confinamiento, ya que, si bien los estudios previos han contribuido a la comprensión de las motivaciones y frenos desde la perspectiva del consumidor para elegirla, solo los más recientes han considerado la seguridad sanitaria derivada de la crisis Covid-19 entre las motivaciones para reservar este tipo de alojamiento (UNWTO, 2020; Bresciani et al., 2021; Lee y Deale, 2021).

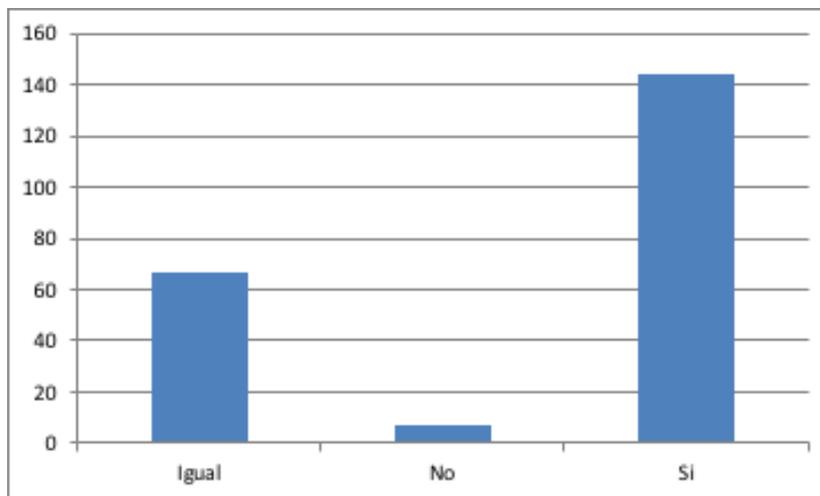
**Figura 10.** Tipo de alojamiento susceptible de elegir por parte del encuestado



Fuente: Elaboración propia

Por último, el 66 % de los encuestados indicaron que valoraban más las estrategias de sostenibilidad en el turismo que antes de la COVID-19 (Figura 11). Esta ha convertido la seguridad sanitaria y médica de los destinos en un factor decisivo en la competitividad de los destinos, hasta el punto que acabará añadiéndose a otras (seguridad fiscal, jurídica, informativa, económica, ciudadana, alimenticia, etc.) ya exigidas. *Esta respuesta resulta coherente con lo planteado por el Responsible Tourism Institute (2020) acerca de que la sostenibilidad sanitaria se integrará al resto de dimensiones de las estrategias de desarrollo sostenible.*

**Figura 11.** Valoración de las estrategias de sostenibilidad posCOVID-19



Fuente: Elaboración propia

## 5. DISCUSIÓN

Debemos destacar que el cuestionario online se hizo en la primera de las tres fases de la crisis, la definida por la crisis médica (de salud pública), que obligó al confinamiento de las personas en sus hogares. En cualquier caso, gran parte de los datos obtenidos consolidaron tendencias pre-COVID-19, a la vez que otros se anticiparon a otras postconfinamiento. Ello muestra su validez en la recogida de datos desde una doble perspectiva.

En primer lugar, la información obtenida a través del cuestionario ratifica algunos enunciados de los citados informes elaborados durante el confinamiento, así como los datos del INE. En este sentido, tales datos denotan la falta de confianza, derivaba de la reacción de los turistas a la percepción de amenazas a su salud, su seguridad personal o, simplemente, a la posibilidad de disfrutar de unas vacaciones con relativa normalidad. Por tanto, las respuestas aluden a cierta “hipocondría social”, derivada del temor al contagio, así como una “claustrofobia social”, por la intención de evitar el contacto físico, las colas y las aglomeraciones (Simancas-Cruz, 2020b). Asimismo, indican cierta tendencia a superar el reduccionismo limitado casi en exclusiva al espacio urbano-turístico, donde se concentra principalmente el alojamiento turístico y los equipamientos de servicio, aprovechando procesos de economía por aglomeración, como denota la valoración de otros ámbitos territoriales, como los espacios periféricos y complementarios; ello supone una conexión con la dimensión territorial (Simancas-Cruz, 2020b). Del mismo modo, hacen referencia a lo que, con posterioridad se ha consolidado como una tendencia a corto y medio plazo planteaba, entre otros, en el informe de Deloitte (2000), en relación con los productos, servicios y actividades individualizadas, exclusivas, diseñados “a medida” y desarrolladas en pequeños grupos, así como los viajes de proximidad en familia o con personas allegadas o conocidas.

En segundo lugar, el cuestionario online ha permitido difundir preguntas de manera masiva y recibir respuestas, accediendo a un amplio número de personas —y, por tanto, contar con un tamaño de muestra elevado (Duffy, Smith y Terhannian, 2005)— con rapidez y un bajo coste si las hubiéramos hecho con cuestionarios presenciales y/o telefónicos, debido a la eliminación de entrevistadores, introducción de la información, así como su impresión. El hecho de no haber un encuestador/a ha garantizado un mayor anonimato, privacidad y confidencialidad. Tampoco se han producido sesgos, que suelen comprometer notablemente los resultados obtenidos, que pueden restarles validez (Díaz-De Rada, 2012). Se han reducido considerablemente los errores no muestrales vinculados a temas de relevamiento, registro y carga de datos asociados a las acciones u omisiones del encuestador. Se ha agiliza la recogida y el tratamiento de la información, al importarse directamente a las herramientas de análisis estadístico. Se ha obtenido información de personas que nunca suelen contestar cuestionario o encuestas presenciales y telefónicas; asimismo, ha permitido llegar a segmentos de la población dispersos geográficamente. Ha supuesto un ahorro de tiempo, al obtener los datos mucho más rápidamente que con el método presencial (Loosveldt y Sonck, 2008). Finalmente, destacamos la inmediatez en la recolección de información directa de un colectivo difícil de delimitar, como es el de la demanda turística. En este sentido, podemos afirmar que a pesar de la crisis sanitaria, la **demanda**

**siguió con la predisposición de viajar, e incluso, viajando**, aunque, al menos a corto y medio plazo, con cambios respecto a sus pautas de comportamiento pre-COVID.

Estas ventajas explican que los cuestionarios online estén ganando interés con fines de investigación social (Kaye y Johnson, 1999). No obstante, somos conscientes de los inconvenientes de este tipo de cuestionarios. Por un lado, nos ha puesto de manifiesto serias dudas sobre la veracidad y fiabilidad de los datos. Por otro, no están exentos de problemas de selección de muestra y de representatividad (Bradley, 1999; Fox *et al.*, 2003; de Predaza *et al.*, 2010), la cual implica “una elevada cobertura, una alta tasa de respuesta y un error de muestreo conocido y definido” (Díaz-de Rada, 2012, 197); en este sentido, hemos tenido una gran dificultad para hacer muestreos probabilísticos, que lleva a la utilización de muestras que distan mucho de ser representativas y a la ausencia de aleatoriedad, de ser similares a la totalidad del universo objeto de estudio (Danielsson, 2002). A ello se añade la baja tasa de respuesta, en coherencia con lo planteado, entre otros, por Fricker y Schonlau (2002), Heerwegh y Loosveldt (2009) y Fan y Zan (2010).

Todo lo señalado no invalida la utilidad, al menos desde un punto de vista prospectivo, de los cuestionarios online, pudiendo complementar otras estadísticas existentes y otras encuestas más amplias generadas por organismos oficiales.

## 6. CONCLUSIONES

El importante volumen de información generado en las últimas décadas en materia de turismo en España suscita valoraciones diversas en cuanto a su validez, disponibilidad, credibilidad y escala. Las fuentes públicas tradicionales no se están adaptando adecuadamente a la actual demanda de información para el conocimiento del turismo, a la explotación de los datos derivados de la huella digital, así como al impacto que las tecnologías de la información y comunicación están teniendo tanto desde la perspectiva del consumidor como de la oferta (Ivars-Baidal *et al.*, 2016). De esta manera, los datos aportados por los institutos y observatorios tradicionales a escala local presentan importantes limitaciones para mostrar la realidad del sistema turístico, lo cual supone un lastre para su gestión eficiente. Además, plantean problemas de difícil resolución, sobre todo, relacionados con la incapacidad de convertirlo en conocimiento (Ortiz-Morales *et al.*, 2016) y, por tanto, relevante en los procesos de toma de decisiones. A este respecto, las estadísticas públicas de turismo no suelen ser utilizadas por las empresas, dado que su enfoque no se ajusta a sus necesidades de información (Lam y McKercher, 2012), prefiriendo las propias u otras privadas.

En relación con todo lo anterior, el uso de los cuestionarios online permite la recopilación de nuevos datos del viaje generados antes (en el momento de la inspiración, decisión y compra), durante (interactuando por diferentes medios y con diferentes agentes en el destino) y después (cuando el turista es capaz de manifestar su satisfacción con la experiencia vivida). Por tanto, se convierten en nuevas fuentes de datos turísticos, que, sin llegar a sustituirlas a las tradicionales públicas, pueden complementarlas y completarlas. De hecho, algunos autores, como Alarco & Álvarez (2012) afirman que el uso de cuestionarios online han supuesto una mejora notable en la forma de investigar y han revolucionado las antiguas formas de recogida de datos

hasta el punto de que están quedando obsoletas. Ello obliga a un replanteamiento en los procesos de generación, obtención y gestión de los datos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- ALARCO, J. & ÁLVAREZ, E. (2012). Google Docs: una alternativa de encuestas online. *Educación Médica*, 15 (1), 9-10. doi: 10.4321/S1575-18132012000100004
- AROCA P., BRIDA J., PEREYRA J. & VOLO. S. (2014). Tourism statistics: correcting data inadequacy using coarsened exact matching. *Bolzano/Bozen Economics & Management Paper Series*, 22. Retrieved from <http://pro1.unibz.it/projects/economics/repec/bemps22.pdf>
- BAIN & COMPANY Y ERNST & YOUNG (2020). *Impacto de COVID-19 en hostelería en España*. Retrieved from [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-bain-company-impacto-de-covid-19-en-hosteleria-en-espana/\\$FILE/ey-bain-company-impacto-de-covid-19-en-hosteleria-en-espana.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-bain-company-impacto-de-covid-19-en-hosteleria-en-espana/$FILE/ey-bain-company-impacto-de-covid-19-en-hosteleria-en-espana.pdf)
- BAUZA MARTORELL, F. & MELGOSAS ARCOS, F. (DIR.) (2020). *El turismo después de la pandemia global. Análisis, perspectivas y vías de recuperación*. Asociación Española de Expertos Científicos en Turismo. <https://doi.org/10.14201/OAQ0296>
- BRADLEY, N. (1999). Sampling for Internet Surveys: An Examination of respondent Selection for Internet Research. *International Journal of Market Research*, 41, 387-395. <https://westminsterresearch.westminster.ac.uk/item/9450q/sampling-for-internet-surveys-an-examination-of-respondent-selection-for-internet-research>
- BRESCIANI, S., FERRARIS, A., SANTORO, G., PREMAZZI, K., QUAGLIA, R., YAHIAOUI, D. & VIGLIA, G. (2021). The seven lives of Airbnb. The role of accommodation types. *Annals of Tourism Research*, 88
- CALLEGARO, M., MANFREDA, K. L. & VEHOVAR, V. (2015). *Web survey methodology*. Thousand Oaks: Sage Publications. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/997/99749054010.pdf>
- CASTAÑEDA GARCÍA, J. ALBERTO, FRÍAS, D.; MUÑOZ-LEIVA, F. & RODRÍGUEZ, M. (2007). Extrinsic and Intrinsic motivation in the use of Internet as a tourist information source. *International Journal of Internet Marketing and Advertising*, Special Issue. <https://doi.org/10.1504/IJIMA.2007.014796>
- CASTAÑEDA GARCÍA, J.A. & LUQUE MARTÍNEZ, T. (2004). Diseños de investigación comercial en internet: oportunidades y limitaciones. *Investigación y Marketing*, 84, 20-28.
- COUPER, M.P. & MILLER, P.V. (2009). Web surveys methods: Introduction. *Public Opinion Quarterly*, 72 (5), 831-835. <https://doi.org/10.1093/poq/nfn066>
- DANIELSSON, S. (2002). *The propensity score and estimation in nonrandom surveys: An overview*. Linköping: University of Linköping.
- DE PEDRAZA, P.; TIJDENS, K. Y MUÑOZ DE BUSTILLO, R. (2010). A Spanish Continuous Volunteer Web Survey: Sample Bias, Weighting and Efficiency. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 131, 109-130. [http://www.reis.cis.es/REIS/PDF/REIS\\_131\\_041277971869681.pdf](http://www.reis.cis.es/REIS/PDF/REIS_131_041277971869681.pdf)
- DELOITTE (2000). *COVID-19 Impacto y escenarios de recuperación en consumo y distribución*. Retrieved from <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/about-deloitte/topics/impacto-covid-19.html>
- DÍAZ DE RADA, V. (2012). Ventajas e inconvenientes de la encuesta por internet. *Papers*, 97/1, 193-223. DOI: <http://dx.doi.org/10.5565/rev/papers/v97n1.71>
- DÍAZ-DE RADA, V. (2011). Encuestas con encuestador y autoadministradas por internet. ¿Proporcionan resultados comparables? *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 136 (1), 49-90. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/23061479>

- DILLMAN, D., SMYTH, J. & CHRISTIAN, L.M. (2009). *Internet, Mail and Mixed-Mode Surveys: The Tailored Design Method*. New York: John Wiley.
- DUFFY, B; SMITH, K.; TERHANIAN, G. & BREMER, J. (2005). Comparing data from online and face-to-face surveys. *Int J Mark Res.*, 47, 615-639. Retrieved from <https://www.ipsos.com/sites/default/files/publication/1970-01/comparing-data.pdf>
- FAN, W. & YAN, Z. (2010). Factors affecting response rates of the web survey: a systematic review. *Comput Human Behav*, 26, 132-139. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2009.10.015>
- FOX, J.; MURRAY, C. & WARM, A. (2003). Conducting research using web-based questionnaires: practical, methodological and ethical considerations. *International Journal of Social Research Methodology*, 6, 167-180. DOI: [10.1080/13645570210142883](https://doi.org/10.1080/13645570210142883)
- FRICKER, R. & SCHONLAU, M. (2002). Advantages and disadvantages of internet research surveys: evidence from the literature. *Field Methods*, 14 (4), 347-367. DOI: [10.1177/152582202237725](https://doi.org/10.1177/152582202237725)
- FRICKER, R. & SCHONLAU, M. (2002). Advantages and disadvantages of internet research surveys: evidence from the literature. *Field Methods*, 14, 347-367. <https://doi.org/10.1177/152582202237725>
- GANESAN, P. & KUMAR, D.K. (2015). Online Questionnaire in Social Science Research: A Comparative Study of Online Questionnaire Services Providers. *SRELS Journal of Information Management*, 52 (5), 377-383. doi: 10.17821/srels/2015/v52i5/79750
- GOSLING, S., VAZIRE, S., SRIVASTAVA, S. & JOHN, O. (2004). Should we trust web-based studies? A comparative analysis of six preconceptions about internet questionnaires. *American Psychologist*, 59(2), 93-104. doi: 10.1037/0003-066X.59.2.93
- HEERWEGH, D. & LOOSVELDT, G. (2009). Explaining the intention to participate in a web survey: a test of the theory of planned behavior. *International Journal of Social Research Methodology*, 12, 181-195. DOI: [10.1080/13645570701804235](https://doi.org/10.1080/13645570701804235)
- HORTON, J., RAND, D. & ZECKHAUSER, R. J. (2011). The online laboratory: Conducting experiments in a real labor market. *Experimental Economics*, 14(3), 399-425. doi: <https://doi.org/10.1007/s10683-011-9273-9>
- HOSBEC. (2020). *Cuadro de medidas administraciones y áreas de actividad*. Documento de trabajo.
- INSTITUTO DE TURISMO RESPONSABLE. (2020). *Recuperación empresarial del sector turístico. Propuesta de actuación*.
- IVARS BAIDAL, J.A., SOLSONA MONZONÍS, F.J. & GINER SÁNCHEZ, D. (2016). Gestión turística y tecnologías de la información y la comunicación (TIC). El nuevo enfoque de los destinos inteligentes. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 62 (2), 327-346. <https://doi.org/10.5565/rev/dag.285>
- KAYE K. BARBARA & JOHNSON J. THOMAS (1999). Research Methodology: Taming the Cyber Frontier-Techniques for Improving Online Surveys. *Social Science Computer Review*, 17, 323. doi:10.1177/089443939901700307
- KHODE, S. (2015). Online Questionnaire for Survey Research: Comparative Study of the Features Available with Free Account of Some Selected Tools. *Pearl: A Journal of Library and Information Science*, 9 (2), 101-105. doi: 10.5958/0975-6922.2015.00013.3
- LAM, C. & MCKERCHER, B. (2013). The tourism data gap: The utility of official tourism information for the hospitality and tourism industry. *Tourism Management Perspectives*, 6, 82-94. DOI: [10.1016/j.tmp.2012.12.003](https://doi.org/10.1016/j.tmp.2012.12.003)
- LEE, S. & DEALE, C. (2021). Consumers' perceptions of risks associated with the use of Airbnb before and during the COVID-19 pandemic. *International Hospitality Review*, 1-15. <https://doi.org/10.1108/ihr-09-2020-0056>
- LOOSVELDT, G. & SONCK, N. (2008). An evaluation of the weighting procedures for an online access panel survey. *Survey Research Methods*, 2(2), 93-105. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu>

edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.681.740&rep=rep1&type=pdf

- LÓPEZ, A. (2008). ¿Seguimos hablando del online? *Investigación y Marketing*, 98, 28-30. Retrieved from <https://recyt.fecyt.es/index.php/pixel/article/view/61716>
- LORCA MONTOYA, S.; CARRERA, X.; CASANOVAS CATALÁ, M. (2016). Análisis de herramientas gratuitas para el diseño de cuestionarios on-line. *Pixel-Bit: Revista de medios y educación*, 49, 91-104. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2016.i49.06>.
- LUQUE GIL, A.; ZAYAS FERNÁNDEZ, B. & CARO HERRERO, J. (2015). Los destinos turísticos inteligentes en el marco de la inteligencia territorial: conflictos y oportunidades. *Investigaciones Turísticas*, 10, 1-25. DOI: <https://doi.org/10.14198/INTURI2015.10.01>
- MALEGARIE, J. Y FERNÁNDEZ, P. (2019). Técnicas y tecnologías: encuestas vía web, desafíos metodológicos en el diseño, campo y análisis. XIII Jornadas de Sociología. Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. Retrieved from <http://metodologiadelainvestigacion.sociales.uba.ar/wp-content/uploads/sites/117/2019/03/Cuaderno-N-7-La-t%C3%A9cnica-de-encuesta.pdf>
- MANFREDA, K.L. & VEHOVAR, V. (2008). Internet surveys. En E.D. De Leeuw, J.J. Hox & D.A. Dillman (eds.), *International Handbook of Survey Methodology* (pp.264-284). Nueva York: Lawrence Erlbaum Associates y Asociación Europea de Metodología.
- MARTÍN DUQUE, C., DELL'PRTO, V., FIGUEROLA PALOMO, M., GINZBURG, B., GÓMEZ BRUNA, D., FUENTES MORALED A, L., MUÑOZ MAZÓN, A. Y FERNÁNDEZ MUÑOZ, J. (2012). Estado actual de las fuentes de información en el sector turístico español: una aproximación cualitativa. *Turismo y sostenibilidad: V jornadas de investigación en turismo* (pp. 301-321). Facultad de Turismo y Finanzas. Retrieved from <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/53034/martin-duque.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL TURISMO (2020). *Apoyo al empleo y a la economía a través de los viajes y el turismo. Llamamiento a la acción para mitigar el impacto socioeconómico de la COVID-19 y acelerar la recuperación*. Recuperado de <https://www.unwto.org/es/recomendaciones-para-la-recuperacion-covid-19>
- ORTIZ MORALES, M.; JOYANES AGUILAR, L. Y GIRALDO MARÍN, L. (2016). Los desafíos del marketing en la era del big data. *e-Ciencias de la Información*, 6 (1), 1-31. DOI [10.15517/ECI.V6I1.19005](https://doi.org/10.15517/ECI.V6I1.19005)
- PEÑARRUBIA-ZARAGOZA, M. P. (2018). *Los datos estadísticos públicos y su uso en el conocimiento del comportamiento de los turistas en destinos inteligentes* (Tesis doctoral). Universitat de València. València.
- PEÑARRUBIA-ZARAGOZA, M. P., Y SIMANCAS CRUZ, M. (2020). Análisis multiescalar de las fuentes estadísticas públicas de turismo. En M. Simancas, y M.P. Peñarrubia (coord.). *El valor de los datos turísticos* (pp. 183-212). Valencia: Editorial Tirant lo Blanch /Cátedra de Turismo CajaCanarias-Ashotel de la Universidad de La Laguna.
- RESPONSIBLE TOURISM INSTITUTE (2020). *Recuperación empresarial del sector turístico. Propuestas de actuación*.
- SÁNCHEZ, J.J., SEGOVIA, J.M. & SÁNCHEZ, P. (2011). Las encuestas en Internet. En M. Arroyo y I. Sábada (Coords.), *Metodología de la investigación social: técnicas innovadoras y sus aplicaciones*. (pp.79-108). Madrid: Síntesis.
- SATOUR-CONSULTORÍA / INSTITUTO DE TURISMO RESPONSABLE. (2020). *Plan de Re-Activación del turismo de playa*.
- SIMANCAS-CRUZ, M. (2020A): Deconstruyendo una crisis turística. En Simancas, M., Hernández, R. y Padrón, N. (2020). *Turismo pos-COVID-19: reflexiones, retos y oportunidades*. San Cristóbal de La Laguna. Cátedra de Turismo CajaCanarias-Ashotel de la Universidad de La Laguna, 613-636. DOI: <https://doi.org/10.25145/b.Turismopos-COVID-19.2020>

- SIMANCAS-CRUZ, M. (2020B): Parar para repensar: ¿el fin del turismo como lo conocemos? Fortalezas del modelo turístico canario ante el escenario de incertidumbre y desconfianza de la crisis de la COVID-19. En Simancas, M., Hernández, R. y Padrón, N. (2020): *Turismo pos-COVID-19: reflexiones, retos y oportunidades*. San Cristóbal de La Laguna: Cátedra de Turismo CajaCanarias-Ashotel de la Universidad de La Laguna, 689-706. DOI: <https://doi.org/10.25145/b.Turismopos-COVID-19.2020>
- TOUBES, D.; ARAÚJO VILA, N.; FRAIZ BREA, J.A. (2021). Changes in Consumption Patterns and Tourist Promotion after the COVID-19 Pandemic. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 16(5):1332-1352. <https://doi.org/10.3390/jtaer16050075>
- UNITED NATIONS WORLD TOURISM ORGANIZATION (2020). *Impact assessment of the COVID-19 outbreak on international tourism*.
- UNWTO (2020). *COVID-19. Related travel restrictions a global review for tourism. Third Report as of 8 May 2020*. WTO.
- VALLS, O. (2007). Investigación on-line: menos costes y mayor rapidez. *Investiga: Publicación de Investigación de Mercados*, 17, 24-28. Retrieved from [https://ddd.uab.cat/pub/papers/02102862v97n1/papers\\_a2012v97n1p193.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/papers/02102862v97n1/papers_a2012v97n1p193.pdf)
- VERA REBOLLO, F., Y IVARS BAIDAL, J. (2020). *El impacto del COVID-19 en la actividad turística de la comunitat valenciana*. Alicante: Institut Universitari d'Investigacions Turístiques de la Universitat d'Alacant. Retrieved from <https://prospectcv2030.com/wp-content/uploads/2020/04/INFORME-TURISMO-Y-COVID19-CV.pdf>
- WOLL CONSULTORES (2020). *Claves para la toma de decisiones en el sector hotelero ante el contexto de la COVID-19*. Retrieved from <https://www.woll.es/wp-content/uploads/2020/05/Claves-para-la-toma-de-decisiones-en-el-sector-hotelero-ante-el-contexto-de-la-COVID-19-NC.pdf>
- WORLD TOURISM ORGANIZATION (2005) *Tsunami: One Year On - A Summary of the Implementation of the Phuket Action Plan*. World Tourism Organization. Retrieved from <https://www.e-unwto.org/doi/book/10.18111/9789284409259>

# TELEDETECCIÓN Y GIS ORIENTADO AL DISEÑO DE UN MODELO DE CARTOGRAFÍA AMBIENTAL (RESERVA NATURAL ESPECIAL DEL CHINYERO, TENERIFE)

---

Víctor Manuel Romeo Jiménez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Doctorando del programa Biodiversidad y Conservación, Universidad de La Laguna, [vmromeo@ull.edu.es](mailto:vmromeo@ull.edu.es), código ORCID 0000-0001-6543-6065

---

D. Miguel Ángel Mejías Vera<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Departamento de Geografía e Historia, Universidad de La Laguna, [mmejias@ull.edu.es](mailto:mmejias@ull.edu.es), código ORCID 0000-0003-0598-7484

---

D. Jesús Santiago Notario Del Pino<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología, [jnotario@ull.edu.es](mailto:jnotario@ull.edu.es), código ORCID 0000-0002-2926-980X.

## Resumen

El propósito de esta comunicación es presentar el diseño de una metodología capaz de realizar cartografía temática automatizada a partir de imágenes de satélite de media y alta resolución espacial. El resultado de esta cartografía permitirá precisar los análisis y diagnósticos territoriales. En nuestro caso los centraremos en el estudio de la biodiversidad de la Reserva Natural Especial del Chinyero (Tenerife). La fuente principal de trabajo son las imágenes obtenidas del LANDSAT-8 cuya resolución espacial es de 30m.pixel-1. Los sensores que incorpora permiten crear composiciones con imágenes de 11 bandas diferentes del espectro. El tratamiento y análisis de los datos ráster y vectoriales se realiza con Sistemas de Información Geográfica y a partir de ellos se establecen las diferentes unidades y sus relaciones paisajísticas. De los resultados esperables podremos hacer, por un lado, el catálogo de cartografía temática básica unificada de media y alta resolución, que permita el análisis de la biodiversidad de ese paisaje, por otro, diseñar, procedimentar y automatizar los procesos metodológicos que puedan ser usados por usuarios multidisciplinares.

**Palabras clave:** Paisaje, Biodiversidad, Cartografía temática, Chinyero, Teledetección, Landsat, Sistema de Información Geográfica

## Abstract

The purpose of this communication is to present the design of a methodology capable of performing automated thematic mapping from medium and high spatial resolution satellite images, so as to allow us to specify territorial analysis and diagnoses. In our case, we will focus on the study of the biodiversity of the Chinyero Special Nature Reserve (Tenerife). The main data source is 30m.pixel-1 LANDSAT-8 imagery, whose sensors cover 11 different bands of the EM spectrum and allow generate composite

images for a wide variety of applications. The treatment and analysis of the raster and vector data is carried out with Geographic Information Systems, so that different units and landscape relations are established. From the expected results we will be able to make, on the one hand, the catalog of medium- and high-resolution basic unified thematic cartography, therefore enabling the analysis of the landscape biodiversity, and on the other hand, to design, proceed and automate methodological processes useful in multidisciplinary approaches.

**Keywords:** Landscape, Biodiversity, Thematic Cartography, Chinyero, Remote Sensing, Landsat, Geographic Information System

## 1. INTRODUCCIÓN

La pérdida de biodiversidad tiene causas inmediatas, claramente establecidas: degradación y fragmentación de hábitats, sobreexplotación de recursos, contaminación del medio ambiente, competencia, depredación, entrada y proliferación de especies exóticas invasoras, etc. El cambio climático durante el actual siglo ocupará un lugar destacado entre las causas de pérdida de biodiversidad (Scholes *et al.*, 2017). Las características especiales que hacen de las Islas Canarias un lugar privilegiado para la biodiversidad vienen determinadas por su clima y su origen volcánico. El primero está condicionado por dos tipos de factores, los estrictamente geográficos como la proximidad al continente africano, su relieve, su propia naturaleza, al ser un territorio insular o la influencia de la corriente fría de Canarias, y por los factores atmosféricos derivados de su dinámica general que afectan a esta región, principalmente el anticiclón de las Azores y los vientos alisios (Marzol, 1993; Dorta *et al.*, 1993). En cuanto a su origen, se puede decir que son islas relativamente jóvenes, que presentan características comunes en sus procesos de creación con el resto de las islas que forman la Macaronesia (Azores, Madeira, Salvajes y Cabo Verde). Estos atributos hacen que las Islas Canarias, situadas en una zona de transición entre el mundo templado y el tropical y a menos de 200 Km de la costa africana, presenten un medio natural único en el mundo en la que destacan la particularidad de sus ecosistemas que albergan un gran número de endemismos. Pero no es hasta principios del siglo XXI cuando se comienza a sistematizar la rica información acerca de la biodiversidad, mediante la construcción de una base de datos denominada Banco de Datos de Biodiversidad de Canarias. Entre sus finalidades destaca la puesta en funcionamiento de una herramienta muy útil para la conservación y gestión de la biodiversidad de las islas (Zurita Pérez, 2003).

Estos condicionantes hacen que los estudios, trabajos y publicaciones realizados a nivel nacional e internacional, sobre los rasgos naturales de las islas, sean muy numerosos y de diversa índole, pero la continua evolución de los territorios, ya sea por procesos naturales (Notario *et al.*, 2008; Romero *et al.*, 2006) o por la presión que ejerce la acción antrópica sobre ellos (Díaz, 2005), hace que sea necesario disponer de herramientas que nos permitan actualizar de forma rápida y precisa la información del entorno en el que vivimos. Observar estos eventos, estudiarlos, incluso en tiempo

real y ver las transformaciones que ha sufrido el medio natural es posible hoy en día gracias a la teledetección (*Remote Sensing*).

Son muchos los beneficios que nos aporta poder contar con una cantidad tan grande de recursos, la accesibilidad a todos estos datos y la periodicidad de los mismos, pero si se busca cuál es el elemento diferenciador de la teledetección sobre cualquier otra técnica empleada en el estudio de los espacios naturales, es que nos permite apreciar aspectos que no podemos percibir por encontrarse fuera del espectro visible; es decir, lo que el ojo humano puede interpretar (Boettinger, Howell *et al.*, 2013). Dependiendo de la naturaleza del objeto y su composición, la forma en que este refleja la luz varía y lo hace a diversas longitudes de onda, por lo que se registra en diferentes regiones (o, más específicamente, bandas) del espectro electromagnético (Ustin, 2004). La fórmula de Planck establece que cualquier objeto a una temperatura por encima del cero absoluto ( $- 273$  °C) tiene la capacidad de radiar energía (Slater, 1980). Disponer de imágenes en otros rangos del espectro fuera del visible (longitud de onda inferior a 400 nm y superior a 700 nm), nos otorga la capacidad de discriminar los elementos de interés y potenciar, según sus valores de reflectividad, aquellos aspectos más relevantes del espacio estudiado mediante la combinación de bandas y el análisis de las imágenes obtenidas (Chuvieco, 2010). Aunque el objetivo sea obtener representaciones gráficas de lo que no se aprecia a simple vista, siempre será necesario realizar un trabajo de campo adecuado para validar los resultados obtenidos. Por tanto, la teledetección no sustituye el trabajo de campo, sino en todo caso lo complementa.

A nivel de Canarias, aunque el potencial de esta tecnología y su posible aplicación en nuestro territorio queda de manifiesto, no se divisa límites al aprovechamiento derivado, si se toma como referencia el número de publicaciones disponibles, destacando su aportación en trabajos sobre geología, gestión de emergencias y ámbito forestal (Barreto *et al.*, 2010; Alonso-Benito *et al.*, 2011; González-Calvo *et al.*, 2007; Huesca *et al.*, 2008; Martínez *et al.*, 2005).

En este trabajo, nos planteamos si el potencial que la teledetección aporta, incluyendo sus limitaciones (pues también las tiene, principalmente en la dimensión temporal ya que únicamente se dispone de datos útiles con buena resolución espectral, calidad de imagen, y amplitud de catálogo desde hace unos 50 años aproximadamente), permite generar un modelo integrado gracias al uso de los sistemas de información geográfica. Este modelo tiene por objetivo tratar la información de forma que se facilite la interpretación y la creación de herramientas de diagnóstico y gestión relacionadas con el medio natural y también con el cultural.

Se marca así, como objetivo principal de la investigación, la construcción de un modelo de cartografía ambiental, utilizando los sistemas de información geográfica y la teledetección. El modelo, extrapolable y aplicable a otros territorios, sigue una metodología basada a partir de los datos originales que ofrecen las imágenes de los satélites. Con esos datos y mediante sistematización, análisis y combinación de bandas podemos obtener la información deseada en función las temáticas que queramos tratar.

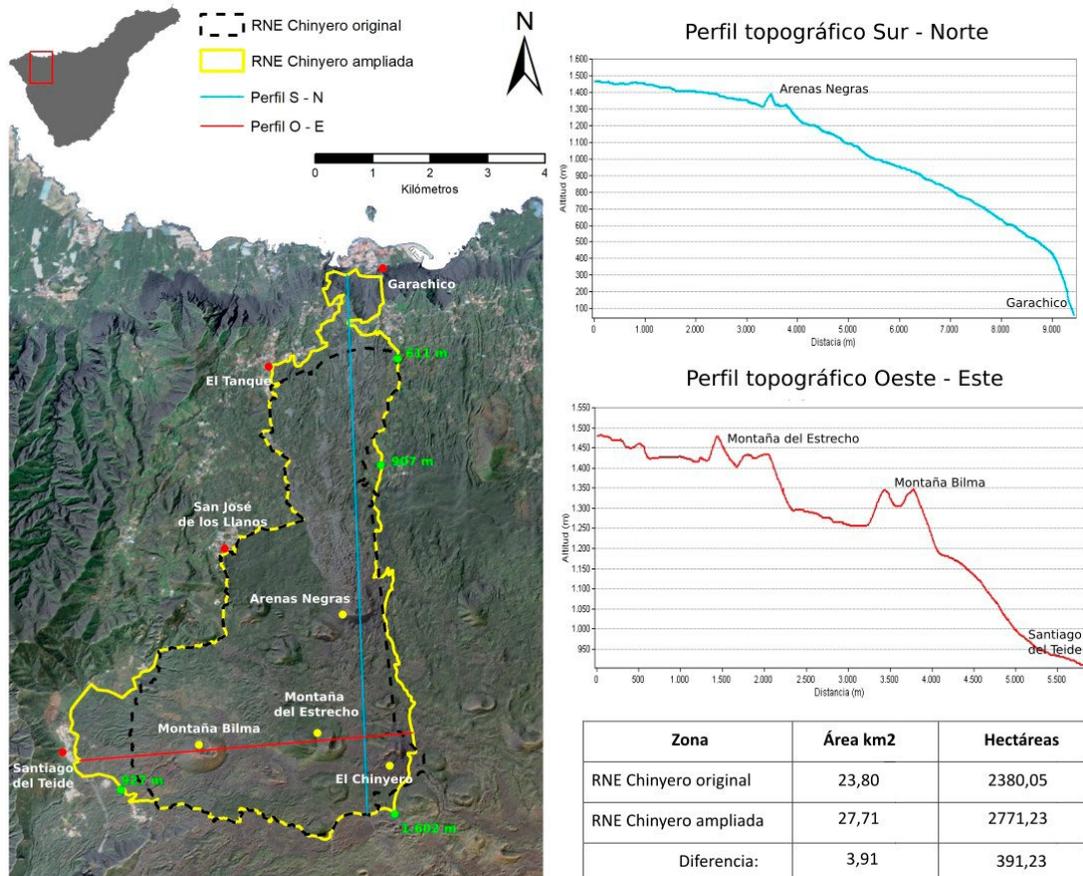
En paralelo aplicaremos los fundamentos semiológicos necesarios en los diferentes momentos en el tratamiento de la información geográfica: desde los datos, pasando por la información y finalmente la comunicación de los resultados (Bertin, 1967; Cortizo, 2009; Mejías, 2003). Este enfoque permite aliarnos con las tesis de

Bertin (1967), quien consideraba “la cartografía como la base comparativa más práctica para integrar y reducir los vastos alcances de la información moderna..., donde el cartógrafo utiliza el espacio para informarnos sobre todos los dominios concebibles”.

## 2. ZONA DE ESTUDIO

El modelo que presentamos en la comunicación se centra en un área compleja temáticamente dentro de la Reserva Natural Especial del Chinyero (Figura 1). Este espacio protegido situado al Noroeste de la isla de Tenerife cuenta con una serie de factores que lo hacen idóneo para un trabajo de estas características. Se justifica por contener una amplia diversidad de paisajes, donde se alternan secuencias de conos-coladas, generalmente malpaíses, que sustentan áreas de bosque denso con combinaciones de pinar-matorral con suelos desnudos o en primeras fases de transformación, generados a partir de las erupciones históricas de Arenas Negras (1706) y del Chinyero (1909). Una diferencia altitudinal de 1400 m con una pendiente media de N-S, aproximadamente del 14%, y basculada hacia el barlovento de la isla, hace que presente múltiples variaciones climáticas que influyen claramente en el paisaje resultante.

Figura 1. Localización del área de estudio



Fuente: Imágenes de LANDSAT 8 tomadas de glovis.usgs.gov. Elaboración propia.

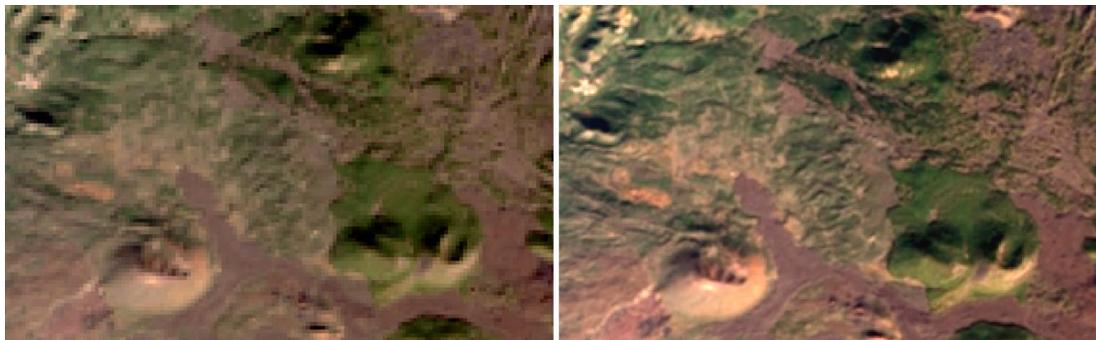
Al ser un espacio natural protegido, la acción antrópica ha sido limitada y su grado de conservación es elevado. La extensión de la Reserva es de 2379,4 ha, y aun siendo un espacio de considerables dimensiones, es abarcable para el tipo de zonificación a realizar. Si bien, se ha considerado oportuno ampliar la zona de estudio y establecer una nueva delimitación, en base a unos primeros análisis realizados. En ellos se ha podido comprobar que al superponer los límites de la RNE con el mapa geológico de la Isla de Tenerife (GRAFCAN S.A.), se dividen importantes unidades geomorfológicas, como es el caso del cono volcánico de Montaña Bilma y sus coladas que se extienden hasta las proximidades del municipio de Santiago del Teide al oeste. Es un espacio muy bien documentado ya que dispone de su propio Plan Director aprobado en 2004. A esto hay que añadir los numerosos estudios existentes sobre las erupciones históricas de Arenas Negras y Garachico (Romero y Beltrán, 2015). Pero, nuestra investigación quiere aportar a lo ya publicado un enfoque sustentado en nuevas bases cartográficas e imágenes, mejoras en la resolución y frecuencia de los datos, ya que es necesaria una revisión, actualización y sistematización de la información y su comunicación desde un concepto multidisciplinar.

### 3. DATOS Y FUENTES

Los materiales con los que vamos a trabajar provienen de diferentes fuentes y los podemos clasificar en imágenes de satélites y capas temáticas.

La fuente primaria de imágenes será los recursos de la serie LANDSAT. Entre los hitos más relevantes de este programa, destaca el lanzamiento del primer satélite destinado en exclusiva a la cartografía y el estudio medioambiental el ETRS (*Earth Resources Technology Satellite*) renombrado en 1975 como programa LANDSAT (Martínez *et al.*, 2010) y que cuentan con la serie más longeva de adquisición de imágenes satelitales del planeta. Dentro de la gama LANDSAT vamos a utilizar los datos

**Figura 2.** *Pansharpening* (refinado pancromático)



Fuente: Imágenes de LANDSAT 8 tomadas de [glovis.usgs.gov](http://glovis.usgs.gov). Elaboración propia.

del LANDSAT 8, puesto en órbita en 2013. Este satélite de resolución espacial de 30m. pixel-1 (15m. pixel-1 en pancromático) permitirá crear imágenes resultado de combinar hasta 11 bandas del espectro EM. Al aplicar técnicas de *pansharpening* (refinado

pancromático) se obtiene una resolución final de 15m/pixel (Figura 2), lo que, en base a pruebas realizadas con diferentes resoluciones espaciales, consideramos un nivel de detalle óptimo para el propósito de este trabajo.

Las capas y mapas temáticos procederán de fuentes oficiales: GRAFCAN S.A. (Empresa pública del Gobierno de Canarias), el Servicio Técnico de Sistemas de Información Geográfica del Cabildo Insular de Tenerife, Instituto Canario de Estadística (ISTAC) y el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

## 4. MODELO METODOLÓGICO PROPUESTO

### 4.1 La información geográfica y su análisis

Bertin (1967) define la información como una serie de correspondencias observadas entre un conjunto finito de conceptos o componentes de variación. Todas las correspondencias deben cumplir una definición invariable. El conocimiento preciso de estos elementos es la única manera de entender una información compleja, de definir la mejor transcripción gráfica, de redactar el título y la leyenda. Y sintetiza los tres niveles de información geográfica en datos, información y comunicación.

En la investigación tratamos de explicitar el proceso de transformación de los datos en información y su comunicación reglada a través de la imagen. La construcción de mapas, diagramas o modelos a partir de la utilización de una gramática gráfica o semiología gráfica nos permitirá explicar conceptos (componentes) y sus estructuras. El método gráfico y cartográfico se aplica en los tres momentos sucesivos de la reflexión, en el momento de definir el problema y seleccionar los datos, en el momento de simplificar la información (tratamiento) y en el momento de comunicar esos resultados (Mejías, 2003).

La fase de inventario comienza seleccionando los datos previos y definiendo las invariantes de la investigación. A partir de aquí se construye jerárquicamente el concepto y su estructura: el invariable o tema y las componentes con sus categorías. La fase de tratamiento simplifica los datos de una componente, combina con otros conceptos y sus componentes o ambas. La comunicación es la aplicación de medios (variables visuales y niveles de organización) que hacen el mapa legible.

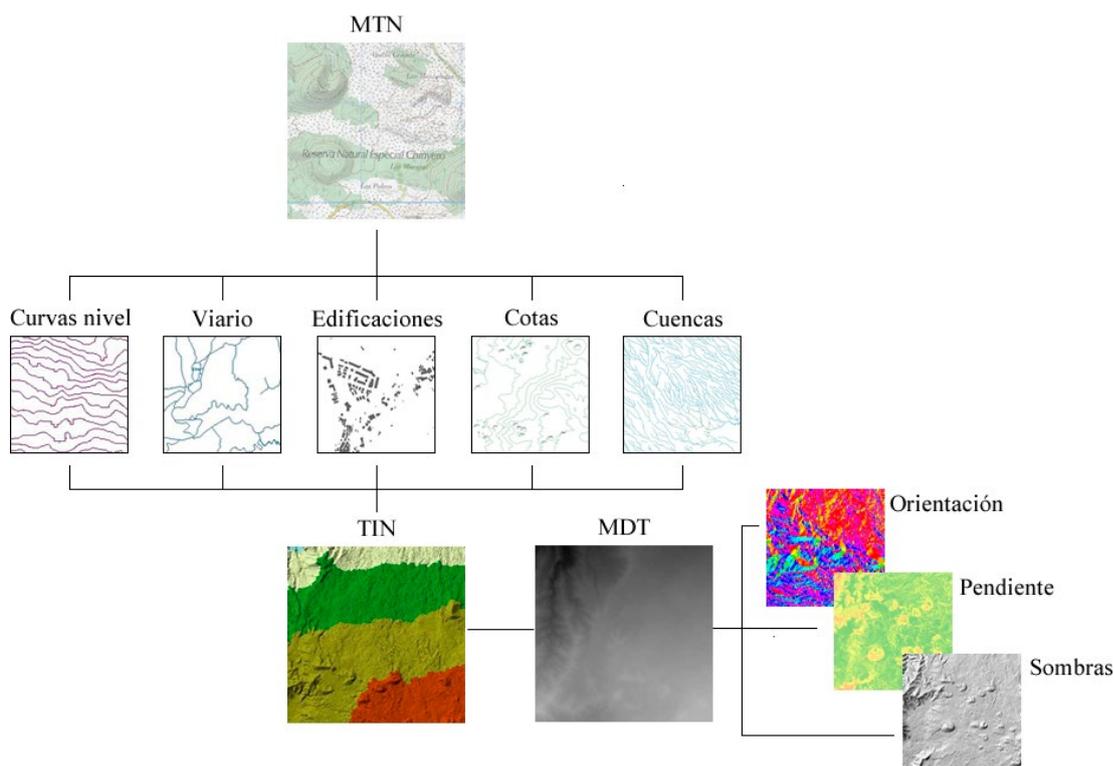
### 4.2 Fase de inventario

La creación del inventario sobre el que vamos a desarrollar todo el trabajo comprende dos tipos de elementos: por un lado, todos los recursos originales puros sin tratamiento alguno (imágenes de satélite, ortofotos, cartografía temática, etc.) obtenidos de las fuentes citadas anteriormente y los materiales generados al aplicar diversas herramientas de geoprosesamiento, que requieren de un tratamiento simple y que nos van servir de soporte para conocer en profundidad el territorio de interés. En la figura 3 se muestra el proceso de creación de estas capas a partir de las curvas de nivel, el viario, edificaciones, cotas y cuencas hidrográficas extraídas del Mapa Topográfico Nacional del IGN (MTN).

De esta composición se obtiene un modelo 3D de la isla de Tenerife constituido por una red de triángulos irregulares (TIN), que será la base sobre la que construir los siguientes elementos:

- Modelo Digital del Terreno (MDT): se generan varios con tamaño de celda de 10m, 5m, 2m, 1m, 0,5m y 0,1m, los cuales servirán de base para construir los modelos de pendiente, orientación y sombras.
- Modelo de pendientes y orientación: en ambos casos los mejores resultados se obtienen utilizando como origen el MDT con un tamaño de celda de 10m. En los otros tamaños se obtienen modelos difíciles de interpretar.
- Modelo de Sombras: se trabaja con los valores azimut  $315^{\circ}$  y de altitud  $45^{\circ}$ . Partiendo del MDT a 10m se obtienen unos resultados válidos pero que sufren de un alto grado de pixelación al aumentar la escala, esto mejora al disminuir el tamaño de celda de los ráster a 5m, 1m, 0,5m y 0,1m, pero repercute en el peso de la capa.

Figura 3. Proceso para la generación elementos de soporte



Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 Fase de tratamiento

El objetivo del tratamiento de los datos es dar respuesta a una pregunta o problema planteado (niveles de preguntas: elemental, medio y superior). A este efecto, y partiendo del método propuesto por Chuvieco (2010) para la interpretación de las imágenes, diseñamos un proceso de trabajo adaptado a nuestra investigación (Figura 4).

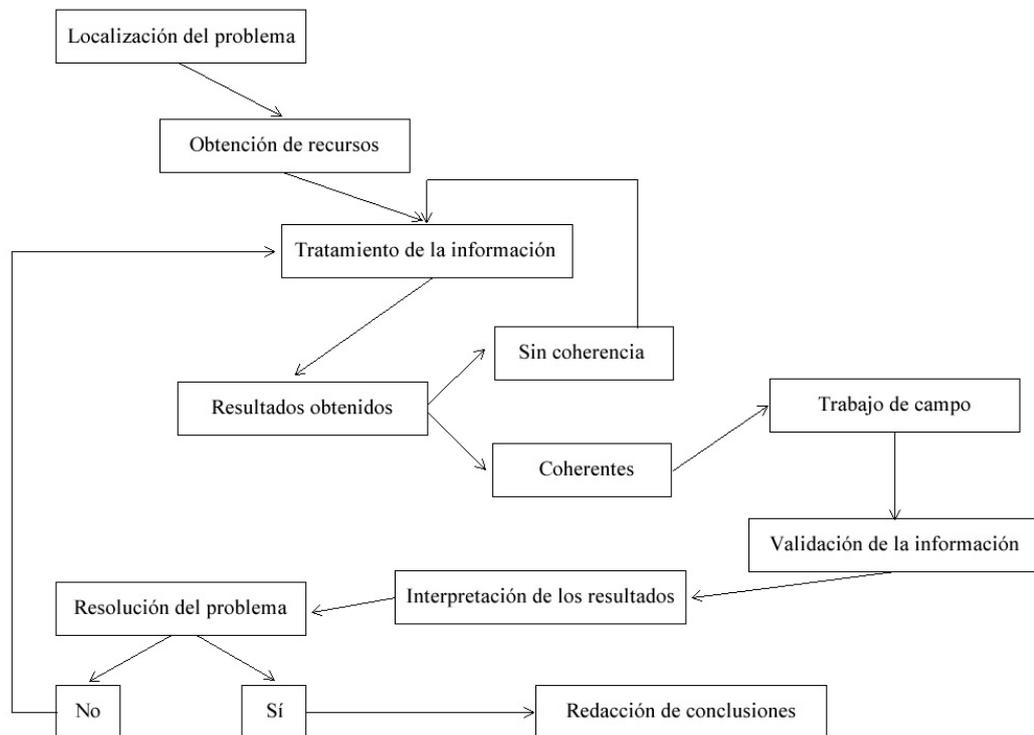
El cruce de datos entre los diferentes tipos de materiales se realiza en función del objeto sobre el que se esté trabajando. Estos análisis se centran en aquellas zonas dentro del área de estudio que, por su diversidad o interés natural, puedan aportar mayor información. Mediante el diseño de parcelas que acoten estos espacios, se facilitará la creación de relaciones entre los atributos de las distintas capas con las que se está trabajando. Una vez establecidas las relaciones, mediante técnicas de geoprocésamiento, se realizan análisis de la información, encaminados a localizar patrones que permitan identificar y distinguir elementos. Si los resultados obtenidos son adecuados, a través de la interpretación de los mismos se propondrá una nueva clasificación de la parcela. Esta propuesta de clasificación debe ser validada con el trabajo de campo.

La manipulación y gestión de los datos se realizan con el programa de ESRI, Arc-Map versión 10.8. El sistema de coordenadas que se va a utilizar es REGCAN95 UTM Zona 28N, aunque puede ser necesario utilizar WGS 84 como sistema de coordenadas secundario, ya que buena parte de la información viene referenciada en él.

**4.3.1 Análisis de la vegetación a partir de cartografía temática.**

Partiendo de las clases iniciales incluidas en cada mapa se va a realizar el análisis de los datos que nos permitan simplificar el contenido de los mismos, para facilitar la interpretación de la información contenida. En un paso posterior, se profundiza en los análisis de estos mapas temáticos al combinarlos con los modelos creados a partir de los MDT. La información obtenida enriquecerá el contenido de cada capa.

**Figura 4.** Modelo de proceso teórico de trabajo para el tratamiento de la información geográfica



Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo el modelo de proceso de trabajo propuesto, se selecciona y delimita una parcela de algo más de 370 ha. próxima al núcleo de San José de los Llanos. Esta selección se fundamenta en la amplia diversidad de flora y paisajes que presenta la zona, lo que la hacen muy interesante para realizar el tratamiento de la vegetación. Partimos de los datos contenidos en el mapa temático de vegetación del Cabildo Insular de Tenerife (Tabla 1).

De los resultados obtenidos se extraen dos datos muy relevantes: (i) el pino canario es la especie dominante por superficie ocupada (> 60%), le sigue el fayal-brezal con casi el 20%, y (ii) es un espacio con importante cubierta vegetal pues solo el 3,97% del área aparece desprovista de vegetación; este porcentaje aumenta ligeramente si se incluye la vegetación rupícola en esta categoría.

**Tabla 1.** Distribución de la vegetación por superficie

Especie	Área (ha)	Porcentaje
Pino canario	231,81	62,37
Pino radiata	12,92	3,48
Fayal-Brezal	72,60	19,53
Escobonal	35,81	9,63
Vegetación rupícola	2,97	0,80
Herbazal de Cardo de medianías	0,80	0,22
Desprovisto de vegetación	14,76	3,97
Superficie total	371,67	100,00

Fuente: Elaboración propia a partir del mapa de vegetación del Cabildo Insular de Tenerife.

Al relacionar la vegetación con la orientación de la pendiente se observa que casi el 87% de la cubierta vegetal tiene orientación Norte-Oeste (el Norte la supone el 60% del total).

En el caso de la pendiente se sigue un procedimiento similar estableciendo rangos según el grado de inclinación del terreno, considerando pendiente baja si se encuentra entre 0 y 7 grados de inclinación, pendiente media entre 8 y 15, pendiente alta entre 16 y 30 y pendiente muy alta si el valor está por encima de 30 grados. Según este criterio, se trata de un espacio con desnivel importante, ya que cerca de la mitad de su superficie tiene una pendiente igual a superior a 8 grados de inclinación. Las pendientes más abruptas corresponden a los conos volcánicos, mientras que las más suaves se concentran en el Oeste del área seleccionada.

Al ser la especie más representativa, realizamos un proceso de simplificación analizando el pino canario. En la Tabla 2 se recogen los valores obtenidos cruzando la componente (densidad) con las diferentes variables superficiales (pendiente y orientación). La clasificación de la densidad en función de su nivel viene incluida en el mapa de vegetación del Cabildo Insular de Tenerife y nos ha permitido obtener los valores de densidad para las 231 ha de pino canario de la zona de análisis. Esta nueva variable aporta un dato clave para poder comparar los valores obtenidos mediante el análisis de la capa vectorial y el tratamiento de las imágenes por satélite.

En líneas generales, se repite el patrón observado para el resto de la zona de análisis en cuanto a la orientación (preferente al Norte y al Oeste), pero en la inclinación el resultado difiere de la pauta general, pues más del 60% de la superficie presenta una inclinación inferior a 8 grados.

**Tabla 2.** Relación del pino canario (densidad) respecto a la orientación y la pendiente del terreno

Especie	Orientación				Pendiente				Total
	Norte	Este	Sur	Oeste	Baja	Media	Alta	Muy Alta	
Pino canario									
Densidad baja	19,93	2,20	3,77	9,77	15,23	12,57	7,1	0,83	35,7
Densidad media	7,76	1,98	0,08	1,78	7,19	3,52	0,89	0,01	11,6
Densidad alta	112,41	13,88	7,91	49,83	115,97	48,1	15,73	4,48	184,1

Fuente: Elaboración propia a partir del mapa de vegetación del Cabildo Insular de Tenerife y MDT elaborados. Todos los datos están representados en hectáreas.

#### 4.3.2 Análisis de la vegetación a partir de imágenes de LANDSAT 8

Usando software específico para tratamiento de imágenes de satélite, se hacen combinaciones de 3 bandas de las 11 que nos ofrecen los diferentes sensores del satélite LANDSAT 8. Al asignarlas a los canales RGB (Red, Green, Blue) de que disponen los monitores y las tarjetas de vídeo actuales, se obtiene como resultado una imagen a color. Dependiendo de la combinación aplicada los elementos representados en la imagen tendrán una intensidad y tonalidad de color diferente, debido a la reflectancia de cada objeto en las bandas utilizadas (Figura 5).

**Figura 5.** Composiciones espectrales a partir de imágenes de satélite



Fuente: Elaboración propia.

Para calcular las dimensiones de la cubierta vegetal de esta zona vamos a utilizar la combinación denominada Infrarrojo Color. Esta fusión de las bandas 5, 4 y 3 (infrarrojo cercano, roja y verde) nos muestra de forma nítida los límites entre las

zonas cubiertas de vegetación y los suelos carentes de ella. Mediante una clasificación supervisada, en la que se agrupan los píxeles de la imagen en función del nivel digital (ND) de cada uno, se genera un mapa resultante a tal efecto. La validación de los datos contenidos en este mapa se realiza mediante la superposición de la OrtoExpress 25cm.pixel-1 de Tenerife de 2021 del SITCAN, el trabajo de campo y la creación de una matriz de confusión, donde se define la exactitud de los resultados obtenidos en el mapa al compararlos con los datos reales del terreno. En base a esto, se alcanza un porcentaje de cercano al 80% de fiabilidad sobre los 16751 píxeles de 15x15 m que componen la parcela de estudio.

Para el cálculo de la densidad de población de pino canario mediante imágenes LANDSAT 8 y siguiendo la metodología aplicada anteriormente, se va a utilizar el índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Este índice es de los más comunes en el estudio de la vegetación, debido a que una de sus características principales es que acentúa los contrastes entre los diferentes grados de vegetación en función de la reflectancia espectral. Se obtiene aplicando la siguiente ecuación matemática:  $NDVI = (NIR - Roja) / (NIR + Roja)$ . Después de crear una clasificación supervisada para la imagen resultante donde se crean los niveles de densidad, según el ND de cada píxel, y realizando el proceso de validación de los datos, similar al mencionado anteriormente, se alcanza una fiabilidad del 77% sobre los 4145 píxeles de 30x30, con los valores resultantes se crea la Tabla 3. Hay que recalcar que el resultado de la fórmula empleada para hallar el NDVI genera un ráster de una sola banda, al que no se le puede aplicar el refinado pancromático, por lo que el tamaño de píxel de la imagen será el nativo de las bandas utilizadas, en este caso 30x30.

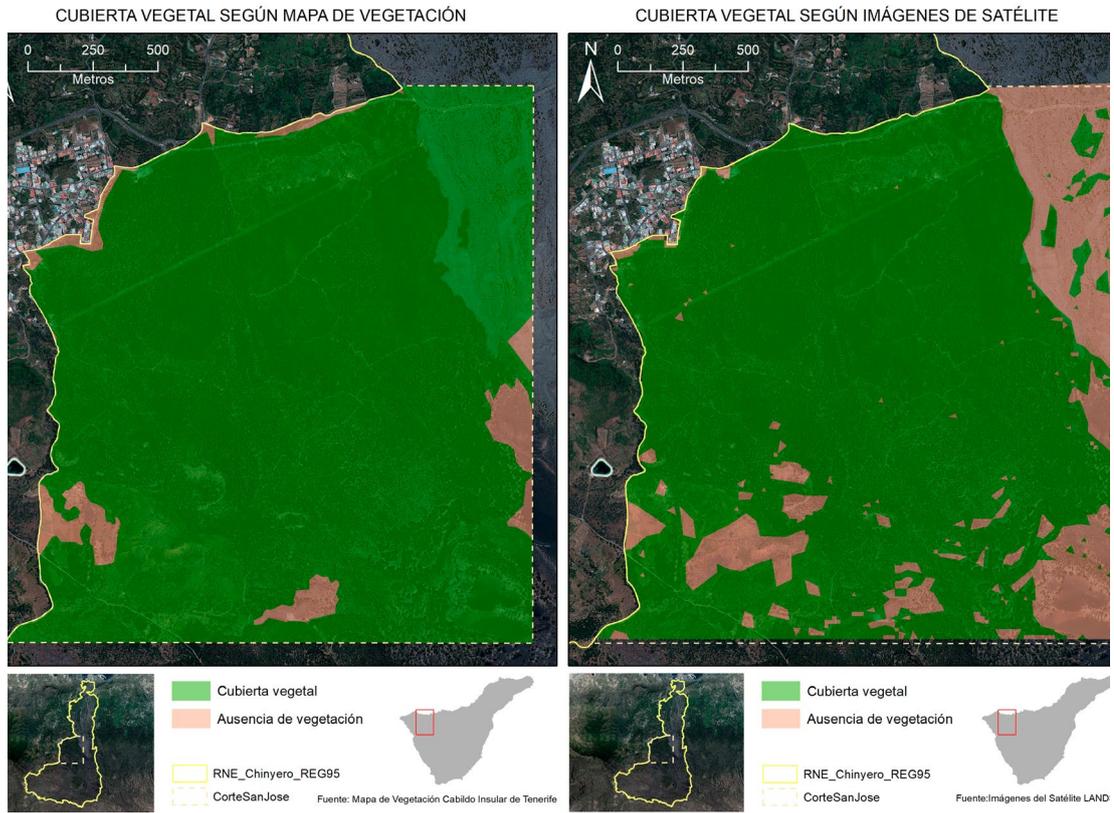
**Tabla 3.** Densidad del pino canario mediante índice NDVI

<b>Pino canario</b>	<b>Área en hectáreas</b>	<b>Porcentaje</b>
Densidad baja	45,17 ha	19,55%
Densidad media	35,66 ha	15,33%
Densidad alta	146,52 ha	63,16%
Suelo desnudo	4,55 ha	1,96%

Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes obtenidas de LANDSAT 8

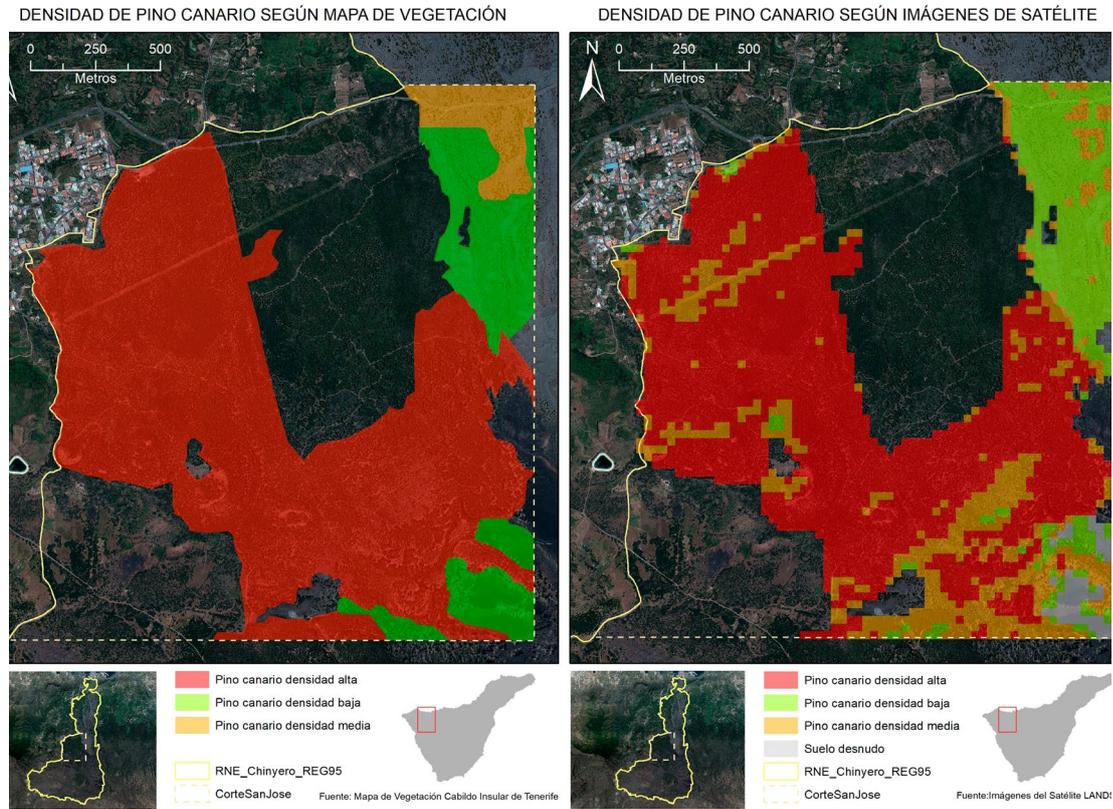
## 5. FASE DE COMUNICACIÓN

**Figura 5.** Comparativa de los mapas de vegetación en la zona próxima a San José de los Llanos



Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía temática e imágenes satelitales.

**Figura 6.** Comparativa de los mapas de densidad de pino canario en la zona próxima a San José de los Llanos



Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía temática e imágenes satelitales.

## 6. CONCLUSIONES

A tenor de los mapas finales presentados (Figuras 5 y 6), se pone de manifiesto de una forma clara que el modelo metodológico propuesto permite mejorar la información contenida en la cartografía temática analizada. Estos recursos geográficos, contruidos a partir de trabajos de campo y laboratorio, presentan un hándicap importante ya que sus procesos de actualización son complejos; esto genera limitaciones en su aplicación y su uso se ve reducido a estudios o investigaciones en los que se trabaje sobre el año concreto de su creación. Como hemos visto, la teledetección nos ha permitido poner en valor de nuevo toda esta información. Mediante un tratamiento sencillo de las imágenes adquiridas de LANDSAT 8, se ha podido actualizar contenidos geográficos con un significativo ahorro de tiempo y trabajo.

Los resultados obtenidos en los mapas comparados, tanto de vegetación como de densidad de pino canario, reflejan una mayor precisión y fiabilidad en los datos creados a partir de las imágenes satelitales, reduciendo de forma significativa los errores de clasificación que se aprecian en la cartografía temática. Sin entrar a valorar en detalle los resultados, la simple interpolación con una Ortofoto de alta resolución actual nos sirve para resaltar de forma visual el nivel de detalle alcanzado.

La combinación de los sistemas de información geográfica, las imágenes satelitales y la aplicación de unos fundamentos semiológicos claves han permitido diseñar una metodología de trabajo multidisciplinar y extrapolable a otros territorios, cumpliendo así los objetivos principales marcados para este trabajo.

## 7. REFERENCIAS

- ALONSO-BENITO, A. & ARBELO, M. ET AL. (2010). *Determinación de variables dasométricas con imágenes ASTER en la Isla de Tenerife*. En XIV Simposio Internacional SELPER, 8-12 noviembre. Guanajuato, México.
- BARRETO, A. & ARBELO, M. ET AL. (2010). *Estimating forest surface temperature: a case study in Canary Islands (Spain)*. En proceedings ISPRS Commission VII Mid-Term Symposium 'Networking the World with Remote Sensing', 58, pp. 665-668. Kyoto, Japan.
- BERTIN, J. (1967). *Sémiologie graphique*. Ed École des Hautes Études en Sciences Sociales. París
- BOETTINGER, J.L., HOWELL, D.W. & MOORE, A.C. ET AL. (2010). *Digital Soil Mapping*. Springer. DOI: [10.1007/978-90-481-8863-5](https://doi.org/10.1007/978-90-481-8863-5).
- CORTIZO, T. (2009). *El tratamiento geográfico de la información*. Ed. Universidad de Oviedo. Oviedo, España.
- CHUVIECO, E. (2006). *Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio*. Ed. Ariel S.A. Barcelona.
- DORTA, P., MARZOL, M.V. & VALLADARES, P. (1993). *Localisation et frequences des cellules de pression dans L'Atlantique Nord, L'Europe Occidentale et Le Nord de L'Afrique (1983-1992)*. Association internationale de climatologie, vol 6, pp. 452-466.
- GONZÁLEZ-CALVO, A., HERNÁNDEZ-LEAL, P.A. ET AL. (2007). Evaluación del riesgo de incendios forestales en las Islas Canarias usando datos AVHRR y MODIS. XII Congreso Nacional de Teledetección: Teledetección. Hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional, 19-21 septiembre. Eds., R. Rivas, A. Grisoto y M. Sacido. Mar de Plata, Argentina. pp. 27-33. ISBN: 978-987-543-126-3.
- HUESCA, M., GONZÁLEZ-ALONSO, F. ET AL. (2008). Estimación de la superficie quemada en los incendios forestales de Canarias en 2007 utilizando sinérgicamente imágenes MODIS y anomalías térmicas. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*. 17(3). pp. 308-316.
- MARTINEZ, G.A., KYUN, I. & HERNANDEZ-DURAN, G. (2005). *Identificación de litologías volcánicas utilizando imágenes ASTER en Las Cañadas del Teide*. En XI Congreso Nacional de Teledetección: Teledetección. Avances en la observación de la Tierra, 21-23 septiembre. Eds., M. Arbelo, A. González y J.C. Pérez, pp. 451-454. S/C Tenerife, España.
- MARZOL, M.V. (1993). *Los factores atmosféricos y geográficos que definen el clima del archipiélago canario*. Diputación provincial de Tarragona. En *Aportaciones en Homenaje al profesor Luis M. Albentosa* (pp. 151-176). Tarragona, España.
- MEJÍAS-VERA, M.Á. (2003). *Tensiones espaciales en el suelo rústico entre las actividades agrarias y otras actividades turístico-residenciales: Sector costero del municipio de Arona (Tenerife)*. Tesis doctoral. Universidad de La Laguna.
- NOTARIO DEL PINO, J.S., DORTA, I., RODRÍGUEZ, A. ET AL. (2008). *Analysis of the 1:5 soil: water extract in burnt soils to evaluate fire severity*. *Catena* (74), 246-255.

- ROMERO, C. & BELTRÁN, E. (2007). *La erupción de Arenas Negras, Garachico, 1706. Evolución de un paisaje volcánico*. Santa Cruz de Tenerife: Gobierno de Canarias.
- ROMERO, C. & BELTRÁN, E. (2015). *El impacto de las coladas de 1706 en la ciudad de Garachico*. *Investigaciones Geográficas*, 99-115. DOI: [10.14198/INGEO2015.63.07](https://doi.org/10.14198/INGEO2015.63.07).
- SÁNCHEZ, J. M. (2016). Quality cartographic analysis by studying confusion matrix. *Pesamiento Matemático*, (6), 9-26.
- SCHOLES, R.J., GILL, M.J., COSTELLO, M.J., SARANTAKOS, G. & WALTERS, M. (2017). *Working in networks to make biodiversity data more available*. En Walters Michele Scholes, Robert J. (Ed.), *The GEO handbook on biodiversity observation networks* (pp. 11-17). Switzerland: Springer Open.
- SLATER, P.N. (1980). *Remote sensing. optics and optical Systems*. Reading. Editorial Addison-Wesley.
- USTIN, S.L. (2004). *Remote sensing for natural resource management and enviromental monitoring*. Ed. Wiley. New Jersey.
- ZURITA PÉREZ, N. (2003). *Banco de datos de biodiversidad de canarias*. *Boletín De La SEA*, (32), 285-292.



# MODELADO PREDICTIVO DE LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS EN ANDALUCÍA (ESPAÑA) MEDIANTE MACHINE LEARNING Y ALGORITMOS DE SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

## PREDICTIVE MODELLING OF NITRATE POLLUTION IN ANDALUSIA (SPAIN) USING MACHING LEARNING AND FEATURE SELECTION ALGORITHMS

---

Aaron Cardenas-Martinez<sup>1</sup>, Victor Francisco Rodriguez-Galiano<sup>2</sup> y Maria Paula Mendes<sup>3</sup>

**1** Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Sevilla, [acardenasm@us.es](mailto:acardenasm@us.es) [orcid.org/0000-0003-1649-7720](https://orcid.org/0000-0003-1649-7720)

**2** Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Sevilla, [vrgaliano@us.es](mailto:vrgaliano@us.es) [orcid.org/0000-0002-5422-8305](https://orcid.org/0000-0002-5422-8305)

**3** CERIS, Investigación e Innovación en Ingeniería Civil para la Sostenibilidad, Instituto Superior Técnico, Universidad de Lisboa, [mpaulamendes@gmail.com](mailto:mpaulamendes@gmail.com), [orcid.org/0000-0001-9451-2266](https://orcid.org/0000-0001-9451-2266)

---

### Resumen

En este trabajo se utilizó un conjunto de cuarenta y cuatro características extrínsecas a las masas de agua subterránea para entrenar modelos predictivos que permitan el control de la contaminación por nitratos en las masas de agua subterránea de Andalucía (España). Las características dinámicas derivadas de la fenología, clima y efluentes de ganadería fueron utilizadas para analizar los cambios estacionales e interanuales en la contaminación.

Se utilizó el algoritmo de aprendizaje automático *Random Forest* y estrategias de Selección de Características para el entrenamiento de los modelos. Fueron generados tres conjuntos de características en el modelado: Periodo 1 (2009), para el entrenamiento; Periodo 2 (2010) para la validación y predicción espacial inicial; y Periodo 3 (2017), para analizar los cambios en la contaminación por nitratos. De las cuatro aproximaciones de selección de características utilizadas, *Random Forest* con SFS fue la que tuvo mayor rendimiento (Error de clasificación = 0,109 y seis características predictoras) basándose en el nivel de base y valor de NDVI para el final de la estación de crecimiento y la acumulación de efluentes de ganadería en un radio de 1 Km como principales características dinámicas en la predicción.

**Palabras clave:** Nitratos, agua subterránea, aprendizaje automático, selección de características.

## Abstract

In this work, a set of forty-four extrinsic features of groundwater bodies was used to train predictive models for monitoring nitrate pollution in groundwater bodies of Andalusia (Spain). Dynamic features derived from phenology, climate and livestock effluents were used to analyse seasonal and interannual changes in groundwater pollution.

Machine learning algorithm Random Forest and Feature Selection strategies were applied to train the models. Three feature stacks were included in the modelling: Period 1 (2009), for training; Period 2 (2010) for validation and initial spatial prediction; and Period 3 (2017), to analyse changes in nitrate pollution. Among the four feature selection approaches used, Random Forest with SFS had the best performance (Misclassification error = 0.109 and six predictor features) based on the base level and NDVI value for the end of the growing season and livestock effluent accumulation within a 1 km radius as the main dynamic features in prediction.

**Keywords:** nitrates, groundwater, machine learning, feature selection.

## 1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de fertilizantes nitrogenados en las cosechas a lo largo de las últimas décadas, unido a la contaminación difusa que estos generan, ha constituido una de las principales razones del mal estado de los recursos hídricos en Europa (European Environmental Agency, 1999). La contaminación por nitratos afecta especialmente a las masas de agua subterránea, que reciben los excedentes derivados del riego agrícola (Babiker et al., 2004; Juntakut et al., 2019) y la acción de otras fuentes emisoras como la ganadería (Cho et al., 2000; Tullo et al., 2019). Frente al problema que supone la contaminación de los recursos hídricos, la Directiva Marco del Agua (DMA) (2000/60/EC) nació con el propósito de proteger y mejorar la calidad de las aguas de la UE, estableciendo controles de vigilancia para evaluar el impacto de los contaminantes y controlar tendencias prolongadas. Junto a la DMA, la Directiva de Nitratos (91/676/EEC) ya se centró en la reducción de la contaminación inducida por nitratos provenientes de fuentes agrícolas, además de prevenir nuevas infiltraciones (Goodchild, 1998).

La monitorización constante de las masas de agua subterránea derivada de la aplicación de estas leyes mostró que, en el periodo 2012 – 2015, el 13,2 % de las estaciones de agua subterránea de la UE excedieron los 50 mg/l de nitratos, (límite legal establecido por la DMA), lo que supone más del 18 % del área ocupada por las masas de agua subterránea (European Environmental Agency, 2018). La acumulación de nitratos tiene una distribución desigual en la UE, siendo más elevada en países como España, donde el 21,5 % de las estaciones de medición registraron promedios superiores a 50 mg/l. Dentro de España, el control del estado químico de las masas de agua se ejecuta por parte de las Confederaciones Hidrográficas. A través del análisis de los Planes Hidrológicos se advirtió que, tras finalizar el periodo programático 2009 – 2015, 51 de las 176 masas de agua subterránea de Andalucía tenían un “mal estado químico” por altas concentraciones de nitratos.

Conocer la concentración de nitratos en agua subterránea permite identificar y delimitar áreas con especial riesgo de contaminación, de cara a la gestión de recursos y al cumplimiento de la DMA. Recientemente, los trabajos de contaminación por nitratos se han beneficiado del desarrollo de los Algoritmos de *Machine Learning* (AML), que no requieren de reglas preestablecidas a criterio experto, ya que aprenden de ejemplos (Buduma & Locascio, 2017). Los AML se han utilizado tanto en solitario (Rodríguez-Galiano et al., 2014; Tesoriero et al., 2017) como formando *ensembles* (L. Knoll et al., 2019; Rodríguez-Galiano et al., 2018; Wheeler et al., 2015) para estimar espacialmente concentraciones de nitratos en agua subterránea. Uno de los AML más utilizados es *Random Learning y algoritmos de Selección de Características*

Forest (RF), utilizado en trabajos como Knoll et al. (2019), Nolan et al. (2014) y Wheeler et al. (2015). RF destaca por ser un método no paramétrico que permite trabajar con varias tipologías de datos y ser muy efectivo ante relaciones no lineales entre características y valores atípicos (Breiman, 2001). RF puede emplearse de forma mejorada mediante el uso de algoritmos de Selección de Características (SC), que permiten obtener modelos con mayor exactitud reduciendo la dimensionalidad del espacio de características (Guyon & Elisseeff, 2003). De hecho, la capacidad de seleccionar las características más relevantes ha permitido utilizar SC en la predicción de nitratos en agua subterránea (Dixon, 2005; Rodríguez-Galiano et al., 2018; Tesoriero et al., 2017).

Aunque el uso de los AML ha supuesto un notable avance en el control de contaminantes como los nitratos, la capacidad de actualización de los trabajos existentes en la literatura científica sigue siendo un desafío. La mayor parte de estos trabajos utilizan características intrínsecas a las masas de agua subterránea en la estimación de nitratos, lo que permite un conocimiento profundo de las masas de agua. Sin embargo, su utilización impide la rápida actualización de resultados y su aplicación a otras regiones en las que la medición *in situ* de parámetros como la tasa de recarga o la conductividad hidráulica es compleja o excesivamente costosa. Este trabajo tiene como objetivo desarrollar una metodología basada en RF y SC para estimar espacialmente la probabilidad de superar concentraciones de nitratos de 50 mg/l en las masas de agua subterránea de Andalucía en un tiempo presente (Periodo 3 – 2017) empleando modelos entrenados con condiciones ambientales de tiempo pasado (Periodo 1 – 2009) y validados en un tiempo intermedio (Periodo 2 – 2010). Se plantea un método fácilmente actualizable, gratuito y operativo para el control de nitratos en las masas de agua subterránea. Además, se plantean una serie de objetivos parciales: i) evaluar la importancia de las características en la predicción, para identificar las que inciden más en la contaminación por nitratos; ii) comparar la eficacia de los algoritmos de SC con RF; iii) evaluar la capacidad de actualización de los modelos.

## 2. DATOS Y METODOLOGÍA

### 2.1. Área de estudio

El área de estudio del presente trabajo fueron las masas de agua subterránea de Andalucía, España (Figura 1). Andalucía es la región administrativa española (NUTS2) situada más al sur de la Península Ibérica y tiene una extensión de más de 87.000 Km<sup>2</sup>. Su oro-



de muestras y coincidiendo con el periodo anterior y posterior al proceso de fertilización. Del conjunto de la base de datos, las campañas de los años 2009 y 2010 fueron seleccionadas para el modelado predictivo, al contar con un mayor número de muestras y una distribución más equilibrada entre las muestras correspondientes a junio y octubre. El análisis de los datos mostró que los valores de nitratos medios y medianos del año 2009 fueron menores que los de 2010 (43,8 mg/l y 14 mg/l y 59 mg/l y 19,5 mg/l). Los valores máximos y mínimos fueron 356 mg/l y 1 mg/l y 420 mg/l y 0 mg/l (<LOD mg/l) para 2009 y 2010, respectivamente. Se generaron dos subconjuntos de datos: i) 321 muestras correspondientes a las campañas de junio y octubre de 2009 utilizadas en el entrenamiento de los modelos; y ii) 281 muestras correspondientes a los meses de junio y octubre de 2010, utilizadas como test independiente para la validación de los modelos (ver sección 2.3.).

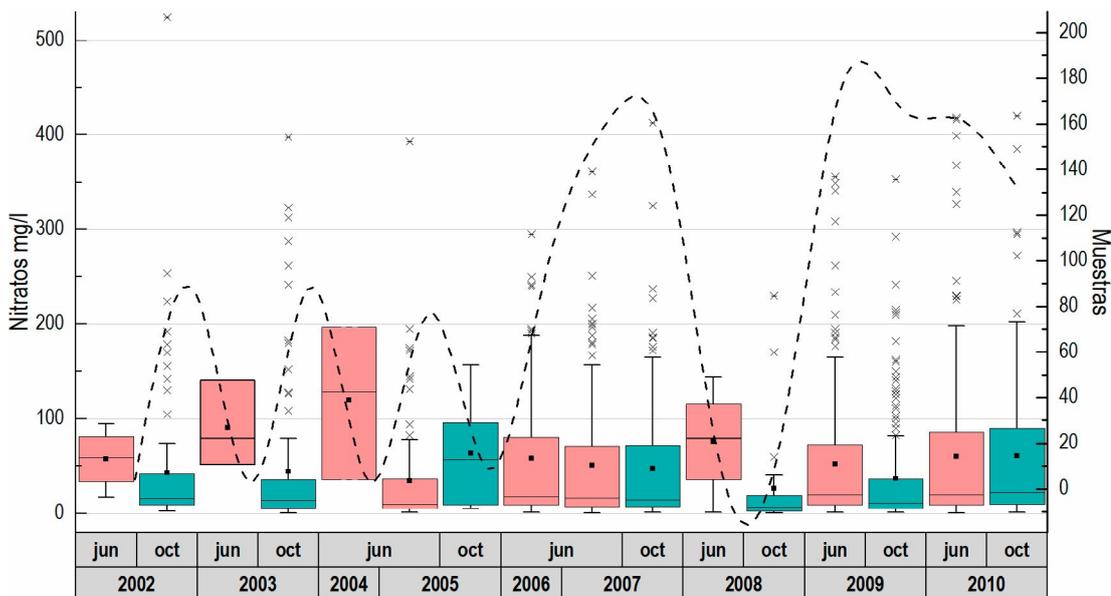
Se utilizó un conjunto de 44 características predictoras (ver tabla 1) relacionadas con los sectores de actividad que tienen una mayor incidencia en la contaminación por nitratos, así como con su infiltración, de diferente tipología: i) fenología; ii) efluentes de ganadería; iii) modelos digitales del terreno (MDTs); iv) meteorología; y v) texturas del suelo. Todas las características se remuestrearon a un grid con origen de coordenadas y resolución espacial común (250x250 m). Las características derivadas de la fenología se obtuvieron para conocer y distinguir las áreas de cultivo de la vegetación natural. Su uso permite identificar parámetros como la fecha de comienzo de la estación de crecimiento o el periodo de máxima actividad fotosintética. Derivado de ello, permite distinguir zonas agrícolas de regadío, altamente nitrificadas y donde más infiltración se produce (Dzurella et al., 2015; Merchán et al., 2020). Las 13 características fenológicas utilizadas fueron extraídas a partir del análisis de series temporales de NDVI calculados a partir de compuestos semanales de reflectancia de superficie del producto MODIS MOD09Q1. Las características correspondientes a los efluentes de ganadería se obtuvieron del censo ganadero de Andalucía. Para cuantificar los efluentes del ganado, se valoró su impacto acumulado y promedio, para lo que se indicaron diferentes radios de búsqueda (1, 3 y 5 Km), generando 6 características. La excreción de nitrógeno (N) del ganado se estimó multiplicando los coeficientes de excreción usados en España (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural, 2011) con la población media anual (AAPi) de ese tipo de ganado:

$$N_{\text{excretion}} \text{ (tonnes of N)} \\ = \sum \{AAPi \text{ (1000 heads)} * N_{\text{excretion}}_{\text{coefficient}_i} \text{ (Kg N per head per year)}\}$$

De las características relacionadas con las zonas de infiltración preferente se incluyeron 18 características del terreno, derivadas del MDT de España, obtenido a partir de la nube de puntos LiDAR aerotransportado. Estas características permitieron incluir el efecto del terreno desde medidas básicas de topografía, morfometría y el análisis hidrológico. La acción la meteorología se consideró con dos variables: precipitación y temperatura. Se usaron las medidas mensuales de los tres meses y del mes anterior a las muestras de nitratos, para considerar la fuerte heterogeneidad de la dinámica del transporte hidrológico existente en una región tan amplia (Kumar et al., 2020). La precipitación se obtuvo mediante interpolación espacial de datos mensuales de precipitación, a través de la Red de Información Ambiental de Andalucía

(REDIAM). La temperatura se obtuvo mediante regresión múltiple a partir de temperaturas máximas y mínimas diarias obtenidas, también a través de la REDIAM. Por último, las fracciones texturales (arena, limo y arcilla) se estimaron mediante modelos predictivos construidos con el algoritmo RF (Cañero & Rodríguez-Galiano, 2019).

**Figura 2.** Diagrama de cajas de la base de datos de nitratos para los meses de junio y octubre. Años 2002 - 2010.



Leyenda: La figura muestra dos series de datos en el eje de ordenadas. Los diagramas de cajas representan los valores de concentraciones de nitratos en mg/l. Los correspondientes al mes de junio se representan en rojo y los correspondientes al mes de octubre en verde. La línea muestra el número de muestras existente para cada campaña.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 1. Grupos de características predictoras utilizadas en el modelado.**

Grupo de características predictoras	Nº de características
Fenología	13
Efl uentes de ganadería	6
Derivados del Modelo Digital del Terreno (MDT)	18
Meteorología: Precipitación y temperatura	4
Fracciones texturales: arena, limo y arcilla	3

Fuente: Elaboración propia.

### 2.3. Modelado predictivo

Se generaron tres conjuntos de características, el primero correspondiente al Periodo 1 (2009) para el entrenamiento de los modelos y otros dos correspondientes al Periodo 2 (2010) y Periodo 3 (2017) para la validación y predicción. Una vez evaluados internamente, los modelos entrenados para el Periodo 1 se aplicaron al conjunto de características del Periodo 2 para la validación independiente y la predicción espacial inicial. Se obtuvieron dos cartografías de nitratos, correspondientes a junio y octubre, para evaluar los cambios estacionales en la presencia de nitratos. Finalmente, se predijo de nuevo la probabilidad para el Periodo 3, para el que se asumió que la exactitud o incertidumbre asociada sería similar a las del test independiente realizado para el Periodo 2. De esta forma, se cuantificaron los cambios en la probabilidad de nitratos para el periodo 2010 – 2017.

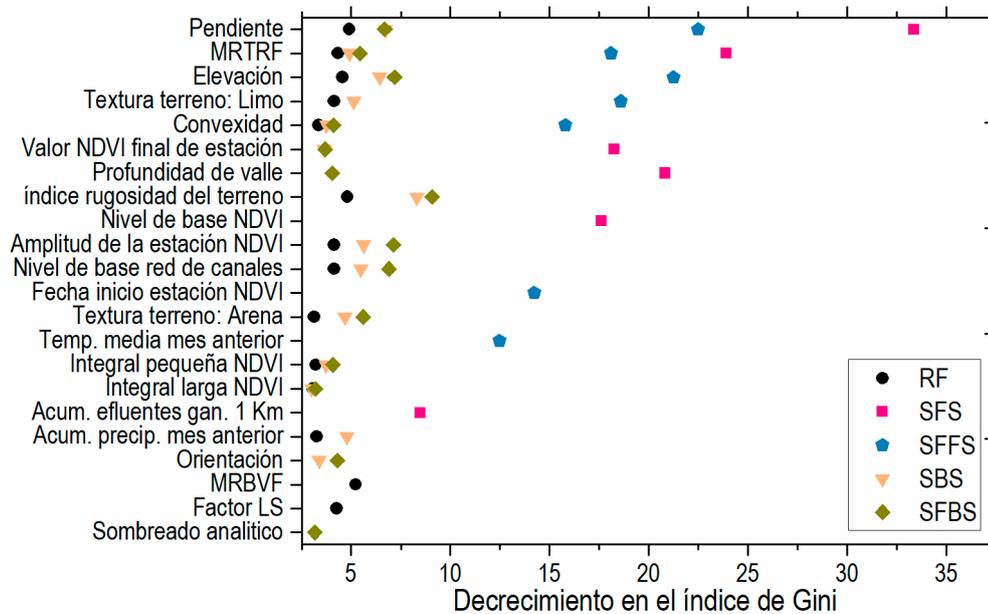
Todos los modelos fueron generados en el software R 4.0.3., usando el paquete “mlr” (Bischl et al., 2016) para el entrenamiento y validación. Se empleó RF en solitario y en combinación con técnicas de SC para identificar las características más relevantes. Para ello, la variable objetivo fue binarizada como paso previo al entrenamiento de los modelos. En el modelado, RF sólo necesita la definición de dos parámetros: el número de árboles en la clasificación ( $k$ ); y la cantidad de características predictoras aleatorias ( $m$ ) en cada árbol (Breiman, 2001). Para la clasificación, cada árbol otorga un voto unitario para la clase más popular en cada instancia de entrada, de forma que el resultado final está determinado por el voto mayoritario de todos los árboles (Guo et al., 2011). Se realizó una optimización de los hiperparámetros con el objetivo de conseguir modelos más robustos y generalizables. Así, se configuró el parámetro  $k$  para utilizar valores de 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 y 1000, y el parámetro  $m$  de 1:30, generando 300 modelos totales. Las técnicas de SC utilizadas se basaron en *wrappers*, que combinan un AML con un método de búsqueda de características, seleccionando el subconjunto de características con mayor rendimiento de forma iterativa (Guyon & Elisseeff, 2003). En este trabajo se aplicaron cuatro estrategias de búsqueda secuencial de características: selección secuencial hacia atrás (SBS), selección secuencia hacia adelante (SFS), selección secuencia flotante hacia adelante (SFFS) y selección secuencial flotante hacia atrás (SBFS). La evaluación de la exactitud de los modelos se realizó obteniendo el *Mean Misclassification Error* (Error de clasificación), basado en el porcentaje de casos clasificados erróneamente respecto del total; y Kappa ( $K$ ).  $K$  se calcula comparando la proporción observada a lo largo de la diagonal ( $P_o$ ) menos la proporción que se espera obtener por azar, dividido por la máxima posibilidad de acuerdo que puede esperarse para los totales marginales  $K = (P_o - P_e)/(1 - P_e)$ . La evaluación de la exactitud de los modelos se realizó en dos pasos: en primer lugar, se entrenaron los modelos con la totalidad de los datos del Periodo 1, aplicando una validación cruzada en 10 carpetas; posteriormente, se aplicó el test independiente con los datos del Periodo 2.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Importancia de características en el modelado

La importancia de las características en la predicción se midió con el decrecimiento en el índice de Gini, propio de RF (Breiman, 1998). La figura 3 muestra las 15 características predictoras más importantes incluidas en los modelos. En general, las características del terreno fueron las más importantes, seguidas por las características fenológicas. Igualmente, se incluyeron en los modelos otras características como las correspondientes a la ganadería y el clima. Los modelos entrenados en RF en solitario y en RF con SC con búsqueda secuencial hacia detrás (SBS y SBFS) utilizaron más características en la predicción que los modelos de RF con SC con búsqueda secuencial hacia adelante (SFS y SFFS), dando como resultado grandes diferencias en los valores de importancia. Esta diferencia confirma la idea de Guyon & Elisseeff (2003) y verificada por Rodríguez-Galiano et al. (2018) sobre que los *wrappers* construidos mediante búsqueda secuencial hacia adelante fueron computacionalmente más eficientes, identificando un menor conjunto de características sin penalizar demasiado el error. En RF con SFS sólo 6 características fueron utilizadas en la predicción (pendiente, MRTRF, valor NDVI final de estación, profundidad de valle, nivel de base NDVI y acumulación de efluentes de ganadería en un radio de 1 Km) siendo el modelo más simple. En comparación, SFS, RF, SBS y SBFS utilizaron 7, 44,41 y 36 características predictoras.

Figura 3. Importancia de características según el decrecimiento en el índice de Gini para RF y los algoritmos de SC.



Leyenda: Se seleccionaron las 15 características más importantes para los modelos generados por RF, SBS y SBFS; 6 características para SFS; y 7 características para SFFS.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Evaluación de la exactitud de los modelos

La tabla 2 muestra la evaluación de los modelos en la validación cruzada (VC) en 10 carpetas con los datos de nitratos del Periodo 1 y en el test fijo con los datos de nitratos del Periodo 2, con la obtención del error de clasificación y  $K$ . La aplicación del test fijo evaluó la capacidad predictiva de los modelos para un conjunto de datos independiente y de un periodo posterior. Los resultados muestran que los modelos de RF con SC superaron a RF en solitario. Los modelos basados en búsquedas secuenciales hacia atrás (SBS y SBFS) tuvieron un mayor rendimiento (Error de clasificación = 0,102) que los basados en búsquedas secuenciales hacia adelante (Error de clasificación = 0,109). Sin embargo, SFS y SFFS predijeron con menos características, consiguiendo modelos con menor coste computacional.  $K$  mostró un grado de acuerdo bueno en la totalidad de los modelos, aunque existieron ciertas diferencias, siendo SBS el que mejor acuerdo obtuvo ( $K = 0,766$ ). Mientras tanto, RF en solitario obtuvo el peor grado de acuerdo ( $K = 0,731$ ), utilizando el conjunto de características completo para la construcción del modelo.

**Tabla 2. Evaluación del rendimiento de los modelos.**

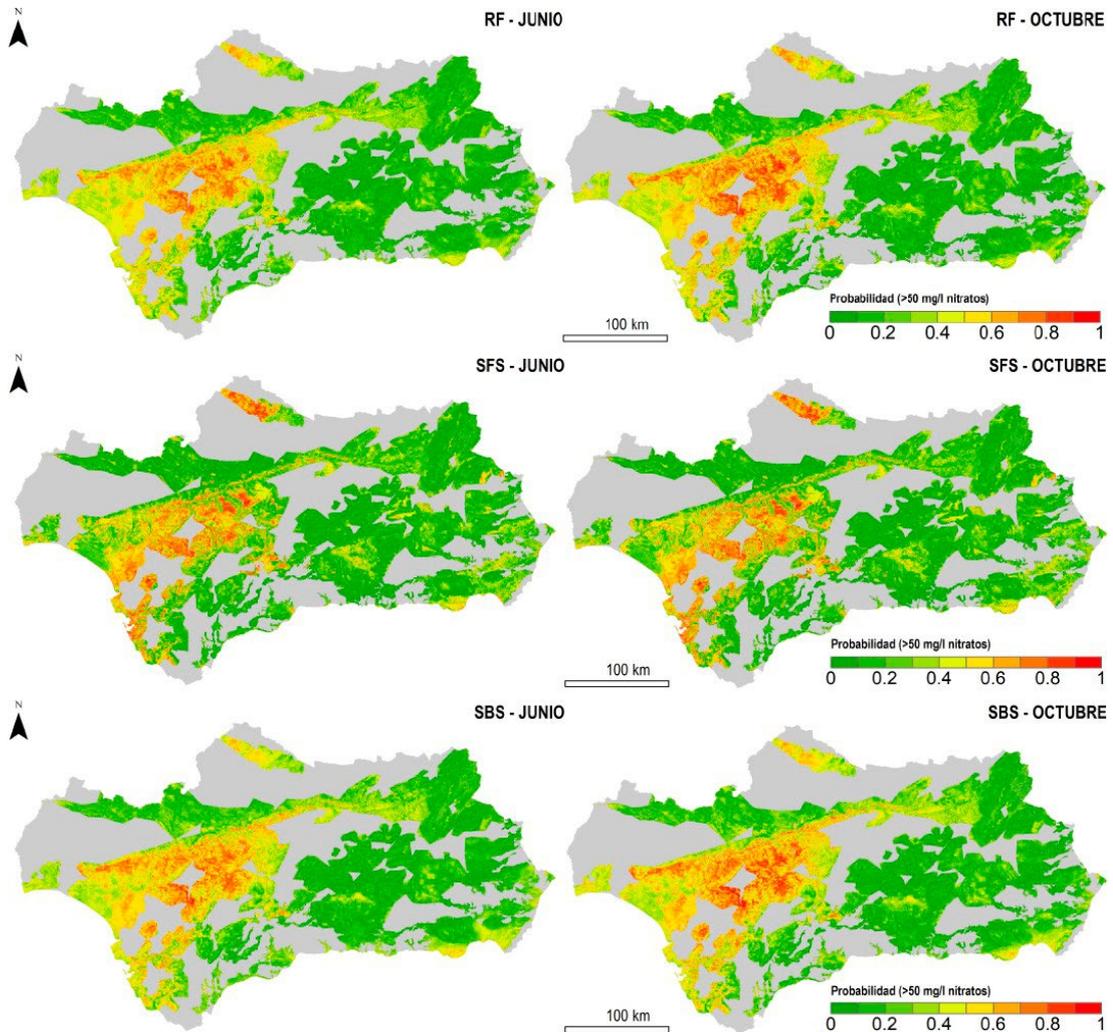
Modelo	N° características	Error clasificaciónVC	Error clasificacióntest fijo	Kappa
RF	44	0,133	0,113	0,731
SFS	6	0,101	0,109	0,743
SFFS	7	0,103	0,109	0,744
SBS	41	0,122	0,102	0,766
SBFS	36	0,106	0,102	0,758

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Predicción espacial para el Periodo 2

Para la predicción espacial se utilizó el modelo obtenido con el conjunto total de características – RF; el modelo más simple – SFS; y el modelo con menor error – SBS. La figura 4 representa la probabilidad de encontrar concentraciones de nitratos >50 mg/l en las masas de agua subterránea.

**Figura 4.** Predicción espacial de la probabilidad de >50 mg/l de nitratos en las masas de agua subterránea de Andalucía en RF, SFS y SBS para el Periodo 2.



Fuente: Elaboración propia.

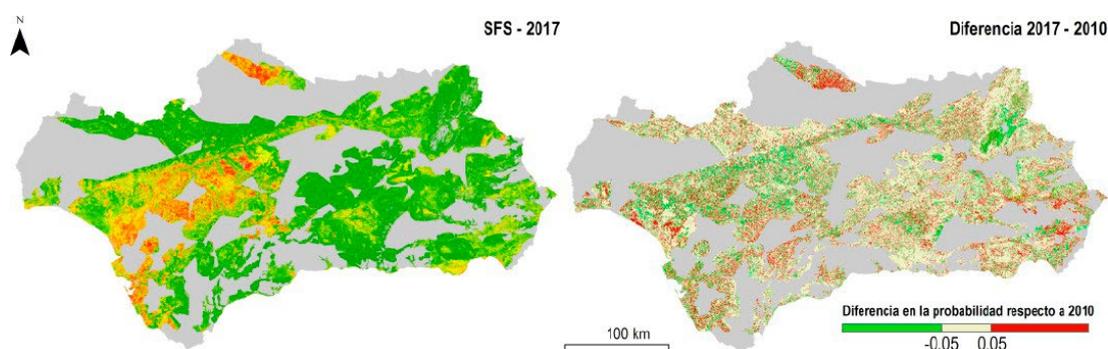
Los resultados muestran que, de forma general, en las áreas en las que existen mayores extensiones de cultivos la probabilidad de encontrar altas concentraciones de nitratos aumentó. Las mayores probabilidades se encontraron sobre todo en las depresiones aluviales de los ríos y las zonas deposicionales en las que la sedimentación es el proceso dominante. Los resultados obtenidos por RF y SBS fueron similares espacialmente, lo que puede deberse al uso de un conjunto de características casi idéntico en la predicción. Sin embargo, la pequeña diferencia en las características utilizadas por RF y SBS convirtieron a este último en el modelo con mayor exactitud. SFS predijo una menor probabilidad de superar grandes concentraciones de nitratos en general, con un 16,45 % del área de las masas de agua subterránea con una probabilidad >0,5 para el mes de octubre, en comparación con RF (20,33 %) y SBS (21,39 %). El gran número de características dinámicas utilizadas favoreció la variabilidad estacional en los modelos de RF y SBS. Así, la probabilidad media para ambos mode-

los fue mayor en octubre (0,30 en RF y SBS) que en junio (0,28 en RF y 0,29 en SBS). SFS no utilizó ninguna característica dinámica en la predicción (p. e. temperatura o precipitación), por lo que la predicción espacial para junio y octubre fue idéntica, con una probabilidad media de 0,25.

### 3.4. Predicción espacial para el Periodo 3 y análisis de cambios

Se utilizó el conjunto de características del Periodo 3 para realizar una predicción espacial con el modelo con el mejor rendimiento resultante del test realizado con las muestras de nitratos del Periodo 2 y el número de características utilizadas. El modelo utilizado para la predicción fue RF con SFS, al ser el que tuvo un mayor rendimiento con el menor número de características y, por tanto, con menor coste computacional. La figura 5 muestra la predicción para el Periodo 3, así como los cambios en la concentración de nitratos entre 2017 y 2010. Se generó una cartografía de tres niveles, en los que los valores superiores a  $-0,05$  e inferiores a  $0,05$  fueron considerados como zonas de estabilidad. En general, la probabilidad se mantuvo estable en 0,25, aunque el área afectada por concentraciones de nitratos superiores a  $50$  mg/l se incrementó al  $16,67\%$ , ligeramente superior al valor del Periodo 2 ( $16,45\%$ ).

Figura 5. Predicción espacial de la probabilidad de  $>50$  mg/l de nitratos en las masas de agua subterránea de Andalucía en SFS para el Periodo 3 y diferencia respecto al Periodo 2.



Leyenda: Izquierda, predicción espacial en SFS para 2017. Derecha, diferencia en la probabilidad en el Periodo 3 respecto del Periodo 2. Las zonas en amarillo indican ausencia significativa de diferencia en la probabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Una de las ventajas de SC es la mejora de la interpretabilidad de los modelos, al seleccionar un conjunto de características más relevante en la clasificación. SFS utilizó 3 características dinámicas: valor de NDVI (índice de vegetación de diferencia normalizada) para el final de la estación de crecimiento; nivel de base del NDVI; y acumulación de efluentes de ganadería en un radio de 1 Km. Las características dinámicas permitieron advertir cambios a escala local. Así, la probabilidad se redujo en aquellas zonas en las que el valor de NDVI para el final de la estación de crecimiento y el nivel de base de la estación de crecimiento eran más elevados respecto al Periodo 2. Estas características se extrajeron de TIMESAT y pueden consultarse en Eklundh & Jönsson

(2017). En otras zonas en las que el NDVI fue ligeramente inferior, se advirtió que los efluentes de ganadería habían aumentado considerablemente respecto del Periodo 2, de forma que podrían influir en el aumento de la concentración de nitratos.

#### 4. DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, las concentraciones elevadas de nitratos en masas de agua subterránea pueden estimarse con el uso de características ambientales extrínsecas a estas. Los análisis predictivos de contaminación por nitratos existentes en la literatura utilizan características hidrológicas como parte de los subconjuntos de características (p.e. Boy-Roura et al., 2013; Motevalli et al., 2019). La compleja medición de parámetros hidrológicos dificulta la capacidad de reproducir la metodología de estos trabajos en entornos más amplios. Knoll et al. (2020) y Ouedraogo et al. (2019) realizaron predicciones de nitratos a escala nacional y continental mediante AML que superan las limitaciones de obtener información hidrogeológica para varias masas de agua. Sin embargo, su aplicabilidad al control y monitorización de nitratos está condicionada por la necesidad de actualización continua de información por parte de las Administraciones. Este trabajo intentó evitar las limitaciones de generar información hidrogeológica actualizada utilizando características ambientales dinámicas para entrenar modelos predictivos multitemporales sensibles a los cambios estacionales en la concentración de nitratos.

De los modelos, se consideró SFS como el modelo con mejor rendimiento, al obtener una tasa de acierto similar a los modelos más exactos con solo 6 características, de las cuales 3 fueron dinámicas. El nivel de base de NDVI y valor de NDVI para el final de la estación se asocian al periodo de menor actividad fotosintética de la vegetación. Los resultados mostraron que la probabilidad de concentraciones elevadas de nitratos en las masas de agua subterránea se relaciona con las zonas en las que el nivel de base y el valor de NDVI del final de la estación es menor. Esto concuerda con Zhao et al. (2020), quienes encontraron una relación negativa entre la lixiviación de nitratos y el aumento del valor de los índices de vegetación en los meses de otoño e invierno, de forma que la lixiviación de nitratos se redujo en las zonas en las que aumentó la biomasa superficial y el nitrógeno de las plantas, como también mostraron Macdonald et al. (2005). Zhao et al. (2020) también relacionó el descenso en la concentración de nitratos en el agua con el aumento del valor de NDVI y el mayor almacenamiento de nitrógeno en las plantas. Las altas concentraciones de nitratos también mostraron una relación positiva con las zonas de alta densidad de estiércol próximas a las explotaciones ganaderas, lo que podría explicarse por el mayor riesgo de lixiviación de nitratos vinculado al mayor uso de fertilizantes (De Notaris et al., 2018).

La probabilidad de contaminación por nitratos tuvo un patrón espacial similar en todos los modelos, mostrando diferencias en regiones concretas. En general, las zonas agrícolas de regadío mostraron una fuerte relación con las concentraciones más elevadas de nitratos, especialmente en el Valle del Guadalquivir y del Guadalete (ver figura 1). Esta tendencia se muestra en trabajos similares para otras regiones agrícolas (p. e. Boy-Roura et al., 2013; Knoll et al., 2019). Otras zonas planas

con importante actividad ganadera también parecieron mostrarse especialmente relacionadas con los nitratos (p. e. Los Pedroches). El análisis de cambios realizado entre 2017 y 2010 mostró un ligero aumento general de la probabilidad, pero un descenso especialmente localizado en las zonas de regadío, el cual podría estar asociado al menor uso de fertilizantes y estiércol en la UE. Esto concuerda con el análisis de la European Commission (2018), que asoció el menor uso de fertilizantes y abonos animales con la mejora de la calidad de las aguas subterráneas para el periodo 2012 – 2015.

## 5. CONCLUSIÓN

Este trabajo evaluó el uso potencial de los algoritmos de RF con SC para el control y monitorización de la contaminación por nitratos en las masas de agua subterránea de Andalucía. La fenología y las características del terreno fueron seleccionadas como las más importantes en el rendimiento de los modelos. La fenología permitió incorporar las características de las series temporales de vegetación, fundamental para medir el efecto de la productividad, extensión y calendario agrícola y su posible relación con la aplicación de fertilizantes nitrogenados. Así, características como el valor de NDVI del final de la estación de crecimiento o el nivel de base de la estación de crecimiento podrían ser una importante fuente de información en la contaminación por nitratos de los recursos hídricos.

RF con métodos de SC consiguió un rendimiento óptimo en el modelado. La generación de predicciones espaciales de gran exactitud para un periodo posterior al periodo de aprendizaje de los modelos podría ser de gran utilidad para el establecimiento de medidas de mitigación, al tener información completa y fiable del estado de las masas de agua subterránea, de acuerdo con las exigencias de la DMA. Los métodos de SC optimizaron los buenos resultados de RF, generando modelos de gran exactitud con un menor conjunto de características. RF con SFS fue el modelo con mejor rendimiento, estimando que el 16,45% del área de las masas de agua subterránea de Andalucía contaban con concentraciones de nitratos superiores al límite legal establecido. La aplicabilidad de esta metodología a otras regiones de la UE podría servir de base para el control de las masas de agua subterránea y el establecimiento de nuevos criterios para identificar tendencias que requieran de la aplicación de medidas de protección y mitigación.

## 6. REFERENCIAS

- BABIKER, I. S., MOHAMED, A. A., TERAQ, H., KATO, K., & OHTA, K. (2004). Assessment of groundwater contamination by nitrate leaching from intensive vegetable cultivation using geographical information system. *Environmental International*, 29, 1009–1017.
- BISCHL, B., LANG, M., KOTTHOFF, L., SCHIFFNER, J., RICHTER, J., STUDERUS, E., CASALICCHIO, G., & JONES, Z. M. (2016). mlr: Machine Learning in R. *Journal of Machine Learning Research*, 17(170), 1–5. <http://jmlr.org/papers/v17/15-066.html>

- BOY-ROURA, M., NOLAN, B. T., MENCIO, A., & MAS-PLA, J. (2013). Regression model for aquifer vulnerability assessment of nitrate pollution in the Osona region (NE Spain). *Journal of Hydrology*, 505, 150–162. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.09.048>
- BREIMAN, L. (ED.). (1998). *Classification and regression trees* ([reimpr.]). Chapman & Hall/CRC Press.
- BREIMAN, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- BUDUMA, N., & LOCASCIO, N. (2017). *Fundamentals of Deep Learning: Designing Next-Generation Machine Intelligence Algorithms* (M. Loukides & S. Cutt (Eds.)). O'Reilly Media.
- CAÑERO, F., & RODRÍGUEZ GALIANO, V. (2019). Mapping organic material and texture fractions of soils in Spain using satellite-derived vegetation phenology. *ESA Living Planet Symposium 2019*.
- CHO, J. C., CHO, H. B., & KIM, S. J. (2000). Heavy contamination of a subsurface aquifer and a stream by livestock wastewater in a stock farming area, Wonju, Korea. *Environmental Pollution*, 109, 137–146.
- DE NOTARIS, C., RASMUSSEN, J., SØRENSEN, P., & OLESEN, J. E. (2018). Nitrogen leaching: A crop rotation perspective on the effect of N surplus, field management and use of catch crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 255, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.009>
- DIXON, B. (2005). Applicability of neuro-fuzzy techniques in predicting ground-water vulnerability: a GIS-based sensitivity analysis. *Journal of Hydrology*, 309(1–4), 17–38. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.11.010>
- DZURELLA, K. N., PETTYGROVE, G. S., FRYJOFF-HUNG, A., HOLLANDER, A., & HARTE, T. (2015). Potential to assess nitrate leaching vulnerability of irrigated cropland. *Journal of Soil and Water Conservation*, 70(1), 63–72. <https://doi.org/10.2489/jswc.70.1.63>
- EKLUNDH, L., & JÖNSSON, P. (2017). *TIMESAT 3.3 with seasonal trend decomposition and parallel processing Software Manual*.
- EUROPEAN COMMISSION. (2018). *Report from the Commission to the council and the European Parliament on the implementation of Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources based on Member State reports for*. [https://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/pdf/nitrates\\_directive\\_implementation\\_report.pdf](https://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/pdf/nitrates_directive_implementation_report.pdf)
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY. (1999). *Groundwater quality and quantity in Europe*. <https://www.eea.europa.eu/publications/groundwater07012000>
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY. (2018). *European waters — Assessment of status and pressures 2018*. <https://doi.org/10.2800/303664>
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY. (2020). *Waterbase - Water Quantity*. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/waterbase-water-quantity-12>
- GOODCHILD, R. G. (1998). EU Policies for the reduction of nitrogen in water: the example of the Nitrates Directive. *Environmental Pollution*, 102(1), 737–740. [https://ac.els-cdn.com/S0269749198801061/1-s2.0-S0269749198801061-main.pdf?\\_tid=6ce70527-1e45-4a50-b5b6-2693755FCC50&ACDNAT=1550515618\\_356DA4B5807798728D656687513C829B](https://ac.els-cdn.com/S0269749198801061/1-s2.0-S0269749198801061-main.pdf?_tid=6ce70527-1e45-4a50-b5b6-2693755FCC50&ACDNAT=1550515618_356DA4B5807798728D656687513C829B)
- GUO, L., CHEHATA, N., MALLETT, C., & BOUKIR, S. (2011). Relevance of airborne lidar and multispectral image data for urban scene classification using Random Forests. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66(1), 56–66. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2010.08.007>
- GUYON, I., & ELISSEEFF, A. (2003). An Introduction to Feature Extraction. In *Feature Extraction* (pp. 1–25). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-35488-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-540-35488-8_1)
- Juntakut, P., Snow, D., Haacker, E., & Ray, C. (2019). The long term effect of agricultural,

- VADOSE ZONE AND CLIMATIC FACTORS ON NITRATE CONTAMINATION IN NEBRASKA'S GROUND-WATER SYSTEM. *JOURNAL OF CONTAMINANT HYDROLOGY*, 220, 33–48.
- KNOLL, L., BREUER, L., & BACH, M. (2019). Large scale prediction of groundwater nitrate concentrations from spatial data using machine learning. *Science of The Total Environment*, 668, 1317–1327.
- KNOLL, LUKAS, BREUER, L., & BACH, M. (2020). Nation-wide estimation of groundwater redox conditions and nitrate concentrations through machine learning. *Environmental Research Letters*, 15(6), 064004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab7d5c>
- KUMAR, R., HESSE, F., RAO, P. S. C., MUSOLFF, A., JAWITZ, J. W., SARRAZIN, F., SAMANIEGO, L., FLECKENSTEIN, J. H., RAKOVEC, O., THOBER, S., & ATTINGER, S. (2020). Strong hydroclimatic controls on vulnerability to subsurface nitrate contamination across Europe. *Nature Communications*, 11(1), 6302. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19955-8>
- MACDONALD, A. J., POULTON, P. R., HOWE, M. T., GOULDING, K. W. T., & POWLSON, D. S. (2005). The use of cover crops in cereal-based cropping systems to control nitrate leaching in SE England. *Plant and Soil*, 273(1–2), 355–373. <https://doi.org/10.1007/s11104-005-0193-3>
- MERCHÁN, D., SANZ, L., ALFARO, A., PÉREZ, I., GOÑI, M., SOLSONA, F., HERNÁNDEZ-GARCÍA, I., PÉREZ, C., & CASALÍ, J. (2020). Irrigation implementation promotes increases in salinity and nitrate concentration in the lower reaches of the Cidacos River (Navarre, Spain). *Science of The Total Environment*, 706, 135701. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135701>
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL. (2011). *Inventario de Emisiones de Gases de efecto Invernadero de España e Información adicional años 1990–2009. Comunicación a la Secretaría del Convenio Marco sobre el Cambio Climático y Protocolo de Kioto. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino S.* <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories/submissions-of-annual-greenhouse-gas-inventories-for-2017/submissions-of-annual-ghg-inventories-2011>
- MOTEVALLI, A., NAGHIBI, S. A., HASHEMI, H., BERNDTSSON, R., PRADHAN, B., & GHOLAMI, V. (2019). INVERSE METHOD USING BOOSTED REGRESSION TREE AND K-NEAREST NEIGHBOR TO QUANTIFY EFFECTS OF POINT AND NON-POINT SOURCE NITRATE POLLUTION IN GROUNDWATER. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 228, 1248–1263. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.JCLEPRO.2019.04.293](https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.04.293)
- NOLAN, B. T., GRONBERG, J. M., FAUNT, C. C., EBERTS, S. M., & BELITZ, K. (2014). Modeling Nitrate at Domestic and Public-Supply Well Depths in the Central Valley, California. *Environmental Science & Technology*, 48(10), 5643–5651. <https://doi.org/10.1021/es405452q>
- OUEDRAOGO, I., DEFOURNY, P., & VANCLOOSTER, M. (2019). Application of random forest regression and comparison of its performance to multiple linear regression in modeling groundwater nitrate concentration at the African continent scale. *Hydrogeology Journal*, 27(3), 1081–1098. <https://doi.org/10.1007/s10040-018-1900-5>
- RODRIGUEZ-GALIANO, V. F., LUQUE-ESPINAR, J. A., CHICA-OLMO, M., & MENDES, M. P. (2018). FEATURE SELECTION APPROACHES FOR PREDICTIVE MODELLING OF GROUNDWATER NITRATE POLLUTION: AN EVALUATION OF FILTERS, EMBEDDED AND WRAPPER METHODS. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*, 624, 661–672. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.SCITOTENV.2017.12.152](https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.12.152)
- RODRIGUEZ-GALIANO, V. F., MENDES, M. P., GARCIA-SOLDADO, M. J., CHICA-OLMO, M., & RIBEIRO, L. (2014). Predictive modeling of groundwater nitrate pollution using Random Forest and multisource variables related to intrinsic and specific vulnerability: A case study in an agricultural setting (Southern Spain). *Science of The Total Environment*, 476–477, 189–206. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.01.001>

- TESORIERO, A. J., GRONBERG, J. A., JUCKEM, P. F., MILLER, M. P., & AUSTIN, B. P. (2017). Predicting redox-sensitive contaminant concentrations in groundwater using random forest classification. *Water Resources Research*, 53(8), 7316–7331. <https://doi.org/10.1002/2016WR020197>
- TULLO, E., FINZI, A., & GUARINO, M. (2019). Review: Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy. *Science of The Total Environment*, 650, 2751–2760. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.018>
- WHEELER, D. C., NOLAN, B. T., FLORY, A. R., DELLAVALLE, C. T., & WARD, M. H. (2015). Modeling groundwater nitrate concentrations in private wells in Iowa. *Science of The Total Environment*, 536, 481–488. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.080>
- ZHAO, J., DE NOTARIS, C., & OLESEN, J. E. (2020). Autumn-based vegetation indices for estimating nitrate leaching during autumn and winter in arable cropping systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 290, 106786. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106786>

# INTRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA MARINA EN LAS ISLAS CANARIAS

## OFFSHORE WIND ENERGY SUITABILITY ANALYSIS FOR THE CANARY ISLANDS

---

Andrej Abramic<sup>1</sup>, Alejandro García<sup>1</sup>, Víctor Cordero-Penín<sup>1</sup>, Ricardo Haroun<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigación en Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (ECOQUA), Parque Científico Tecnológico Marino de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Crta Taliarte s/n, 35214 Telde, España

---

código ORCID para asegurar la correcta atribución del material publicado

### Resumen

Dentro de la transición energética hacia fuentes renovables, la energía eólica marítima se presenta como una importante alternativa por lo que identificar las áreas marinas con mayor potencial para su desarrollo es crucial. Para ello, hemos aplicado una metodología a lo largo de 1.583 km de costa y un área marina de más de 50.000 Km<sup>2</sup> en las Islas Canarias valorando el potencial oceanográfico, la sensibilidad medioambiental, las restricciones asociadas a la existencia de áreas marinas protegidas, interacciones tierra-mar, y la previsión de conflictos con otras actividades costeras y marítimas. Los análisis de idoneidad se realizaron utilizando el recientemente desarrollado sistema de apoyo a las decisiones INDIMAR, que recopila una extensa colección de datos de iniciativas de datos europeas e infraestructuras de datos espaciales locales y regionales. Así, las islas orientales (Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote) presentan mayor potencial para el desarrollo de la eólica marina. Esta herramienta ha resultado de gran utilidad para identificar aquellas zonas más aptas para el desarrollo de la eólica marina tanto desde el punto de vista de las necesidades logísticas, como del emplazamiento físico del sector, o de la conservación de las áreas de mayor valor ecológico.

**Palabras clave:** Energía eólica marina, Marco de datos de planificación marina, Zonificación de energía eólica marina, Islas Canarias, Ordenación espacial marítima.

### Abstract

Offshore wind energy is presented as a centerpiece of the energetic transition to renewable sources. Thus, identifying appropriate marine areas for its development is crucial. In this sense, our methodology, tested along 1.583 km coastline and more than 50.000 marine km<sup>2</sup> off the Canary Islands, identify the most suitable locations for OWE in relation to: the oceanographic potential; the environmental sensibility; restrictions related to marine conservation areas; land-sea interactions; and avoidance of potential conflicts with other current maritime and coastal activities. Suitability analyses were done using a newly developed Decision Support System INDIMAR

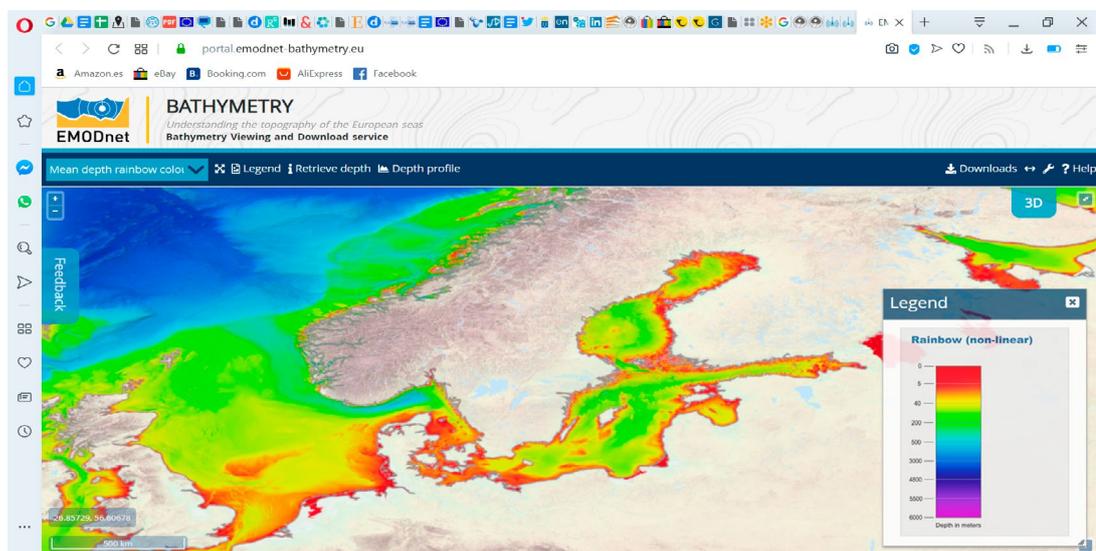
feed with extensive data collection obtained by European data initiatives but also by regional and local spatial data infrastructures. Suitable areas were identified per each island, showing higher potential for the Easter islands (Gran Canaria, Fuerteventura and Lanzarote). INDIMAR has shown its utility to identify the most appropriate zones according not just to the offshore wind energy sector needs, but also considering the physical location requirements, conservation of high ecological value marine areas, and minimization of the conflicts with other maritime and coastal sectors.

**Keywords:** Offshore Wind Energy, Data framework for maritime spatial planning, Zoning offshore wind energy, Canary Islands, Maritime Spatial Planning.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la energía eólica marina (EEM) se inició a principios de los 2000 en Europa principalmente en el Mar del Norte, lo que implicaba requerimientos espaciales nuevos para esas instalaciones de energía renovables. Desde entonces, este nuevo sector emergente, que contó con el apoyo firme de las políticas europeas para lograr alcanzar un 20% del consumo energético a partir de fuentes renovables en 2020, ha ido requiriendo progresivamente la asignación de más espacio marino para su expansión (Akbari et al.2020). El desarrollo del sector de EEM ha ido ligado a las características del Mar del Norte, especialmente la poca profundidad, lo que ha permitido instalar parques eólicos a gran distancia de la línea costera (incluso a 50 millas mar adentro), con vientos más intensos y estables y donde la profundidad no excedía los 50m (Figura 1). Las necesidades de espacio marino de la EEM supusieron conflictos potenciales con otros sectores energéticos (como el petróleo y el gas), y también con sectores tradicionales como la pesca, el transporte marítimo o el turismo costero.

**Figura 1.** Profundidad del medio marino en el Mar del Norte y Mar Báltico



Fuente: Imagen extraída desde EMODnet Bathymetry geoportal

Por ello, el desarrollo de este sector emergente en el norte de Europa, tanto en el Báltico como en el Mar del Norte, ha sido uno de los principales impulsores la ordenación espacial marítima (OEM) como una herramienta fundamental para gestionar, evitar o mitigar conflictos potenciales con otros sectores marítimos previamente establecidos (Spijkerboer et al. 2020). OEM es un proceso que considera y reúne a todas las industrias y actividades que utilizan el océano para asegurar la explotación sostenible de los recursos marinos.

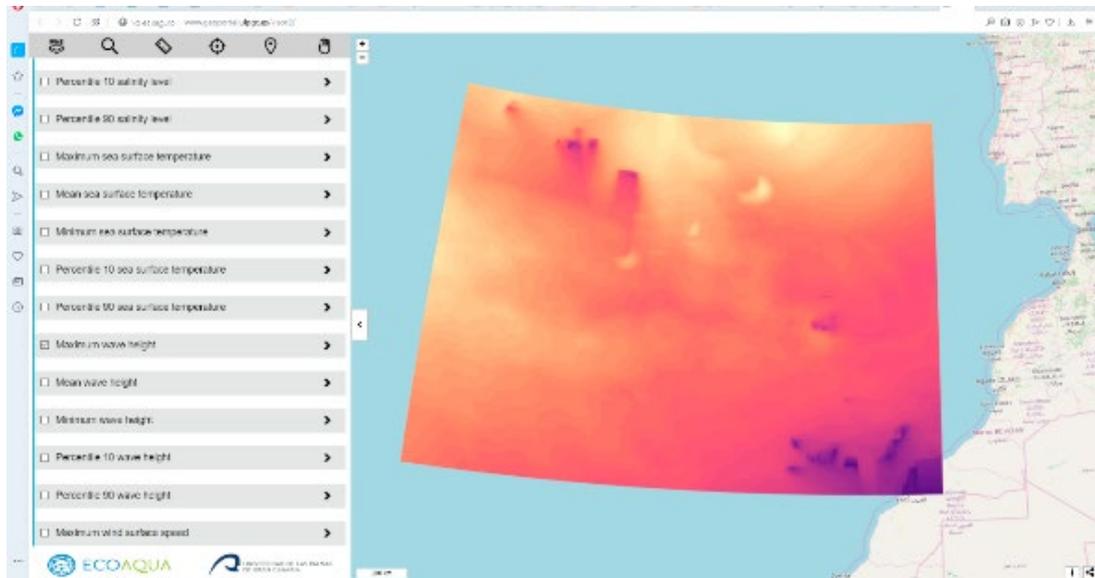
El proyecto PLASMAR (MAC/1.1a/030, 2017-2020) ha sido la primera iniciativa de OEM en Canarias, y se desarrolla además con la participación de socios activos en los archipiélagos de Madeira y Azores. Su objetivo prioritario ha sido el establecimiento de las bases científico-técnicas y la iniciación del proceso de OEM, según las características biogeográficas de la Región Macaronésica, haciendo uso de metodologías científicas robustas con el objetivo de incentivar distintas actividades marítimas desde un enfoque ecosistémico. Con el proyecto PLASMAR se han diseñado herramientas, metodologías y procesos que contribuyen a garantizar un desarrollo sostenible de los sectores marítimos, incluyendo la recopilación de datos científicos de diversas fuentes de información (incluida la literatura gris) para supervisar el impacto que las actividades desarrolladas en el medio ambiente. Finalmente, se están buscando soluciones técnicas innovadoras para conservar el medio marino de la Macaronesia, y, al mismo tiempo, promover el desarrollo de actividades económicas en el medio marino.

En el marco del proyecto se ha desarrollado una nueva metodología de zonificación para la OEM (Abramic et al. 2020). Aplicando esta nueva metodología, con este estudio se han identificado áreas con alto potencial para establecer parques de turbinas eólicas marinas flotantes. Para identificar las áreas adecuadas, se recopilaban los datos siguiendo el marco de datos de OEM (Figura 3), que incluye datos sobre el medio marino, las áreas marinas protegidas (AMPs), datos oceanográficos y de los usos del territorio en el área costera, así como sobre las actividades marítimas ya existentes (UNESCO 2021).

## METODOLOGIA EN COLECCIÓN DE DATOS

La recopilación de datos incluyó datos satelitales sobre la velocidad del viento (Figura 2), las corrientes y las olas (productos de observación obtenidos del servicio Copernicus – Programa Europeo de Observación del Planeta – relativos al monitoreo del entorno marino), combinados con datos de batimetría de las Islas Canarias (elaborados propia de los investigadores del IU-ECOQUA).

**Figura 2.** Velocidad del viento en la Macaronesia obtenidas a partir de observaciones de diferentes satélites. Incluido y accesible en Geoportal de la ULPGC, gestionado por IU-ECOQUA: [www.geoportal.ulpgc](http://www.geoportal.ulpgc).



Fuente: Imagen extraída del Visor de datos creada por proyecto PLASMAR (2018).

*DATASET Mean wind surface speed* accesible por el catalogo y servicios: [http://www.geoportal.ulpgc.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/ES\\_ECOAQUA\\_MSPMD\\_DATASET10259-20191001](http://www.geoportal.ulpgc.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/ES_ECOAQUA_MSPMD_DATASET10259-20191001). Elaboración propia.

Para el análisis de idoneidad, se recopilaban datos sobre hábitats bentónicos (procedentes de Datos Marinos y de los estudios Ecocartográficos de las Islas Canarias y de EMODnet – Red Europea de Observación) que se armonizaron aplicando el modelo de datos *Habitats & Biotopes*, de la Directiva INSPIRE 2007/2/EC (elaboración propia de los investigadores del IU-ECOQUA); datos sobre distribución de especies sensibles como aves y mamíferos marinos (aplicando las bases de datos EUNIS, NATURA 2000 de Agencia Europea de Medio Ambiente); datos sobre grupos tróficos y distribución de poblaciones de peces (modelos de distribución desarrollados aplicando el ECOPATH y ECOSIM desarrollados por GMR & IU-ECOQUA) (Couce Montero et al. 2019); evaluación sobre impacto de ruidos, presión de especies no autóctonas y acumulación de desechos marinos (desarrollado por el Ministerio competente en medio ambiente del Gobierno de España durante el primer ciclo de implementación de la Directiva Marco de Estrategia Marina 2008/56/EC), integridad del fondo marino (producto EMODnet del portal *Habitats*); incluyendo información sobre la extensión y el tipo de áreas marinas protegidas (Base de datos de la red Natura 2000 y la “*Common Database on Designated Areas*” de Agencia Europea de Medio Ambiente). Las interacciones tierra-mar y las actividades humanas en la costa se analizaron utilizando el conjunto de datos CORINE (producto del servicio de monitoreo terrestre Copernicus); y las actividades marítimas se recopilaban a partir de iniciativas de datos regionales canarias (como GRAFCAN), nacionales (como el Instituto Español de Oceanografía) e internacionales (como el portal de actividades humanas de EMODnet).

**Figura 3.** Marco de datos usado en el proyecto PLASMAR para la colección de datos de relevancia para la zonificación de sectores marítimos (incluyendo EEM) y OEM

<b>Marco de datos (PLASMAR MSP data framework)</b>
<b>Potencial oceanográfico</b> -velocidad del viento, corrientes, olas, batimetría ..
<b>Medioambiente marino</b> -estructurado según los criterios de Buen Estado Ambiental de la DMEM
<b>Conservación marina</b> -extensión y tipo de áreas marinas protegidas
<b>Uso de suelo en las zonas costeras</b> -sectores primarios, secundarios...
<b>Sectores marítimos operativos</b> -sectores primarios, secundarios...

Fuente: Elaboración propia.

## METODOLOGIA PARA ANALIZAR LA IDONEIDAD ESPACIAL DE ENERGIA EOLICA MARINA

Los conjuntos de datos recopilados, el conocimiento revisado y las ponderaciones de los parámetros se integraron en el sistema de soporte para la toma de decisiones INDIMAR®, que proporcionó la propuesta de zonificación para los parques EEM.

El soporte para la toma de decisiones INDIMAR® se utilizó para calcular la idoneidad (R) de la ubicación de las instalaciones EEM, clasificadas de 0 a 10, donde R = 0 significa ubicación absolutamente inadecuada y R = 10 es el sitio más apropiado. La idoneidad (R) se calcula para cada celda, como una suma de los pesos de los parámetros y la suma de las contribuciones de los parámetros:

$$R = \sum pWi * CVi$$

Donde la contribución (CV) puede ser positiva (1), neutra (0) o negativa (-1), excluyendo (R = 0), con la condición de que:

$$\Sigma pWi = 100$$

Después de la inclusión de datos para los parámetros relevantes para las instalaciones de EEM, se aplicó INDIMAR® para el análisis de:

1. Potencial de EEM relacionado con los parámetros de oceanografía;
2. Idoneidad basada en la sensibilidad ambiental, según DMEM y BEA;
3. Posible combinación / exclusión de instalaciones EEM dentro de AMP;
4. Interacción tierra-mar, evitando conflictos y buscando la compatibilidad con las actividades terrestres en las zonas costeras;
5. Identificar áreas adecuadas, incluido el uso compartido y evitar conflictos con las actividades marítimas existentes.

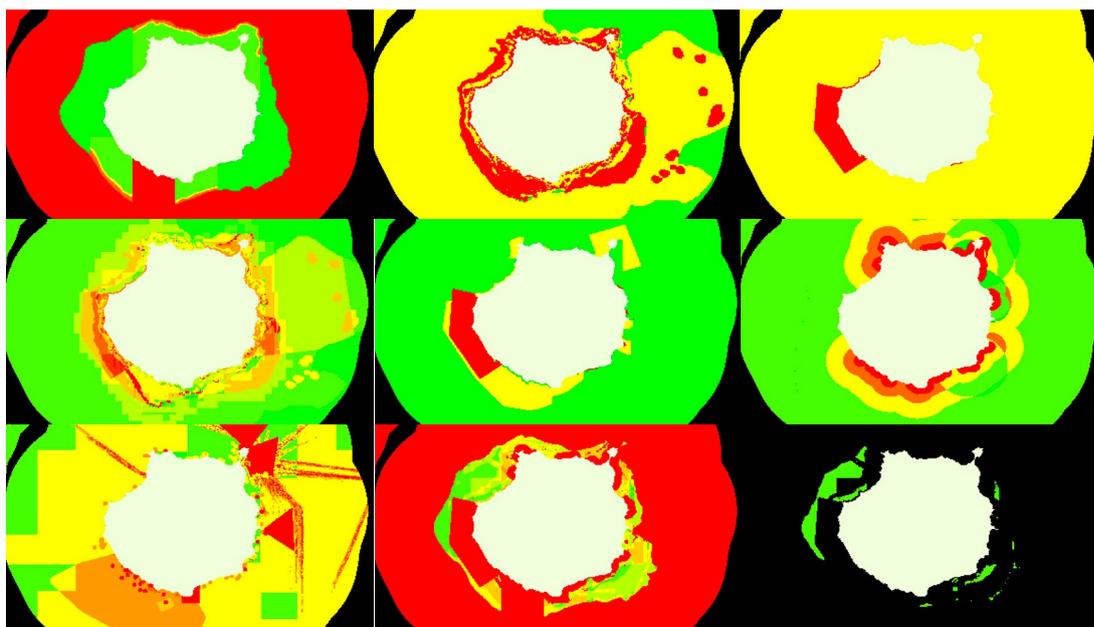
El resultado final fue una superposición de los cinco análisis de idoneidad de los conglomerados anteriores, aplicando todos los criterios utilizados anteriormente para encontrar las ubicaciones más adecuadas para las instalaciones de EEM en Canarias.

Aun así, uno de los temas más difíciles de abordar dentro de este estudio fue determinar los pesos, es decir, la importancia de cada parámetro incluido en la aplicación INDIMAR®. Aunque analizamos la relación de cada parámetro con el sector EEM, esto no respondió a la pregunta de qué grupo tendría más importancia, ni ayudó a definir los pesos exactos de los parámetros. Para resolver este problema, adoptamos el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), una técnica utilizada en ingeniería para resolver problemas complejos, incluida la planificación espacial para proyectos de energía renovable (Saaty 1977; Saaty 2008; Shinoda et al 2018; Emeksiz & Demirci 2019).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema consideró el potencial económico de la EEM, aplicando los datos del sistema COPERNICUS: velocidad de viento (Costoya et. al 2020; Emeksiz & Demirci 2019) y batimetría (Zountouridou et al. 2015; Argin et al. 2019; Surisetty et al. 2020). La idoneidad en relación del medioambiente marino se ha analizado considerando la biodiversidad, ecosistemas marinos, recursos pesqueros, contaminación, eutrofización, integridad de los fondos marinos y las presiones actuales (ruido y desechos marinos) según los criterios de BEA de la DMEM. La revisión del BEA respecto de la EEM está incluida en un informe técnico que incorpora más de 200 referencias académicas analizadas por los investigadores del proyecto PLASMAR (Abramic et al 2018). Además, se han considerado las medidas de conservación actuales de las áreas marinas presentes en el área de estudio identificando (in)compatibilidades con la EEM (Ashley et al., 2018). También se ha incorporado la compatibilidad de las interacciones tierra-mar analizando los usos del suelo presentes en el litoral respecto a la instalaciones de EEM en el área marina cercana (Kim et al. 2018; Broek et al. 2019; Argin et al.2019). Finalmente, se han analizado los posibles conflictos entre los sectores marítimos existentes (Calado & Bentz2013; Herrera et al.2019; Noble et al. 2019) (Figura 4).

**Figura 4.** Análisis para la introducción de la energía eólica marina en Gran Canaria, donde color verde presenta espacio idóneo, y color rojo espacio no adecuado. De izquierda a derecha y de arriba abajo se visualiza el potencial en base a datos de: viento y profundidad; idoneidad de hábitats bentónicos; restricciones debido a la distribución de las aves marinas; idoneidad en relación del Buen Estado Ambiental; análisis en relación a áreas marinas protegidas; idoneidad en relación de uso de suelo en zonas costeras; idoneidad en relación a actividades marítimas actuales; superposición de todos los análisis; zonas más adecuadas para parques de energía eólica offshore.



Fuente: Análisis creadas por proyecto PLASMAR. Elaboración propia.

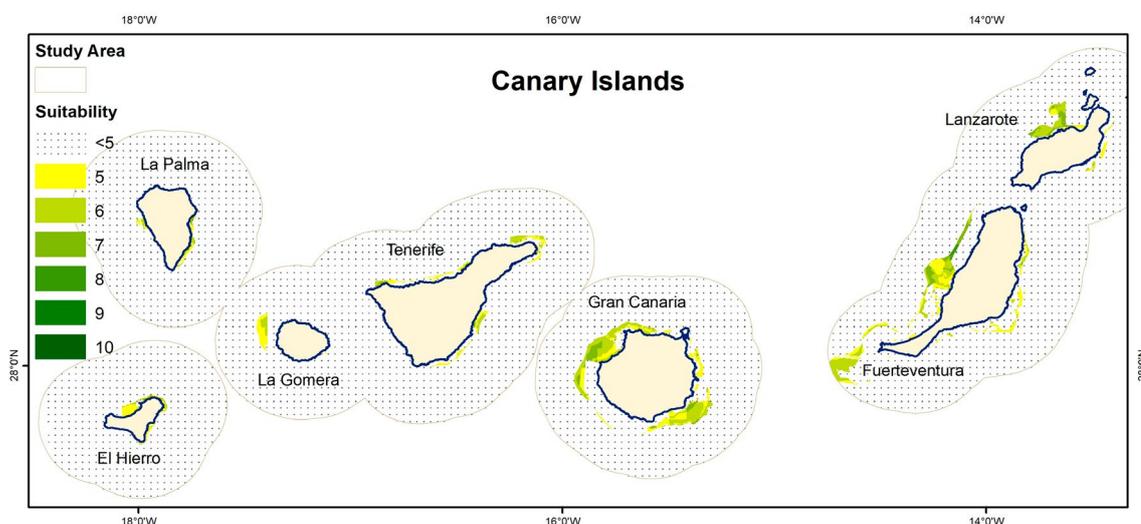
Para finalizar el análisis de idoneidad de EEM, superpusimos los cinco análisis, aplicando la importancia (ponderación) de cada parámetro considerado. El perfil de ponderaciones o pesos de los parámetros se obtuvo mediante comparaciones por pares realizadas por el grupo de expertos involucrados en el proyecto PLASMAR. Este análisis identificó las áreas potenciales más aptas para la instalación de EEM en cada una de las islas Canarias (Figura 5), favoreciendo la introducción de manera sostenible de un nuevo sector marítimo en el espacio marino del Archipiélago Canario.

Estas localizaciones se delimitaron mediante un método de zonificación integrado basado en el conocimiento científico actual y en la mejor información y datos disponibles incluyendo componentes tanto ambientales, económicas y sociales requeridas para promover la aplicación del enfoque ecosistémico en la planificación de más de 1580 km de costa y las aguas costeras hasta 30 Km mar adentro para todo el archipiélago canario.

INDIMAR® se ha diseñado de manera que la zonificación resultante pueda actualizarse fácilmente conforme se generen nuevos datos que permitan proporcionar resultados más precisos. Sin embargo, dado que el estudio abarca un área tan extensa y se basa en la información disponible, los resultados deberán revisarse para verificar que todas las áreas identificadas responden a la realidad y efectivamente son adecuadas para la instalación de EEM. Con todo, la identificación de estas áreas supone un ejercicio valioso para promover la participación de las partes interesadas (sector pesquero, sector turístico, transporte marítimo, etc.) en el marco del proceso actual de

OEM y un punto de partida técnico repetible con el resto de sectores marítimos para conformar la OEM final de Canarias. De esta manera, esta metodología supone un gran apoyo para que los procesos de OEM consigan tanto incorporar nuevos sectores marítimos como la EEM, como ordenar los sectores tradicionales existentes minimizando la aparición de conflictos potenciales y daños al medio marino a la vez que se fomenta la sostenibilidad económica y social.

**Figura 5.** Localización de áreas de energía eólica marina identificadas aplicando metodología de zonificación para todo el archipiélago Canario.



Fuente: Análisis creada por proyecto PLASMAR. Elaboración propia.

El método también se puede aplicar a otros lugares del mundo, incluyendo otros archipiélagos de la Macaronesia, el Océano Atlántico u otras cuencas marinas europeas, y se ha aplicado para otros sectores marítimos, como la acuicultura o la extracción de áridos (Abramic et al.2020a).

## CONCLUSIONES

La herramienta DSS INDIMAR desarrollada junto con la metodología aplicando PAJ para ponderar significado de los parámetros es útil para introducir instalaciones EEM en el espacio marino, con el objetivo de aplicar la menor cantidad de compensaciones posibles.

Estudio finalizado para el caso de las Islas Canarias, se encontró que era ventajoso para el análisis de otros archipiélagos potenciales, sistemas costeros extendidos y áreas cercanas a la costa.

Al analizar los resultados obtenidos, es evidente que el modelo INDIMAR® proporciona resultados avanzados si se alimenta adecuadamente con datos e información agregada, siguiendo un marco de datos establecido.

Para analizar la idoneidad de la EEM, es necesario recopilar información espacial esencial siguiendo el marco propuesto sobre cinco grupos de datos: oceanográfico;

de sensibilidad ambiental; de restricciones relacionadas con la conservación marina; sobre el uso del suelo en las zonas costeras; y sobre los sectores marítimos operativos.

Publicación realizada dentro del Programa de Cooperación INTERREG V-A España-Portugal MAC 2014-2020, proyecto PLASMAR (MAC/1.1a/030), proyecto PLASMAR+ (MAC2/1.1a/347)

## REFERENCIAS

- ABRAMIC, A. GARCIA MENDOZA, N. NOGUEIRA, C. ANDRADE, M. MAGALHÃES, D. SHINODA, R. HAROUN. ZONING PROPOSAL FOR MACARONESIA. OFFSHORE WIND ENERGY, AQUACULTURE AND SAND EXTRACTION. (2020A). Public Report prepared as part of PLASMAR Project (co-financed by ERDF as part of POMAC 2014-2020). 51 pp. Available on the website [www.plasmar.eu](http://www.plasmar.eu), product section.
- ABRAMIC, A; NORTON, C; HAROUN, R. 2018. FINDING THE BALANCE OF BLUE GROWTH SUSTAINABLE DEVELOPMENT WITHIN ECOSYSTEM APPROACH (2.1.1 C&D). Analysis of the Offshore Wind Industry in Macaronesia under MSFD. University of Las Palmas de Gran Canaria; Dublin Institute of Technology. Report prepared as part of the PLASMAR Project (co-financed by ERDF as part of POMAC 2014-2020). IU-ECOQUA, Univ. Las Palmas de Gran Canaria. 59 pp. <http://hdl.handle.net/10553/56280>
- ABRAMIC, D. SHINODA, M. MAGALHÃES, A. GARCÍA MENDOZA, R. HAROUN. (2020). Activity 2.1.2. Pilot Zoning - Developed Methodology. Technical Report made inside the PLASMAR Project, [www.plasmar.eu](http://www.plasmar.eu) (POMAC 2014-2020 co-financed by ERDF). 15 pp. Available on the website [www.plasmar.eu](http://www.plasmar.eu), product section.
- AKBARI, N., JONES, D., & TRELOAR, R. (2020). A cross-European efficiency assessment of offshore wind farms: A DEA approach. *Renewable Energy*, 151, 1186-1195. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2019.11.130>
- ARGIN, M., YERCI, V., ERDOGAN, N., KUCUKSARI, S., & CALI, U. (2019). Exploring the offshore wind energy potential of Turkey based on multi-criteria site selection. *Energy Strategy Reviews*, 23, 33-46. <https://doi.org/10.1016/J.ESR.2018.12.005>
- ARGIN, M., YERCI, V., ERDOGAN, N., KUCUKSARI, S., & CALI, U. (2019). Exploring the offshore wind energy potential of Turkey based on multi-criteria site selection. *Energy Strategy Reviews*, 23, 33-46. <https://doi.org/10.1016/J.ESR.2018.12.005>
- ASHLEY, M., AUSTEN, M., RODWELL, L., & MANGI, S. C. (2018). Co-locating offshore wind farms and marine protected areas. In *Offshore Energy and Marine Spatial Planning* (pp. 246-259). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315666877-14>
- CALADO, H., & BENTZ, J. (2013). The Portuguese maritime spatial plan. *Marine Policy*, 42, 325-333. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOL.2013.03.014>
- COPERNICUS LAND MONITORING SERVICE (2020). Retrieved from <https://land.copernicus.eu>
- COPERNICUS MARINE SERVICE (2020). Retrieved from <https://marine.copernicus.eu>
- COSTOYA, X., DECASTRO, M., CARVALHO, D., & GÓMEZ-GESTEIRA, M. (2020). On the suitability of offshore wind energy resource in the United States of America for the 21st century. *Applied Energy*, 262, 114537. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2020.114537>
- COUCE MONTERO, L., CHRISTENSEN, V., BILBAO SIEYRO, A., GONZÁLEZ, Y. P., JIMÉNEZ-ALVARADO, D., & CASTRO, J. J. (2019). Temporal and spatial predictions of effect of alternative fishing policies for the Gran Canaria marine ecosystem. *Journal of Fish Biology*, 94(6), jfb.14012. <https://doi.org/10.1111/jfb.14012>

- EMEKSIZ, C., & DEMIRCI, B. (2019). The determination of offshore wind energy potential of Turkey by using novelty hybrid site selection method. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 36, 100562. <https://doi.org/10.1016/J.SETA.2019.100562>
- EMEKSIZ, C., & DEMIRCI, B. (2019). The determination of offshore wind energy potential of Turkey by using novelty hybrid site selection method. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 36, 100562. <https://doi.org/10.1016/J.SETA.2019.100562>
- EMODNET, BATHYMETRY PORTAL (2020). Retrieved from <https://www.emodnet-bathymetry.eu>
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2020). Retrieved from <https://www.eea.europa.eu>
- HERRERA RIVERO I, CAÑA VARONA M, RODRIGUEZ J, TELLO O, GONZALEZ-GIL S, JIMENEZ S, HAROUN TABRAUE R. (2019). 2º Taller del proyecto Macaronesian Maritime Spatial Planning (MarSP) Planificación Espacial Marina en las islas Canarias. Deliverable - D.2.2. Canarias, under the WP2 of MarSP: Macaronesian Maritime Spatial Planning project (GA nº EASME/EMFF/2016/1.2.1.6/03/SI2.763106)
- KIM, C.-K., JANG, S., & KIM, T. Y. (2018). Site selection for offshore wind farms in the southwest coast of South Korea. *Renewable Energy*, 120, 151–162. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2017.12.081>
- NOBLE, M. M., HARASTI, D., PITTOCK, J., & DORAN, B. (2019). Understanding the spatial diversity of social uses, dynamics, and conflicts in marine spatial planning. *Journal of Environmental Management*, 246, 929–940. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2019.06.048>
- SAATY, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234–281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- SAATY, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- SHINODA, DEBORAH; CALADO, HELENA; VERGÍLIO, MARTA; KRAMEL, DIOGO; CAÑA VARONA, MARIO. (2018). Identification of Areas for Blue Growth: Detailed MCDA Draft Methodology. University of Azores. Report prepared as part of PLASMAR Project (co-financed by ERDF as part of POMAC 2014–2020). 30 pp.
- SPIJKERBOER, R. C., ZUIDEMA, C., BUSSCHER, T., & ARTS, J. (2020). The performance of marine spatial planning in coordinating offshore wind energy with other sea-uses: The case of the Dutch North Sea. *Marine Policy*, 115, 103860. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOL.2020.103860>
- BROEK, M. A. J., VELDMAN, J., FAZI, S., & GREIJIDANUS, R. (2019). Evaluating resource sharing for offshore wind farm maintenance: The case of jack-up vessels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 109, 619–632. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2019.03.055>
- UNESCO/IOC. (2021). MSPglobal Policy Brief: Identifying Existing and Future Conditions in Marine Spatial Planning. Paris, UNESCO. (IOC Policy Brief no 1)
- ZOUNTOURIDOU, E. I., KIOKES, G. C., CHAKALIS, S., GEORGILAKIS, P. S., & HATZIARGYRIOU, N. D. (2015). Offshore floating wind parks in the deep waters of Mediterranean Sea. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 433–448. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.027>

# INDIMAR®, HERRAMIENTA WEB DE SOPORTE A LA TOMA DE DECISIONES EN ORDENACIÓN ESPACIAL MARINA

## INDIMAR®, WEB DECISION SUPPORT TOOL IN MARINE SPATIAL PLANNING

---

Alejandro García Mendoza<sup>1</sup>, Andrej Abramic<sup>1</sup>, Yaiza Fernández-Palacios<sup>1</sup>, Ricardo Haroun<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Universitario de Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOQUA), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Parque Científico y Tecnológico Marino de la ULPGC, Ctra. de Taliarte s/n, 35214 Telde, España

---

### Resumen

La Directiva 2014/89/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 julio de 2014 y, en el caso de España su transposición a través del Real Decreto 367/2017, de 8 de abril 2017, establecen el marco legal para los planes de ordenación marina. En estos planes se determinará la distribución espacial y temporal de las correspondientes actividades y usos, existentes y futuros, teniendo en cuenta el crecimiento sostenible de las economías marítimas, el desarrollo sostenible de los espacios marinos y el aprovechamiento sostenible de los recursos marinos. Como parte de las actividades del proyecto PLASMAR, los investigadores del Instituto Universitario ECOQUA (IU-ECOQUA) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, han desarrollado la herramienta INDIMAR® (INDIMAR Geoportal de IU-ECOQUA, 2021), cuyo objetivo es el de servir de soporte científico-técnico a la toma de decisiones a todas las partes implicadas en el proceso de ordenación espacial marina.

**Palabras clave:** Ordenación espacial marina, INDIMAR, sistema soporte decisiones, PLASMAR, ECOQUA, ULPGC

### Abstract

Directive 2014/89/EU of the European Parliament and of the Council, of 23 July 2014 and, in the case of Spain its transposition through Royal Decree 367/2017, of 8 April 2017, establish the legal framework for marine management plans. These plans will determine the spatial and temporal distribution of the corresponding activities and uses, existing and future, taking into account the sustainable growth of maritime economies, the sustainable development of marine spaces and the sustainable use of marine resources. As part of the activities of the PLASMAR project, the researchers of the ECOQUA University Institute (IU-ECOQUA) of the University of Las Palmas de Gran Canaria, have developed the INDIMAR® tool (INDIMAR Geoportal de IU-ECOQUA, 2021), whose objective is to serve as a scientific-technical support for decision-making by all parties involved in the process of marine spatial planning.

**Keywords:** Marine spatial planning, INDIMAR, decision support system, PLAMAR, ECOQUA, ULPGC

## 1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Uno de los objetivos específicos del proyecto PLASMAR ha consistido en la identificación de áreas apropiadas para el potencial desarrollo de actividades vinculadas al Crecimiento Azul en el marco de un enfoque ecosistémico. Para ello, el equipo de ECOAQUA empezó a plantearse en qué medida los parámetros medioambientales influían en la identificación de las áreas adecuadas para el desarrollo de las distintas actividades marinas analizadas en PLASMAR (acuicultura, energía off-shore, transporte, pesca, extracción de áridos y turismo). Dada la gran cantidad de información recopilada y la existencia de distintos formatos, fue necesario simplificar tanto la información de partida como de los resultados esperados. A estos condicionantes se une el hecho de tratar de mantener la filosofía practicada dentro del IU-ECOAQUA en general, y del proyecto PLASMAR en particular, de compartir y difundir públicamente datos y resultados producto de todas sus actividades. Con todo ello, hemos diseñado una primera versión de INDIMAR® con las siguientes características:

- **Definición del área de trabajo.** Con el objetivo de simplificar y normalizar todos los datos de entrada, se diseñó una malla regular de celdas cuadradas de 10 segundos de arco de lado (280 metros aprox.) que garantiza la suficiente resolución espacial sin comprometer excesivamente la velocidad de cálculo. Cada celda tiene un identificador propio y ha de contener todos los valores de cada uno de los parámetros que se definan. Se desecharán las celdas que estén ocupadas totalmente por partes terrestres con el fin de aligerar las consultas.
- **Limitación del área de trabajo.** Si bien la idea original era que el área de trabajo ocupara la totalidad de las zonas identificadas por cada región para su ordenación espacial marina (zonas económicas exclusivas en caso de Madeira y Azores y demarcación marina en caso de Canarias), se comprobó que la variabilidad y calidad de los datos decrecía a medida que aumentaba la distancia a la costa. Este hecho unido a que la mayoría de los usos y actividades marinas están concentrados en las zonas cercanas a la costa, hizo que se limitara el área de trabajo a los primeros 30 kilómetros desde la costa, pudiendo así mantener un equilibrio entre la resolución espacial definida en el punto anterior y la cantidad final de celdas a calcular.
- **Definición de parámetros o indicadores.** Para poder identificar las áreas idóneas para el desarrollo de actividades se tenía que identificar qué aspectos físicos, ambientales, económicos y/o humanos son relevantes o pueden ejercer algún tipo de limitación para el desarrollo de dicha actividad. Esto se hizo por medio de parámetros o indicadores que la herramienta muestra en un panel junto con los posibles valores que puedan tomar.
- **Simplificación del resultado.** El proceso de identificación de áreas debía tener un resultado claro y directo. Teniendo en cuenta todos los indicadores definidos y sus valores, el resultado varía entre una puntuación de cero a diez calculada para cada una de las celdas que, a su vez, se muestran en un mapa con un código de colores desde el rojo hasta el verde.
- **Difusión.** Con el objetivo de poner la herramienta al alcance del máximo número de personas y de la forma más sencilla posible, se decidió que el desarrollo

de INDIMAR® se hiciese mediante una aplicación web. Esto permite el acceso a la última versión, tanto de la herramienta como de los datos disponibles, de forma inmediata desde un navegador estándar sin necesidad de ningún tipo de instalación de software y siendo compatible con cualquier sistema operativo.

## 2. LA LISTA DE INDICADORES Y LA RELACIÓN ENTRE ELLOS

A la vista de los conjuntos de datos recopilados, se encontraron dos tipos de indicadores. Los primeros hacen referencia a parámetros con valores numéricos y que se pueden definir mediante rangos, como por ejemplo la profundidad, salinidad, distancia a la costa, etc. El segundo tipo de indicadores contienen valores que se recogen en una lista, como, por ejemplo, los nombres de los hábitats de un área, los tipos de protección, las especies de mamíferos presentes, etc.

Para poder organizar mejor los indicadores, se establecieron cinco grupos (clústeres), siguiendo un marco de datos específicos para la ordenación espacial marítima desarrollado por el proyecto PLASMAR:

- Indicadores del buen estado medioambiental basados en la lista especificada en la Directiva Marco de Estrategia Marina (MITECO, 2021).
- Indicadores relacionados con las áreas marinas protegidas, de acuerdo con las distintas figuras de protección reconocidas por las autoridades medioambientales europeas.
- Indicadores del uso de suelo en la costa, en caso de la Macaronesia se han utilizado datos disponibles a través del programa europeo CORINE (CLC-Copernicus program, 2021).
- Indicadores oceanográficos, relativos a mediciones del medio físico tales como salinidad, temperatura, profundidad, etc.
- Indicadores de actividades marítimas donde se recogen los usos humanos de las distintas áreas, tales como pesca, deportes náuticos, acuicultura, etc.

El siguiente paso para poder definir áreas propicias para cada actividad, ha sido estudiar la naturaleza de la relación entre cada uno de los indicadores y cada una de las actividades. En la medida que los indicadores pueden afectar a las actividades y, a su vez, las actividades pueden afectar a los indicadores, se estableció el siguiente criterio:

- Para los indicadores incluidos en los grupos de buen estado ambiental y áreas marinas protegidas se analizó el efecto de las actividades en los indicadores, por ejemplo, el efecto de la acuicultura en los hábitats, el efecto de la pesca en las áreas protegidas, etc.
- Para los indicadores incluidos en los grupos de usos del suelo, oceanografía y actividades marítimas se analizó el efecto de los indicadores en las actividades, como, por ejemplo, cómo afecta la temperatura del agua a la acuicultura, la profundidad a la extracción de áridos, la velocidad del viento a la energía off-shore, etc.

Todas estas relaciones se han recogido en tablas, una por actividad, donde se han ido especificando las relaciones de los indicadores con las actividades (y viceversa), el tipo de relación (negativa o positiva) y el nivel de afección (alto, medio o bajo).

Una vez obtenidas las relaciones, se pasó a definir numéricamente la importancia relativa de cada uno de los indicadores mediante un valor que, en la herramienta INDIMAR<sup>®</sup>, se ha denominado peso. Dicho peso, una vez normalizado a 100, indica el porcentaje de influencia que tiene cada uno de los indicadores a la hora de calcular el índice de idoneidad de cada una de las actividades en cada una de las celdas. Por ejemplo, el valor de la profundidad puede ser muy relevante a la hora de desarrollar una actividad como la acuicultura y menos relevante en el caso de la energía off-shore.

Para facilitar la definición de estos valores se ha diseñado un formulario basado en el método de decisión multicriterio siguiendo un proceso analítico jerárquico (K.D. Goepel, 2013) y adaptado por la Universidad de Azores para el proyecto PLASMAR. El formulario ha sido facilitado a expertos de cada una de las actividades analizadas y consiste en la comparación por pares de cada uno de los indicadores de cada grupo más la comparación de cada grupo de indicadores entre sí, dando lugar a una tabla con valores de pesos. Hay que tener en cuenta que, en algunos casos, se han valorado los pesos correspondientes a indicadores de los cuales no hay datos disponibles.

Por otro lado, aunque la estructura de los indicadores se ha tratado de mantener entre los archipiélagos, la cantidad o naturaleza de los datos recopilados ha hecho que el número de indicadores disponibles en cada uno de ellos sea diferente.

### 3. EL PROCESO DE ESTUDIO DE UN ÁREA

El uso de la herramienta INDIMAR<sup>®</sup> comienza con la elección de la zona geográfica en la que se va a hacer el estudio (Figura 1). A continuación, hay que seleccionar el área de estudio y se accede al panel de indicadores (Figura 2) donde se observan las cinco pestañas correspondientes a los grupos de indicadores más una pestaña con los controles de las funciones de la aplicación.

En la lista de indicadores se pueden encontrar los dos tipos definidos anteriormente:

- **Indicadores con valor numérico** (Figura 3). En este tipo de indicadores se pueden definir tanto el número de rangos como sus límites, según el criterio del usuario. Además, para cada uno de los rangos se puede definir el tipo de relación o contribución del indicador en ese rango con la actividad estudiada. Se han establecido cuatro tipos identificados por colores en la interfaz de la herramienta:
  - Verde (contribución positiva). El peso asignado al indicador suma a la hora del cálculo del índice final, es decir, el valor del indicador incluido en el rango es favorable para la actividad estudiada, por lo que cualquier celda que tenga ese valor sumará el peso de ese indicador.
  - Amarillo (contribución neutra). El peso asignado al indicador no se tendrá en cuenta en las celdas que contengan valores en un rango señalado en amarillo.
  - Naranja (contribución negativa). El peso asignado al indicador resta a la hora del cálculo del índice final, es decir, el valor del indicador incluido en el rango es

desfavorable para la actividad estudiada, por lo que cualquier celda que tenga ese valor restará el peso de ese indicador.

- o Rojo (bloqueo de la actividad). Las celdas que en el indicador tengan un valor incluido en un rango señalado con este color, quedarán bloqueadas y su índice de idoneidad será establecido directamente a cero, independientemente de los valores que puedan tomar el resto de los indicadores. Un ejemplo de este uso puede ser en el caso del estudio de áreas para extracción de arena, en el que las celdas que en el indicador de tipo de sustrato tengan un valor de “rocas” quedarían excluidas independientemente de que el resto de los indicadores sean favorables.

- **Indicadores con lista de valores** (Figura 4). En el panel se desplegará una lista con cada uno de los valores que puede tomar ese indicador. A cada uno de estos valores se le puede definir un comportamiento siguiendo las reglas de colores descritas antes.

En la primera de las pestañas del panel se encuentra la pestaña de inicio (Figura 5) en la que se muestra el resumen de los datos manejados en ese momento por la herramienta y se puede acceder a varios controles. El panel no se muestra totalmente operativo hasta que la suma de pesos es igual a 100 y se procede al cálculo del índice de idoneidad. De arriba a abajo, se encuentran las siguientes partes:

- **Resumen de indicadores.** Aquí se muestran el número total de indicadores definidos y se especifica en cuántos de ellos se dispone de datos.
- **Resumen de celdas.** Número de celdas del área de estudio actual. También se puede habilitar que se muestre el valor que toma cada indicador en cada celda cuando el puntero pase sobre ella.
- **Resumen del indicador de idoneidad.** La herramienta calcula el índice mínimo y máximo según la configuración y el área actual. En el caso de que los valores obtenidos se concentren demasiado alrededor de la media, se puede habilitar extender los valores del índice de 0 a 10. En la leyenda de colores también se muestra un resumen con todos los valores de índice, el color asignado en el mapa y el número de celdas que han obtenido ese valor.
- **Resumen de pesos.** Aquí se muestra la suma de pesos y un resumen por grupos de indicadores. El botón de inicio del cálculo no se muestra hasta que los pesos sumen 100. Con el control de mantener peso, se permite señalar otra área de estudio manteniendo la configuración actual de pesos, rangos, comportamientos, etc. Por último, se muestra un resumen de los indicadores que están interviniendo en el cálculo de índice con una estimación de valor máximo que puede tomar.
- **Perfiles.** Un perfil es una configuración de pesos, rangos y comportamientos en un área determinada. Los perfiles se pueden guardar en el equipo del usuario y volver a cargar posteriormente. También se permite descargar la información espacial y sus atributos en formato GeoJSON de uso común en muchas aplicaciones de sistemas de información geográfica.
- **Mapa regional.** Se puede hacer un mapa de una región completa de acuerdo con la configuración que se tenga en ese momento. Debido al enorme volumen de cálculo que conlleva, esta opción está temporalmente restringida.

#### 4. RESUMEN DE DATOS Y CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de la herramienta se han manejado gran cantidad de datos, procedentes de numerosas fuentes y obtenidos en diversos formatos, por lo que se ha hecho un importante esfuerzo en la normalización de los datos y en la introducción de los mismos en cada una de las celdas que componen la base cartográfica de INDIMAR®. En la Tabla 1 se muestra un resumen de contenido de la herramienta.

**Tabla 1.** Resumen de datos obtenidos

	Madeira	Azores	Canarias
N° de celdas	165 554	496 648	629 740
Superficie abarcada km2	13 262	38 352	52 456
Indicadores definidos	93	93	100
Indicadores disponibles	37	40	94

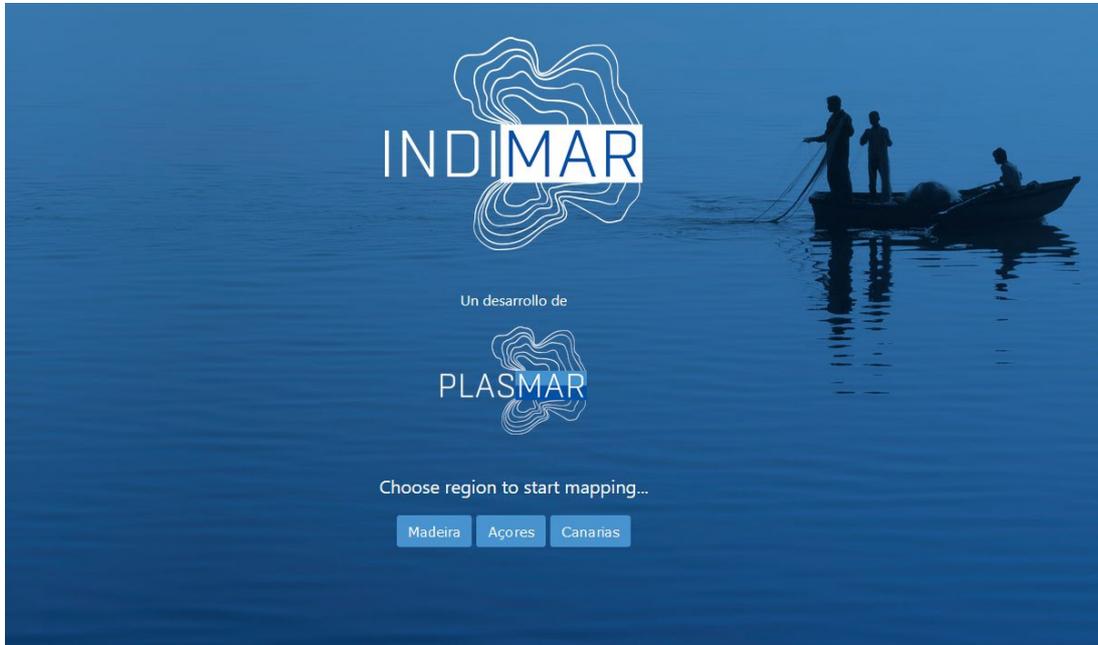
Fuente: elaboración propia.

El estudio de un área puede resultar una tarea compleja teniendo en cuenta la gran cantidad de datos que se pueden manejar simultáneamente. Una vez se han establecido las relaciones entre los indicadores mediante los pesos, INDIMAR® facilita este proceso en gran medida, puesto que se pueden analizar decenas de indicadores con sus valores respectivos de forma rápida y accesible. Una vez configurados los valores necesarios, la herramienta calcula el valor de idoneidad de todas las celdas una por una, asignándole un valor entre cero como mínimo y diez como máximo, obteniendo un mapa de fácil interpretación que el usuario se puede descargar. Esta utilidad es de gran ayuda a la toma de decisiones en el proceso de la ordenación marina, puesto que de forma sectorial se puede conocer, en base a los datos disponibles, las áreas idóneas para el desarrollo de una actividad desde el punto de vista ecosistémico.

Por otro lado, el uso de INDIMAR® también se puede enfocar como un paso preliminar en los estudios de impacto ambiental que suele conllevar el comienzo de cualquier actividad, destacando los indicadores a tener en cuenta y poniendo el foco en los que necesiten un estudio más detallado o, simplemente, cubriendo huecos donde no haya información disponible.

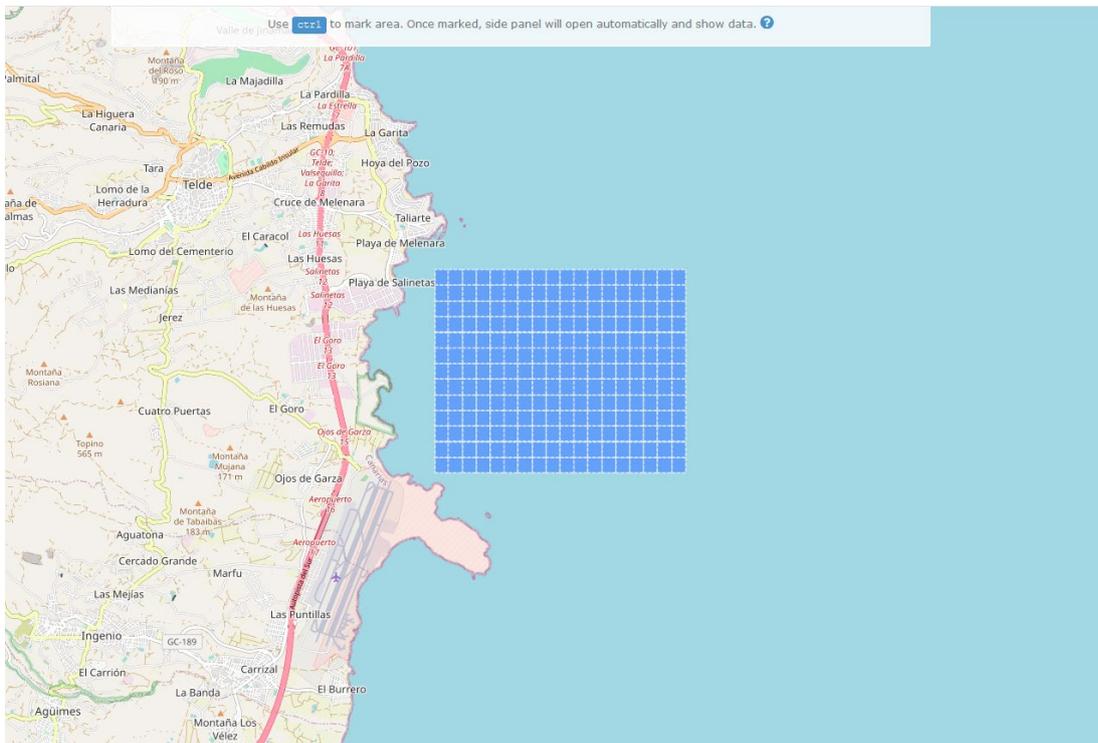
Por todo ello, se espera que INDIMAR® sea de gran utilidad, tanto para las partes implicadas en los procesos de ordenación marina, como para las administraciones y empresas promotoras.

**Figura 1.** Pantalla inicial de INDIMAR donde se puede preseleccionar el ámbito geográfico para acceder a los datos regionales correspondientes.



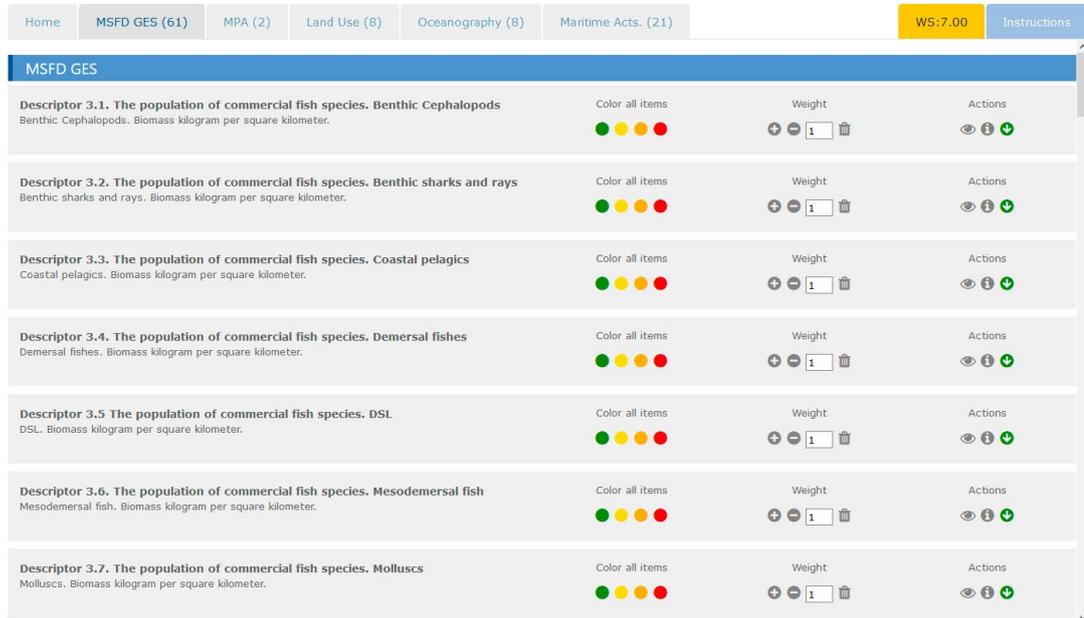
Fuente: elaboración propia a partir de la web [www.geoportal.ulpgc.es/indimar](http://www.geoportal.ulpgc.es/indimar)

**Figura 2.** Ejemplo de un mapa de con la selección del área de estudio y el correspondiente panel de indicadores ordenados por pestañas según su naturaleza (sig. pág.)



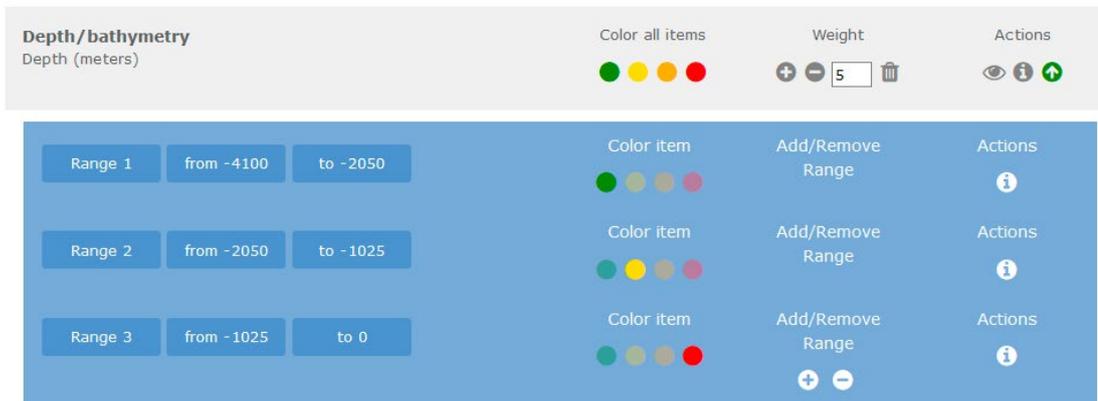
Fuente: elaboración propia a partir de la web [www.geoportal.ulpgc.es/indimar](http://www.geoportal.ulpgc.es/indimar)

**Figura 2.** Indicadores ordenados por pestañas según su naturaleza



Fuente: elaboración propia a partir de la web [www.geoportal.ulpgc.es/indimar](http://www.geoportal.ulpgc.es/indimar)

**Figura 3.** Ejemplo de indicador con rango de valores numéricos



Leyenda: tres rangos de valores para la profundidad, cada uno de ellos con su propio color definiendo su comportamiento. Arriba se encuentra el cuadro con el peso de ese indicador. Además, hay varios enlaces al metadato de este indicador y al visor de datos donde se puede consultar el contenido de este conjunto de datos.

Fuente: elaboración propia a partir de la web [www.geoportal.ulpgc.es/indimar](http://www.geoportal.ulpgc.es/indimar)

**Figura 4.** Ejemplo de indicador con lista de valores

Leyenda: cada valor dispone de su propio código de color que define su comportamiento. El número en el cuadro blanco indica la cantidad de celdas dentro del área que contienen ese valor.

Fuente: elaboración propia a partir de la web [www.geoportal.ulpgc.es/indimar](http://www.geoportal.ulpgc.es/indimar)

**Figura 5.** Pestaña de inicio en el panel de indicadores

Leyenda: Pestaña de inicio. Muchas de las funciones sólo están disponibles cuando la suma de pesos es igual a 100.

Fuente: elaboración propia a partir de la web [www.geoportal.ulpgc.es/indimar](http://www.geoportal.ulpgc.es/indimar)

## 5. REFERENCIAS

- CLC-COPERNICUS PROGRAM (2021). Inventario de usos del suelo CORINE, bajo el programa europeo COPERNICUS. Extraído de <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>
- GEOPORTAL DEL IU-ECOQUA (2021). Portada del Geoportal del Instituto Universitario ECOQUA. <http://www.geoportal.ulpgc.es/portada/index.html>
- INDIMAR GEOPORTAL DE IU-ECOQUA (2021). Herramienta de ayuda a toma de decisiones en ordenación espacial marina. <http://www.geoportal.ulpgc.es/indimar/>
- KLAUS D. GOEPEL, (2013). Implementing the Analytic Hierarchy Process as a Standard Method for Multi-Criteria Decision Making In Corporate Enterprises – A New AHP Excel Template with Multiple Inputs, Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, Kuala Lumpur 2013
- MITECO (2021). Directiva Marco de Estrategia Marina. Extraído de [https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/proteccion-internacional-mar/union-europea-proteccion-medio-marino-y-costero/dm\\_estrategia\\_marina.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/proteccion-internacional-mar/union-europea-proteccion-medio-marino-y-costero/dm_estrategia_marina.aspx)

## 6. RECONOCIMIENTO

Publicación realizada dentro de los proyectos PLASMAR (MAC/1.1a/030) y proyecto PLASMAR+ (MAC2/1.1a/347) del Programa de Cooperación INTERREG V-A España-Portugal MAC 2014-2020.

# APPLICATIONS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES ON PEDESTRIAN COUNTS. EXPLORING NEW METHODS AND POTENTIAL IN SANTIAGO DE CHILE

## APLICACIONES DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS EN RECUENTOS PEATONALES. EXPLORANDO NUEVOS MÉTODOS Y POTENCIALES EN SANTIAGO DE CHILE

---

Daniel Parra-Ovalle

Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España, dparra1@uc.cl, 0000-0002-8026-2582

---

Oriol Marquet

Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España, oriol.marquet@uab.cat, 0000-0002-7346-5664

---

Carme Miralles-Guasch

Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España carme.miralle@uab.cat, 0000-0003-4821-9776

---

### Resumen

La observación objetiva de peatones en la calle enfrenta diversas dificultades, como el compromiso intensivo de tiempo y recursos, junto a la recolección de datos imprecisos o con errores involuntarios. Además, el recuento de peatones suele necesitar intervalos de tiempo largo, pudiendo resultar en datos menos representativos y comparables de la actividad peatonal para un momento específico del día. Los Vehículo Aéreo No Tripulado (VANTs), han ganado popularidad debido a las mejoras significativas que ofrecen por encima de otros sistemas convencionales, destacando la capacidad de cubrir áreas de mayor superficie en menor tiempo. Este estudio examina el uso de un VANT, en la observación de personas en la calle. Se detalla una técnica alternativa que permite realizar recuentos peatonales, adaptando para ello la técnica *gate counts*. Como estudio de caso, se selecciono un conjunto de calles en la ciudad de Santiago de Chile. Los resultados demuestran las ventajas en la técnica propuesta, al permitir registrar de forma simultanea varias puertas, disminuyendo los intervalos de tiempo requeridos de manera considerable. Finalmente discutimos las ventajas y limitaciones en la observación del comportamiento utilizando esta tecnología.

**Palabras clave:** actividad peatonal, drones, conteo de puertas, observación directa, VANT

### Abstract

The objective observation of pedestrian in the street encounters various difficulties, such as intensive commitment of time and resources, together with the collection

of inaccurate data or with inadvertent errors. In addition, pedestrian counting often requires long time intervals, which can result in less representative and comparable data on pedestrian activity for a specific time of day. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have gained popularity due to the significant improvements they offer over other conventional systems, highlighting the ability to cover larger surface areas in less time. This study examines the use of a UAV, in observing people on the street. An alternative technique that allows pedestrian counts is detailed adapting the gate counts technique. As a case study, a set of streets in the city of Santiago de Chile was selected. The results demonstrate the advantages of the proposed technique, by allowing several doors to be registered simultaneously, reducing the required time intervals considerably. Finally, we discuss the advantages and limitations in observing behavior using this technology.

**Keywords:** pedestrian activity, drones, gate counts, direct observation, UAV

## 1. INTRODUCCIÓN

La investigación del comportamiento de las personas en la calle adquiere cada vez mayor relevancia en la medida que se consolida la evidencia que relaciona la actividad de caminar con mejoras importantes para la salud y la sostenibilidad ambiental. La observación directa y sistemática es uno de los métodos clásicos y esenciales para el estudio de las actividades en el espacio público (Gehl, 1987; Whyte, 1980). Un gran número de estudios vinculados a la planificación y el diseño urbano observan las actividades en la calle con el fin de examinar su relación con distintas características de la forma urbana. Los estudios en la calle se han centrado en observar diferentes características peatonales, destacando los recuentos peatonales, el registro de sus actividades, o la medición de los niveles de actividad física. Los recuentos de peatones en la calle han destacado por la frecuencia con que han sido utilizados en los estudios urbanos. Por ejemplo existe una amplia literatura vinculada a los estudios de Space Syntax que investiga la relación entre el número de peatones en la calle con la configuración espacial de la trama urbana (Hillier, Perm, Hanson, Grajewski, y Xu, 1993; Lerman, Rofè, y Omer, 2014; Penn, Hillier, Banister, y Xu, 1998; Turner, 2003).

A pesar de la valoración positiva que se le da a la información objetiva, propia de la observación directa y sistemática, se ha registrado una disminución en el número de estudios observacionales en las últimas décadas. Esta paradoja puede situarse en las limitaciones propias de los métodos tradicionales de observación, como el compromiso intensivo de tiempo y recursos, la recolección de datos imprecisos o con errores involuntarios y por la fatiga del observador, junto a la dificultad de registrar datos de grupos numerosos de población (Diogenes, Greene-Roesel, Arnold, y Ragland, 2007; Giuliani y Scopelliti, 2009; Ng, 2016).

Los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT), también conocidos como dron, se utilizan cada vez más en los estudios urbanos. La aportación metodológica del uso de VANTs se debe a mejoras significativas que esta tecnología ofrece por encima de otros

sistemas convencionales, destacando sus costos más bajos, su alta movilidad, la conveniencia que ofrece la vista área y la capacidad de cubrir áreas de mayor superficie en menor tiempo (Coifman, McCord, Mishalani, Iswalt, y Ji, 2006; Puri, 2005).

En este contexto, el presente artículo detalla una técnica alternativa de observación de la actividad peatonal usando la ciudad de Santiago de Chile, como estudio de caso. El estudio examina el uso de un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT) en recuentos peatonales, adaptando la técnica de gate counts. En los últimos años, el uso de VANT se ha popularizado en los estudios urbanos, donde su mayor aplicación se encuentra en el campo del transporte y la ingeniería de tráfico, sin embargo, hasta la fecha, solo unos pocos estudios han sido capaces de explorar el uso de VANT en la observación de las personas en la calle.

## 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

### 2.1 Observación del volumen de peatones

Los recuentos peatonales se han implementado con frecuencia en estudios urbanos que examinan su relación con diversas características del entorno físico de las ciudades. Por ejemplo, existe una amplia literatura vinculada a los estudios de Space Syntax que investiga la relación de el numero de peatones en la calle y la configuración espacial de la trama urbana (Hillier et al., 1993; Lerman et al., 2014; Penn et al., 1998; Turner, 2003). Por otro lado, algunas ciudades han realizado esfuerzos a gran escala con el fin de monitorear el movimiento peatonal a gran escala, como en la ciudad de Seúl donde se realizaron recuentos peatonales en 10.874 segmentos de calles. Estos datos posteriormente se han utilizado en investigaciones como las de Sung et al., (2013), quienes investigaron la relación de la actividad de caminar con características del entorno físico basadas en las teorías de Jane Jacobs. Además, los recuentos peatonales han sido útiles para validar medidas de diseño urbano a escala de la calle como las discutidas en el estudio de Ewing y Clemente (2013).

Entre las metodologías más utilizadas para medir la actividad peatonal se encuentran la técnica 'gate counts', en la que observadores ubicados a un lado de la calle establecen líneas imaginarias (o puertas) y cuentan el numero de personas que cruzan esta línea, independientemente de la dirección, o la técnica del 'observador en movimiento' en la que los observadores cuentan a las personas que se cruzan en su camino, mientras se recorre una ruta. Con una mayor tradición en el monitoreo del trafico vehicular y más tarde en los recuentos peatonales, gate counts destaca por su simpleza de implementación y replicación.

Pero las metodologías tradicionales de observación tienen muchas limitaciones, como el compromiso intensivo de tiempo y recursos, la recolección de datos imprecisos o con errores involuntarios y por la fatiga del observador. Tienen una precisión relativamente baja cuando se observan lugares con muchos peatones o debido a los obstáculos visuales como coches estacionados o en movimiento; y deben emplear periodos de tiempo largos en los intervalos de observación, muchas veces dos horas, para permitir que el observador recorra distintas `puertas` en una misma sesión, pu-

diendo aumentar la probabilidad de error en la investigación (Diogenes et al., 2007; Giuliani y Scopelliti, 2009; Ng, 2016).

Entre las metodologías más utilizadas para medir la actividad peatonal se encuentran la técnica ‘gate counts’, en la que observadores ubicados a un lado de la calle establecen líneas imaginarias (o puertas) y cuentan el número de personas que cruzan esta línea, independientemente de la dirección, o la técnica del ‘observador en movimiento’ en la que los observadores cuentan a las personas que se cruzan en su camino, mientras se recorre una ruta. Con una mayor tradición en el monitoreo del tráfico vehicular y más tarde en los recuentos peatonales, *gate counts* destaca por su simpleza de implementación y replicación.

Pero las metodologías tradicionales de observación tienen muchas limitaciones, como el compromiso intensivo de tiempo y recursos, la recolección de datos imprecisos o con errores involuntarios y por la fatiga del observador. Tienen una precisión relativamente baja cuando se observan lugares con muchos peatones o debido a los obstáculos visuales como coches estacionados o en movimiento; y deben emplear periodos de tiempo largos en los intervalos de observación, muchas veces dos horas, para permitir que el observador recorra distintas ‘puertas’ en una misma sesión, pudiendo aumentar la probabilidad de error en la investigación (Diogenes et al., 2007; Giuliani y Scopelliti, 2009; Ng, 2016).

## 2.2 Vehículos aéreos no tripulados y la observación de las actividades en la calle

Un vehículo aéreo no tripulado (VANT), comúnmente conocido como dron, es un pequeño vehículo autónomo que por lo general lleva una cámara de video incorporada. Los VANTs se utilizan cada vez más en los estudios urbanos. Su principal aplicación se encuentra en el campo del transporte y la ingeniería de tráfico, consolidándose como una alternativa a los métodos tradicionales de recopilación de datos de vehículos motorizados en calles y carreteras, aunque, recientemente, se empiezan a utilizar para examinar nuevos usos vinculados al estudio de la movilidad peatonal y del comportamiento de las personas en las calles, como el monitoreo del tráfico de peatones en calles comerciales peatonales (Sutheerakul, Kronprasert, Kaewmorachoen, y Pichayapan, 2017) o los recuentos de peatones en calles urbanas (Park y Ewing, 2018) primarily because its traffic levels are typically lower and more variable than those of motorized vehicles. Compared with other on-the-ground observation tools, unmanned aerial vehicles (UAVs).

La aportación metodológica del uso de VANTs se debe a mejoras significativas que esta tecnología ofrece por encima de otros sistemas convencionales, destacando sus costos más bajos, su alta movilidad, la conveniencia que ofrece la vista aérea y la capacidad de cubrir áreas de mayor superficie en menor tiempo (Coifman et al., 2006; Puri, Valavanis, y Kontitsis, 2007). Además, las continuas mejoras de la visión por computadora en la automatización de tareas, como la detección y seguimiento de vehículos, han facilitado el procesamiento y análisis de grandes cantidades de datos (Guido, Gallelli, Rogano, y Vitale, 2016; Tayara, Soo, y Chong, 2017; Wang, Chen, y Yin, 2016). Aunque, la detección y seguimiento de peatones encuentra mayores dificultades, debido al tamaño relativamente pequeño de las personas, al movimiento

combinado de los peatones y del dron y a la oclusión generada por arboles u otros objetos, por lo que algunos estudios han empleado técnicas semi-automáticas en el momento de procesar los datos peatonales de los videos (Xiao, Yang, Han, y Cheng, 2008; Zeng, Chen, Yu, y Wang, 2017).

Recientemente unos pocos estudios han explorado el uso de VANT en la adquisición manual de datos peatonales. Sutheraikul et al. (2017) ponen a prueba su capacidad aplicándolo en un estudio de caso a pequeña escala, en un tramo peatonal de una concurrida calle comercial, recolectando datos de peatones, como el volumen, la velocidad y la densidad del flujo de peatones. El estudio demuestra la capacidad de los VANT como técnica alternativa a los métodos tradicionales en la recopilación de datos del movimiento de peatones. Por otro lado, Park y Ewing (2018), basados en una técnica del observador en movimiento a pie (Ewing y Clemente, 2013), prueban un nuevo método de recuento de peatones usando un VANT, con una técnica similar a la del 'observador en movimiento'. En este estudio el VANT voló dos veces hacia un lado y dos veces en sentido contrario registrando 26 `caras de bloque` de una ciudad orientada al automóvil como Salt Lake City, EEUU (Park y Ewing, 2018). Este estudio demuestra que el conteo de peatones basado en UAV es confiable. Sin embargo, señalan que las observaciones de su estudio se limitaron a un área de observación pequeña, y que podrían examinarse en estudios posteriores las ventajas de los VANT en observaciones de áreas de mayor escala.

Tal como destacan Sutheraikul *et al.* (2017) y Park y Ewing (2018), la investigación sobre el uso de los VANT en los recuentos peatonales se encuentra en curso. Este estudio propone examinar el uso de un VANT en la observación de un área de mayor escala, proponiendo una técnica alternativa que permita obtener recuentos de peatones de manera más eficiente, adaptando para ellos la técnica *gate counts*.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Área de estudio

Para el estudio piloto se selecciono un área urbana de la comuna de Providencia de la ciudad de Santiago de Chile de aproximadamente 50 hectáreas, con una longitud mayor a un kilometro en uno de sus lados, y cercana a los 500 metros por el otro (Figura 1).

La comuna de Providencia ocupa un lugar estratégico en la ciudad de Santiago, al estar ubicada entre la comuna de Santiago, centro histórico y administrativo de la ciudad, y las comunas de mayor renta del sector oriente, albergando una gran actividad financiera y comercial. Destaca además por la morfología de su tejido urbano, adquirida en las primeras urbanizaciones de las décadas de 1930 y 1940, de construcciones aisladas, con antejardín, avenidas arboladas con anchas aceras, que se suman a la vegetación presente en numerosas plazas y parques. En las ultimas décadas en muchos barrios de la comuna, incluido el área seleccionada para este estudio, se ha desarrollado un importante proceso de densificación transformando el paisaje original caracterizado por viviendas unifamiliares de baja altura, por edificios residenciales aislados de 6 a 12 plantas.

**Figura 1.** Área de observación e intersecciones seleccionadas

Fuente: Elaboración propia.

La técnica propuesta utiliza las intersecciones de las calles como lugares de observación. Se seleccionaron 28 intersecciones, que representan dos tercios del total de intersecciones del área de estudio. La configuración de la gran mayoría de estas intersecciones es de cruce de dos calles, resultando en la confluencia de 4 segmentos de calles u 8 caras de bloques.

### 3.2 Vehículo aéreo no tripulado utilizado (VANT)

Para el estudio de las actividades en la calle, se utiliza un VANT DJI Phantom 4 Advanced (Figura 2), con una cámara incorporada que permite registros de video a una resolución máxima de 4096 x 2160 píxeles y con un ángulo de visión de 84°. La cámara está conectada con un estabilizador de 3 ejes, que permite un ángulo de inclinación de -90° a +30°. La autonomía de vuelo óptima especificada por el fabricante es de 25 minutos, pero en nuestras pruebas previas hemos determinado una duración óptima de 15 a 20 minutos de recogida de información. Se utilizaron 6 baterías.

Antes de la operación es necesario cumplir con las exigencias de la legislación local que regula el uso de VANTs. En Chile, la Dirección General de Aeronáutica Civil es el organismo que regula la actividad aérea, entre ellos el vuelo de drones. Gran parte de los requisitos y restricciones en vuelos sobre áreas urbanas en Chile son similares a otros países de la OECD (Tsiamis, Efthymiou, y Tsagarakis, 2019), exigiéndose la inscripción y certificación del VANT, que el operador cuente con credenciales, la contratación de un seguro de daños contra terceros, y la gestión de un permiso para operar en zonas pobladas. Nuestro estudio cumplió con todos los requisitos exigidos.

Figura 2: VANT utilizado en el estudio



Fuente: Elaboración propia.

### 3.3 Proceso de observación

El procedimiento tradicional de la técnica *gate counts* consiste en que un observador ubicado en un lugar estratégico y despejado de la calle, cuenta las personas que pasan a través de una línea imaginaria. Por lo general se realizan conteos peatonales en segmentos de tiempo que van entre los 4 a los 10 minutos, repitiéndose a cada hora o en distintas franjas horarias. Comúnmente los registros en el lugar se realizan con papel y lápiz, pero en ocasiones se utilizan contadores mecánicos. Además, algunos estudios registran la actividad peatonal en video, adquiriendo los datos al momento de la visualización posterior de los videos. Entre los elementos necesarios en la sistematización de la observación directa y discreta se encuentran los planes de selección; el cronograma de tiempos repetidos durante los cuales tiene lugar la observación; el procedimiento sistemático de la observación y registro; el sistema de codificación y conteo; y finalmente las pruebas de validación y fiabilidad (Bechtel y Zeisel, 1987; Hartmann y Wood, 1990; McCall, 1984). A continuación, se detallan los distintos pasos de la metodología propuesta en este estudio de recuentos peatonales utilizando un VANT.

#### 3.2.1 Observación simultánea de 8 puertas en intersecciones de dos calles

Una de las grandes ventajas que ofrece la metodología que proponemos por sobre el método tradicional es que, gracias a la vista área del dron, es posible recopilar información peatonal de 8 caras de bloques en una intersección típica de dos calles de forma simultánea (Figura 3).

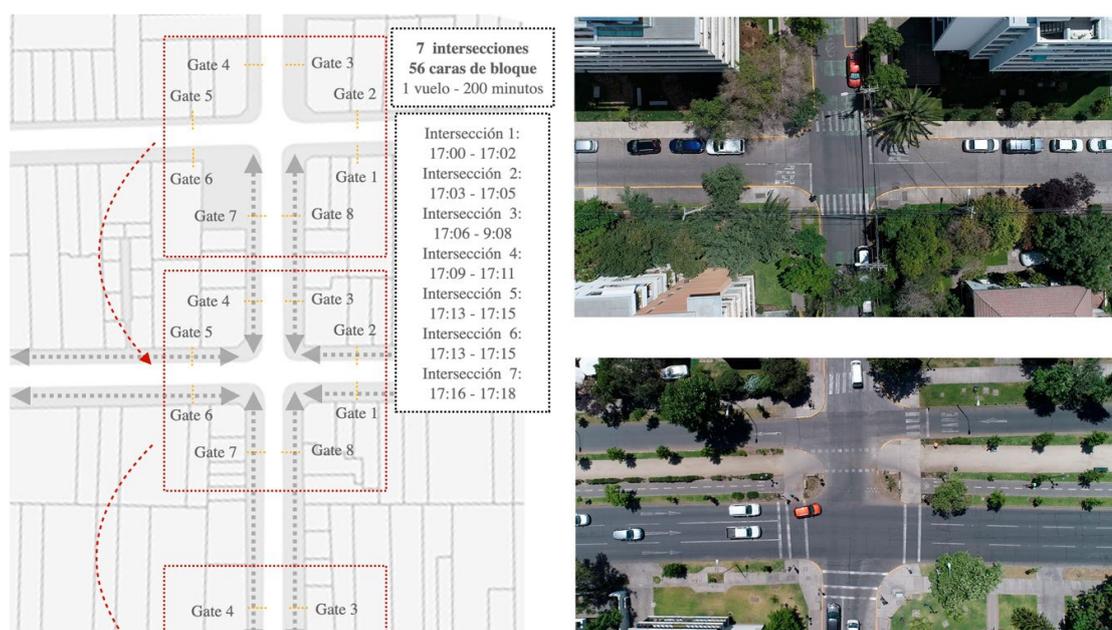
Muchos estudios tradicionales definen intervalos de tiempo largos, por ejemplo de dos horas, con el fin de permitir que un mismo observador recorra y obtenga datos para una serie de puertas (Lunecke y Mora, 2018; Penn et al., 1998; Ruiz-Apiláñez, Karimi, García-Camacha, y Martín, 2017). Por ejemplo, en un caso donde se establece un intervalo de observación de 17:00 a 19:00 horas, con observaciones de 10 minutos para cada puerta, un observador contara durante 10 minutos en la primera puerta (de

17:00 a 17:10), para luego desplazarse a una segunda puerta y repetir el conteo (de 17:12 a 17:22), y así hasta completar el recuento en las 10 puertas a lo largo de 120 minutos. El resultado es que los recuentos realizados entre las 17:00 a 17:10 se emplearan como información adquirida para el mismo horario de 17:00 a 19:00 que los recuentos realizados en las puertas observadas al final del intervalo, como la realizada entre las 18:50 a 19:00 de nuestro ejemplo. Esto puede ser un problema, ya que distintos estudios que han medido la actividad peatonal de forma continua a lo largo del día muestran variaciones importantes de la actividad en periodos cortos de tiempo. La ventaja del VANT es que, en tan solo 22 minutos, puede sobrevolar dos intersecciones, recolectando 10 minutos de información para 16 puertas distintas, considerando observaciones de 10 minutos en cada intersección y un desplazamiento de 2 minutos entre intersecciones.

### 3.2.2 Procedimiento de observación

Se establecieron 2 objetivos al momento de definir nuestro cronograma de observación y sus repeticiones. Primero, que los intervalos de observación fueran menores a los intervalos tradicionales de 120 minutos. Esto nos permitiría medir la variación del volumen de peatones a lo largo de un periodo típico de observación de 2 horas. Y segundo, buscábamos registrar algunos de los momentos de mayor actividad peatonal del día. Por otro lado, la duración y la disponibilidad de baterías con sus tiempos de recarga condicionaban la elección de los tiempos de vuelo y sus repeticiones. Se establecieron 8 intervalos de tiempo de 30 minutos, agrupados en dos periodos de tiempo. O sea, cuatro intervalos de 30 minutos entre las 13:00 y las 15:00, y otros cuatro intervalos iguales entre las 17:00 y las 19:00.

**Figura 3: Observación simultanea de 8 puertas en intersecciones (izquierda).** Vista desde el VANT (derecha): Intersección típica de dos calles (arriba). Intersección con bulevar peatonal central (abajo)



Fuente: Elaboración propia.

El procedimiento consistió en que el piloto mantuvo el VANT en una posición fija en la primera intersección de la ruta a una altura estable de 50 metros, para luego de al menos 120 segundos de registros de video, desplazar al VANT a la siguiente intersección y repetir el procedimiento (Figura 3). Para no poner en riesgo la operación debido a la duración de las baterías, se estableció un tiempo máximo de vuelo del VANT de 20 minutos, tiempo que nos permitió recorrer rutas formadas por 7 intersecciones en un mismo vuelo. La altura de observación fue de 50 metros, que permitió que el VANT se mantuviera a una altura superior a la del follaje de los arboles y registrara con holgura la totalidad de las intersecciones. La inclinación de la cámara se mantuvo en ángulo perpendicular a la calle ( $-90^{\circ}$ ), similar a una vista satelital. El VANT recorrió las 7 intersecciones en cada uno de los 8 intervalos de tiempo, por lo que cada puerta fue observada durante al menos 16 minutos. Se sobrevolaron 4 rutas de 7 intersecciones, registrando en video desde el VANT las 28 intersecciones planificadas (Figura 1). Los vuelos se realizaron los martes, miércoles o jueves, entre el martes 22 de noviembre y el jueves 6 de diciembre del 2018.

### **3.2.5 Sistema de codificación y conteo**

El proceso de codificación de la información se realizó revisando manualmente los videos recopilados en los vuelos del VANT. Los archivos de videos fueron divididos en tramos independientes para cada intersección, asignándoles un nombre a cada uno que indicaba la intersección y horario al que correspondía. Se obtuvieron 224 videos con una duración de al menos 120 segundos. A continuación, un observador reviso los videos e identifico un lugar sin obstáculos visuales sobre una de las aceras, trazando una línea imaginaria (o puerta), para luego contar el numero de personas que pasaban en ambas direcciones por ella. El observador repitió este procedimiento en cada una de las aceras visibles que convergen a la intersección. Por lo tanto, en las intersecciones típicas en las que se cruzan 2 calles se realizaron recuentos para 8 puertas; en las intersecciones tipo 'T' se obtuvieron 6 recuentos; y en las intersecciones de una de las calles (Pocuro) se realizaron recuentos de peatones para 10 puertas, ya que tiene cuenta con un carril bici y un pequeño bulevar para peatones entre calzadas (Figura 3). Finalmente, con los 224 videos se recolectaron datos para 227 puertas individuales, contando cada puerta con conteos de al menos 16 minutos.

## **3.4 Presentación de resultados**

Los resultados se presentan estimando la tasa por hora de peatones para las 227`puer-ta`, como también como en la escala espacial de caras de bloque, unidad de medición frecuentemente utilizada en la literatura para relacionar la actividad peatonal con las variables del entorno construido. Se obtuvieron datos de 165 caras de bloque, promediando los conteos de dos puertas ubicadas a ambos lados de las caras de bloque en 63 de ellas, mientras que las otras 102 caras de bloque contaron solo con conteos en uno de los lados. Los datos obtenidos se georreferenciaron en SIG (QGIS) sobre un mapa base como puntos de datos en las ubicaciones de cada puerta, y como segmentos para representar las caras de bloque.

#### 4. RESULTADOS

Como se ve en la Tabla 1, se conto un total de 4.061 personas durante los 3.834 minutos de video en las 227 puertas observadas. Esto corresponde a una media de 17,9 personas en 16,9 minutos de conteos para cada puerta, con una tasa media de 63,5 personas/hora. Se presentan además los resultados de los 8 intervalos de tiempo, donde se observa una importante variación de flujos peatonales entre intervalos de tiempo consecutivos, similar a lo observado en otros estudios. Entre las 13:00 y 15:00 horas el flujo peatonal más bajo se registro entre las 14:30 a 15:00, con 40,4 personas/hora, y el más alto entre las 13:00 a 13:30 con 68,5 personas/hora. Entre las 17:00 y 19:00 horas el flujo más bajo es de 53,6 personas/hora entre las 17:00 y 17:30 y el más alto de 92,4 personas/hora entre las 18:30 y 19:00 horas.

**Tabla 1.** Personas registradas en los distintos intervalos de tiempo

Intervalos de tiempo	Total segundos	Media segundos	Total personas	Media personas	Personas/hora
13:00	27.869	122,8	530	2,3	68,5
13:30	27.925	123,0	396	1,7	51,1
14:00	29.534	130,1	352	1,6	42,9
14:30	26.758	117,9	300	1,3	40,4
17:00	30.505	134,4	454	2,0	53,6
17:30	29.630	130,5	563	2,5	68,4
18:00	29.210	128,7	731	3,2	90,1
18:30	28.638	126,2	735	3,2	92,4
Total día	230.069	1.014	4.061	17,9	63,5
	3.834 minutos	16,9 minutos			

Fuente: Elaboración propia.

La figura 4 muestra la distribución espacial del volumen de peatones estimado por hora en las 227 puertas observadas. Los resultados muestran importantes variaciones de flujos peatonales entre las distintas puertas. Los volúmenes más altos de peatones se distribuyen a lo largo de las calles Eliodoro Yáñez y Pocuro, ubicadas al norte y al sur del área de estudio respectivamente, destacando una de las puertas con un promedio de 498,4 personas/hora. En cambio, los volúmenes más bajos se encuentran en gran parte de las intersecciones del interior del área de estudio con promedios menores a las 50 personas/hora. La alta variación de los flujos también se observa a microescala, entre segmento contiguos de una calle o entre las caras de bloques opuestas de un mismo segmento de calle.

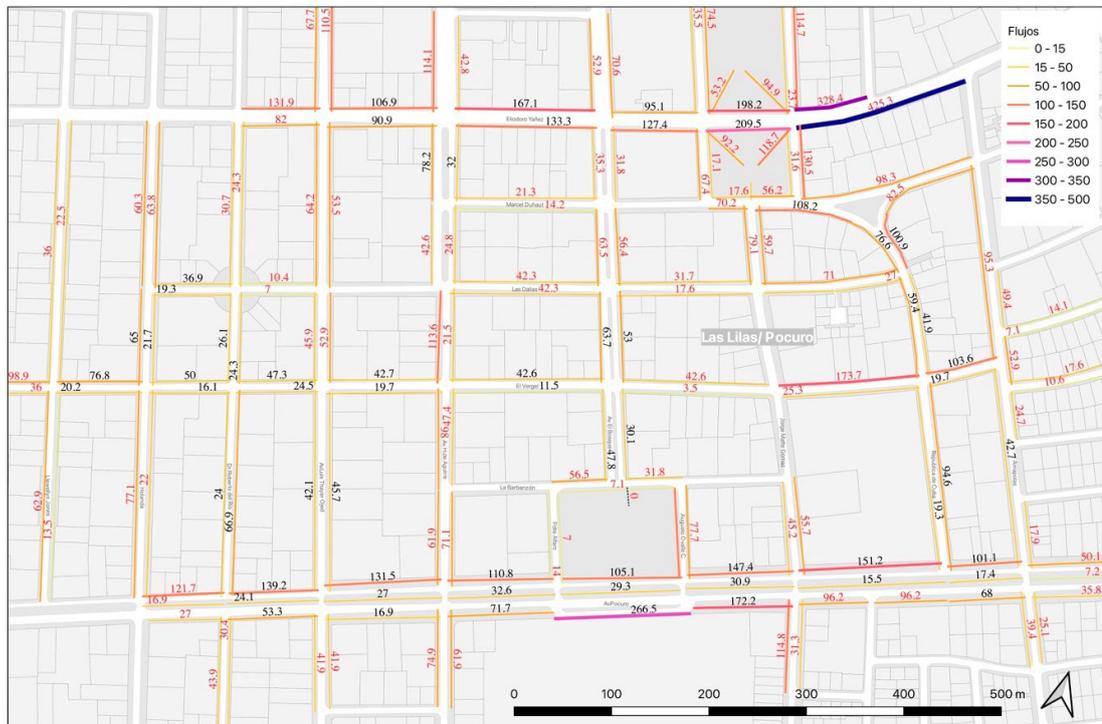
**Figura 4.** Puertas observadas y estimación de flujos peatonales



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la Figura 5 muestra los datos estimados de flujos peatonales a escala de caras de bloque. Los valores de las 63 caras de bloques que tienen datos en sus dos lados están representados en letras negras. Los valores de las otras 102 caras de bloque estimadas en base a una sola puerta se representaron en letras rojas. Esta figura ayuda a comprender los patrones espaciales del movimiento de peatones. En la mayoría de las caras de bloques, el volumen de peatones es relativamente bajo, mientras que solo unas pocas caras de bloque tienen recuentos relativamente altos de movimiento de peatones. Por otro lado, estos datos permitirían relacionar los volúmenes peatonales con diferentes atributos físicos, como por ejemplo con los datos obtenidos por auditorías físicas de las calles, con parámetros como la densidad, con la configuración del tejido urbano o con los usos de suelo.

Figura 5. Caras de bloques y estimación de flujos peatonales



Fuente: Elaboración propia.

## 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Este estudio propone una técnica alternativa para observar el volumen de peatones en las calles, basado en los atributos que un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT) tiene en la adquisición de datos. Nuestro método se beneficia de las ventajas reconocidas de los VANTs sobre las técnicas convencionales de recopilación de datos, como la posición elevada del punto de observación, la velocidad constante de vuelo del VANT, o el respaldo de los datos en video adquiridos en los vuelos que permiten una posterior revisión. A partir de estos atributos, y basado en la técnica de recuento de peatones *gate counts*, el estudio demuestra que el uso de VANTs ayuda a mejorar la calidad de los datos, permitiendo disminuir los intervalos de tiempo de observación. Además, nuestro análisis muestra que al emplear VANTs es posible realizar recuentos simultáneos de las personas que caminan por ambos lados de la calle, e incluso registrar la actividad que ocurre sobre la calzada. Junto a esto, la posibilidad de realizar recorridos a velocidades superiores que la demandada por otras técnicas puede resultar en importantes ahorros de recursos.

La observación directa y sistemática de la actividad en la calle es propensa a errores y puede resultar en datos defectuosos. Por este motivo es común que se realicen pruebas de confiabilidad entre evaluadores, que en este estudio no se realizan. Pero, a diferencia de las técnicas de observación del comportamiento, con las cuales se re-

gistran atributos personales, actividades, o niveles de actividad física, los recuentos de peatones son una tarea relativamente sencilla que no requiere de entrenamientos prolongados de los observadores. Además, estudios anteriores han demostrado la confiabilidad de sus técnicas de observación peatonal basados en registros en video con un VANT (Park y Ewing, 2017, 2018) primarily because its traffic levels are typically lower and more variable than those of motorized vehicles. Compared with other on-the-ground observation tools, unmanned aerial vehicles (UAVs).

Por otro lado, existen algunas limitaciones que dificultan la observación peatonal en la calle utilizando un VANT. La observación aérea de nuestra metodología permite superar obstáculos visuales que ocurren a nivel del suelo, como por ejemplo vehículos estacionados, pero el follaje de los árboles y elementos arquitectónicos que sobresalen pueden ocultar parte de la actividad que ocurre sobre las aceras. En las calles de este estudio la presencia de numerosos árboles de gran tamaño dificultó el recuento de personas para algunos tramos de calles. Por otro lado, las baterías disponibles determinan el tiempo máximo de observación. Como también, las condiciones climáticas pueden restringir las operaciones, como ocurre con la lluvia, los vientos fuertes o los vuelos nocturnos. Además, mientras la técnica propuesta ayuda a disminuir los tiempos necesarios de observación de campo, se aumentan los tiempos de codificación posterior. Pero quizás una de las limitaciones más determinante se encuentra en las reglas operativas definidas por la administración de aviación local, que para el caso de Santiago de Chile hemos descrito en el apartado metodológico. Se han realizado estudios con drones sobre calles urbanas en distintos países, como EE. UU., China, o Tailandia (Park y Ewing, 2018; Sutheerakul et al., 2017; Zeng et al., 2017) primarily because its traffic levels are typically lower and more variable than those of motorized vehicles. Compared with other on-the-ground observation tools, unmanned aerial vehicles (UAVs, pero existen países o áreas urbanas donde no es posible utilizarlos. De todos modos, estas reglas son propensas a cambios o actualizaciones, como ocurrió recientemente con la normativa europea cuyas nuevas regulaciones permitirían el uso de VANT en zonas urbanas, requiriendo la autorización de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) para operaciones sobre concentraciones de personas.

Otra de las limitaciones presentes en este estudio son las calles seleccionadas, las que pueden no ser representativas de la realidad de Santiago, ciudad caracterizada por fuertes desigualdades socioespaciales. Las calles observadas corresponden a un área de la ciudad cuya renovación impulsada por los negocios inmobiliarios han transformado el paisaje urbano a uno con características similares al presente en áreas modernizadas de muchas metrópolis latinoamericanas y del mundo globalizado (de Mattos, 2006).

Finalmente hay que señalar que las ventajas que los VANTs aportan en la obtención de datos peatonales objetivos en la calle, pueden ayudar a validar instrumentos, como auditorías de la calle, que evalúan la calidad del entorno construido, y que permiten a los planificadores y tomadores de decisiones a identificar las características urbanas que apoyan o dificultan a los diferentes grupos de usuarios el uso de las calles.

## REFERENCIAS

- BECHTEL, R., Y ZEISEL, J. (1987). Observation: The world under a glass. En *Methods in environmental and behavioral research* (pp. 11-40). Recuperado de [https://scholar.google.es/scholar?hl=en&as\\_sdt=0%2C5&q=Observation%3A+The+world+under+a+glass.&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=Observation%3A+The+world+under+a+glass.&btnG=)
- COIFMAN, B., MCCORD, M., MISHALANI, R. G., ISWALT, M., Y JI, Y. (2006). Roadway traffic monitoring from an unmanned aerial vehicle. *IEE Proceedings - Intelligent Transport Systems*, 153(4), 276-291. DOI: 10.1049/ip-its
- DE MATTOS, C. A. (2006). Modernización capitalista y transformación metropolitana en América Latina. *América Latina: cidade, campo e turismo*, 41-73. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/35175749.pdf#page=41>
- DIOGENES, M. C., GREENE-ROESEL, R., ARNOLD, L. S., Y RAGLAND, D. R. (2007). Pedestrian Counting Methods at Intersections: A comparative Study. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2002(1), 26-30. DOI: 10.3141/2002-04
- EWING, R., Y CLEMENTE, O. (2013). *Measuring urban design: Metrics for livable places. Measuring Urban Design: Metrics for Livable Places*. Island Press-Center for Resource Economics. DOI: 10.5822/978-1-61091-209-9
- GEHL, J. (1987). *Life Between Buildings: Using Public Space*. New York, NY: Van Nostrand Reinhold. Recuperado de [https://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=X707aiCq6T8C&oi=fnd&pg=PA3&dq=jan+gehl+life+between+buildings&ots=xj\\_Ju4TPtF&sig=XwUYGE4rYqoaYkOKJutWgAGU8mQ](https://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=X707aiCq6T8C&oi=fnd&pg=PA3&dq=jan+gehl+life+between+buildings&ots=xj_Ju4TPtF&sig=XwUYGE4rYqoaYkOKJutWgAGU8mQ)
- GIULIANI, M. V., Y SCOPELLITI, M. (2009). Empirical research in environmental psychology: Past, present, and future. *Journal of Environmental Psychology*, 29(3), 375-386. DOI: 10.1016/j.jenvp.2008.11.008
- GUIDO, G., GALLELLI, V., ROGANO, D., Y VITALE, A. (2016). Evaluating the accuracy of vehicle tracking data obtained from Unmanned Aerial Vehicles. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 5(3), 136-151. DOI: 10.1016/j.ijtst.2016.12.001
- HARTMANN, D. P., Y WOOD, D. D. (1990). Observational Methods. *International Handbook of Behavior Modification and Therapy*, (3), 107-138. DOI: 10.1007/978-1-4613-0523-1\_6
- HILLIER, B., PERM, A., HANSON, J., GRAJEWSKI, T., Y XU, J. (1993). Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 14(1), 73-100. DOI: 10.3166/ges.14.73-100
- LERMAN, Y., ROFÈ, Y., Y OMER, I. (2014). Using space syntax to model pedestrian movement in urban transportation planning. *Geographical Analysis*, 46(4), 392-410. DOI: 10.1111/gean.12063
- LUNECKE, M. G. H., Y MORA, R. (2018). The layered city: pedestrian networks in downtown Santiago and their impact on urban vitality. *Journal of Urban Design*, 23(3), 336-353. DOI: 10.1080/13574809.2017.1369869
- MCCALL, G. J. (1984). Systematic field observation. *Annual review of sociology*. Vol. 10, 263-282. Recuperado de <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.so.10.080184.001403?journalCode=soc>
- NG, C. F. (2016). Behavioral mapping and tracking. En *Research Methods for Environmental Psychology* (pp. 29-51). DOI: 10.1002/9781119162124.ch3
- PARK, K., Y EWING, R. (2017). The usability of unmanned aerial vehicles (UAVs) for measuring park-based physical activity. *Landscape and Urban Planning*, 167(January), 157-164. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2017.06.010

- PARK, K., Y EWING, R. (2018). The Usability of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Pedestrian Observation. *Journal of Planning Education and Research*. DOI: 10.1177/0739456X18805154
- PENN, A., HILLIER, B., BANISTER, D., Y XU, J. (1998). Configurational modelling of urban movement networks. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 25, 59-84. DOI: 10.1068/b250059
- PURI, A. (2005). A Survey of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for Traffic Surveillance. *Department of computer science and engineering, University of South Florida*. Recuperado de <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.108.8384&rep=rep1&type=pdf>
- PURI, A., VALAVANIS, K., Y KONTITSIS, M. (2007). Statistical profile generation for traffic monitoring using real-time UAV based video data. *2007 Mediterranean Conference on Control and Automation, MED*. DOI: 10.1109/MED.2007.4433658
- RUIZ-APILÁNEZ, B., KARIMI, K., GARCÍA-CAMACHA, I., Y MARTÍN, R. (2017). Shared space streets: Design, user perception and performance. *Urban Design International*, 22(3), 267-284. DOI: 10.1057/s41289-016-0036-2
- SUNG, H., GO, D. H., Y CHOI, C. G. (2013). Evidence of Jacobs's street life in the great Seoul city: Identifying the association of physical environment with walking activity on streets. *Cities*, 35, 164-173. DOI: 10.1016/j.cities.2013.07.010
- SUTHEERAKUL, C., KRONPRASERT, N., KAEWMORACHAROEN, M., Y PICHAYAPAN, P. (2017). Application of Unmanned Aerial Vehicles to Pedestrian Traffic Monitoring and Management for Shopping Streets. *Transportation Research Procedia*, 25, 1717-1734. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.05.131
- TAYARA, H., SOO, K. G., Y CHONG, K. T. (2017). Vehicle Detection and Counting in High-Resolution Aerial Images Using Convolutional Regression Neural Network. *IEEE Access*, 6, 2220-2230. DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2782260
- TSIAMIS, N., EFTHYMIOU, L., Y TSAGARAKIS, K. P. (2019). A Comparative Analysis of the Legislation Evolution for Drone Use in OECD Countries. *Drones*, 3(4), 75. DOI: 10.3390/drones3040075
- TURNER, A. (2003). Analysing the visual dynamics of spatial morphology. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30(5), 657-676. DOI: 10.1068/b12962
- WANG, L., CHEN, F., Y YIN, H. (2016). Detecting and tracking vehicles in traffic by unmanned aerial vehicles. *Automation in Construction*, 72(May), 294-308. DOI: 10.1016/j.autcon.2016.05.008
- WHYTE, W. H. (1980). *The social life of small urban spaces*. Washington, DC: Conservation Foundation. Recuperado de <http://www.academia.edu/download/55908872/thesociallifeofsmallurbanspacesmohddanish-150407042346-conversion-gate01.pdf>
- XIAO, J., YANG, C., HAN, F., Y CHENG, H. (2008). Vehicle and Person Tracking in Aerial Videos. *Multi-modal Technologies for Perception of Humans*, 203-214. DOI: 10.1.1.91.729
- ZENG, W., CHEN, P., YU, G., Y WANG, Y. (2017). Specification and calibration of a microscopic model for pedestrian dynamic simulation at signalized intersections: A hybrid approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 80, 37-70. DOI: 10.1016/j.trc.2017.04.009



# FORMACIÓN DIGITAL EN COMPETENCIAS GEOESPACIALES: EL PROYECTO MYGEO

---

Rafael de Miguel González<sup>1</sup>, María Sebastián López<sup>1</sup>, Ondrej Kratochvíl<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Educación, Grupo de Investigación ARGOS-Instituto Universitario Ciencias Ambientales de Aragón, Universidad de Zaragoza

---

rafaelmg@unizar.es, msebas@unizar.es, ondrej@geogis.es

---

<https://orcid.org/0000-0002-9347-5296>, <https://orcid.org/0000-0002-7646-0826>

---

## Resumen

La presente comunicación presenta los resultados del proyecto europeo MYGEO, *Geotools for Modernization and Youth Employment*, por el que se analiza la relación existente entre la formación en Sistemas de Información Geográfica (en adelante, SIG) de los estudiantes y la mejora de la empleabilidad de los egresados. Así, dicha formación es el objetivo principal del proyecto MYGEO, que promueve la adquisición de competencias clave relacionadas con el uso de herramientas SIG en la educación superior mediante dos líneas de acción, una centrada en la docencia universitaria, impulsando el empleo de los SIG como elemento transversal en un número creciente de asignaturas; y la segunda, incrementando la colaboración entre la universidad y el tejido empresarial, como fuente de intercambio mutuo de conocimiento y experiencia basada en el estudio de las necesidades de las empresas en relación a la demanda del mercado laboral. Los resultados del estudio muestran que esta formación procura competencias reales exigidas por los empleadores con una formación práctica en empresas especializadas en SIG. Finalmente, el proyecto analiza la validez de los resultados de este nuevo sistema de aprendizaje, concluyendo con la oportunidad de un modelo de formación profesional geoespacial más flexible

**Palabras clave:** Sistemas de Información Geográfica, Enseñanza Universitaria, Competencias digitales, empleabilidad.

## Abstract

This paper presents the results of the European project MYGEO, *Geotools for Modernization and Youth Employment*, which analyzes the relationship between training in Geographic Information Systems (hereinafter, GIS) of students and the improvement of the employability of students. Thus, such training is the main objective of the MYGEO project, which promotes the acquisition of key competences related to the use of GIS tools in higher education through two lines of action, one focused on university teaching, promoting the use of GIS as cross-cutting element in a growing number of courses; and the second, increasing collaboration between the university and the industry, as a source of mutual exchange of knowledge and experience based on the study of the needs of companies in relation to the demand of the labor market. Without reaching a training model for a Bachelor's degree with a dual mention, currently under study in Spain, the project combines training focused on the real skills required by employers with practical training in companies

specialized in GIS. Finally, the project analyzes the validity of the results for this new learning model.

**Keywords:** Geographical Information Systems, Higher Education, Digital competences, employability.

## 1. JUSTIFICACIÓN Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

### 1.1 Cursos online masivos y abiertos (MOOC Massive Online Open Courses) una respuesta educativa eficiente en tiempos de pandemia

Los retos a los que se enfrenta la universidad en 2020/2021 en el ámbito de la docencia universitaria se centran, básicamente, en garantizar la máxima calidad, estando siempre preparados por si hay que tomar medidas restrictivas y sin perder de vista el objetivo de garantizar la igualdad de oportunidades en el acceso y la continuación formativa a los estudiantes.

Según el Informe de Universidad frente a la Pandemia (CRUE, 2020) con el objetivo de garantizar la calidad de la enseñanza y apostar por modelos híbridos, las universidades han aumentado sus convocatorias de becas y ayudas al estudio, y se ha incluido ayudas necesarias para adquirir el equipamiento informático y la conectividad para seguir las actividades de docencia on-line. También se ha trabajado en la ocupación adecuada de los espacios docentes para garantizar las medidas de distanciamiento social establecidas por las autoridades sanitarias y optimizar el tiempo de uso de esos espacios, así como avalar el seguimiento de la docencia a aquellos alumnos que estén en cuarentena o a aquellos que padezcan la enfermedad.

Otro de los elementos que se destacan es el aprovechamiento de la tecnología para innovar en la docencia y la mejora de los laboratorios virtuales y formación en competencias digitales del personal; superar el reto que supone la gestión y realización de las prácticas externas en tiempos de pandemia y tener presente la importancia de la protección de datos para afrontar las cuestiones relacionadas con la docencia virtual y especialmente los aspectos relacionados con la evaluación. En este sentido, la pandemia del COVID-19 nos ha obligado a reflexionar sobre las tareas docentes desde una perspectiva totalmente nueva. Y, en este proceso, hemos descubierto también nuevas oportunidades: herramientas y metodologías que pueden mejorar el aprendizaje y la motivación, o nuevas direcciones en las que avanzar en nuestro campo de investigación. Por tanto, podemos hablar del papel de la pandemia como acelerador de tendencias, con cambios en los contenidos y en la forma de hacer ciencia y docencia. Durante estos meses hemos asistido a un esfuerzo de colaboración y a un volumen de intercambio de información científica realmente sin precedentes. Las herramientas de colaboración en línea han hecho posible superar no sólo el obstáculo más inmediato, las restricciones de movilidad impuestas por el confinamiento, sino también las limitaciones en recursos y capacidades inherentes a los pequeños grupos de investigación tradicionales.

Pero, ¿estamos preparados los protagonistas del proceso educativo, alumnos y docentes, para este reto? ¿tenemos las herramientas docentes adecuadas? ¿proporcionamos las habilidades transversales necesarias?

Una de las cuestiones fundamentales es la necesidad de desarrollar en los alumnos competencias transversales básicas (UNESCO, 2020) que son consustanciales al éxito del proceso educativo. Entre dichas competencias destacan la autonomía, la visión crítica y la capacidad de autoaprendizaje. En un contexto educativo en el que se ha perdido el contacto diario en el aula, los hábitos de trabajo, la capacidad de autorregulación, y la autodisciplina a la hora de abordar las tareas pasan a jugar un papel fundamental.

Muchas de las preguntas que nos hacemos actualmente, no son ciertamente nuevas, sino que estaban ya en la Declaración de Bolonia de 1999 y en la implantación del EEES. No obstante, la actual necesidad de adaptar contenidos y metodologías a la docencia virtual impuesta por la pandemia ha forzado una nueva reflexión sobre nuestro sistema educativo y su eficacia.

En el ámbito de la educación superior se han publicado diversos estudios y ensayos que exploraron los efectos más relevantes del cierre de las aulas y espacios universitarios como consecuencia de la pandemia. Desde las iniciativas del Ministerio de Universidades y CRUE (CRUE, 2020a, 2020b, 2020c), entre las que cabe destacar la creación de un portalweb de recursos para el aprendizaje no presencial denominado Conectad@s: la universidad en casa que fue diseñado y mantenido por la UNED y la UOC; pasando por los trabajos centrados en la descripción y análisis de dicho impacto en las universidades (Crawford et al., 2020; Marinoni et al., 2020); hasta aquellos en los que se pueden consultar propuestas o perspectivas ofrecidas por distintos expertos con relación al futuro de la educación superior en tiempos post COVID-19 (Babatunde Adedoyin & Soykan, 2020; Peters et al., 2020; Rapanta et al., 2020). En su mayor parte, estos trabajos coinciden en destacar que uno de los principales efectos de la COVID-19 sobre la enseñanza universitaria es que ésta se desplazará desde modelos totalmente presenciales, hacia otros en línea y mixtos o semipresenciales, otorgando a los docentes un papel fundamental en este cambio (Figura 1).

Se abre así un debate a nivel internacional, sobre cómo las instituciones universitarias deben actuar y hacer frente ante los efectos de la pandemia, pero éstas, ofrecen respuestas de política educativa bien diferenciadas. Así, por ejemplo, algunas universidades han optado directamente por trasladar para el actual curso toda su oferta de titulaciones y formativa a la modalidad de educación a distancia online, como es el caso de Cambridge o Manchester en Reino Unido o Harvard en EE.UU., mientras otras se afianzan en la defensa de la presencialidad como seña de su identidad docente por lo que articulan soluciones híbridas de combinación de lo físico con lo virtual. En todo caso, la creciente importancia de los MOOC resulta indiscutible, con tasas de crecimiento superiores al 40% en los próximos años, según diferentes proyecciones.



riendo carácter de ciencia, así se habla hoy de la Ciencia de la Información Geográfica (Goodchild, 2009) o *GIScience*. Sin embargo, es conocida la dificultad de las TIG y los SIG, tanto en su empleo cotidiano, como en su aprendizaje (Rickles, Ellul y Haklay, 2017), a pesar de ello, la mayoría de los departamentos universitarios de Geografía en el mundo se centran en enseñar herramientas SIG (Carlson, 2007) como parte esencial de la ciencia geográfica, bien de forma presencial o bien a distancia, como sucede con una tercera parte de los másteres en SIG (Lukinbeal y Monk, 2015), con una creciente participación de estudiantes en ellos.

La forma más extendida de enseñar SIG es explicar primero la teoría y ofrecer a continuación un ejercicio (Álvarez-Otero y Lázaro, 2019), a modo de laboratorio, que ejemplifique la teoría explicada (Walsh 1992, U.S. Geological Survey 2005). En general, el trabajo de campo no se considera un elemento esencial en las clases de SIG y las problemáticas integradas y transversales suelen ser muy escasas.

De hecho, enseñar SIG como asignatura específica, bien sea obligatoria u optativa, es un hecho habitual en la mayoría de las universidades que, desde distintas ciencias, han descubierto la importancia de las Ciencias de la Información Geográfica. Sin embargo, emplear los SIG como un recurso más a la hora de impartir docencia en las distintas ramas y asignaturas con carácter espacial es un hecho que se está empezando a plantear en las aulas universitarias en los últimos años (Lázaro, Izquierdo y González, 2016; Carter, 2019; Mathews y Wikle, 2019). Esta inmersión en herramientas TIG, cada vez más extendida, se debe a la democratización cada vez mayor de las herramientas SIG, que el avance tecnológico está favoreciendo.

En este contexto surge el proyecto europeo MYGEO, “*Geo tools for Modernization and Youth employment*” (2018-1IT02-KA203-048195), que defiende una metodología de enseñanza basada en la competencia digital, centrada en la adquisición de las competencias transversales y específicas de SIG para llevar a cabo la resolución de problemas de manera eficiente que mejore la empleabilidad futura de los estudiantes universitarios.

El objetivo fundamental del *Massive Online Open Course* (MOOC) *Geo tools for employability* consiste en diseñar y desarrollar un plan de formación para estudiantes europeos de educación superior que puedan ampliar y desarrollar sus capacidades transversales y específicas en SIG. Dichas habilidades han sido definidas por organismos, administraciones y empresas público-privada que trabajan en el sector y pretenden aumentar la empleabilidad de los jóvenes graduados y potgraduados en un mundo cada vez más competitivo, globalizado y digital.

## 2. SELECCIÓN DE COMPETENCIAS ESPECÍFICAS Y TRANSVERSALES COMO CONTENIDOS ESENCIALES DEL MOOC

La selección de competencias a desarrollar durante el plan de formación parte de la premisa de reconducir el carácter descriptivo y tradicional de la geografía, para transformarla a través de las competencias SIG en un pensamiento significativo, geoespacial crítico e inteligente. Esta línea es seguida por el panel de expertos del GIS Body of Knowledge (BoK GIS & T) quienes, hablando de teoría, método, tecnología. (Wilson, 2014) enumeran distintas habilidades de interés en el universo TIG, siempre inte-

grando la geotecnología en el discurso docente (oral, escrito o a distancia) y utilizando diferentes modelos de enseñanza y aprendizaje.

Las necesidades de los estudiantes se han obtenido de la revisión bibliográfica sobre competencias TIG-SIG, tomadas principalmente del cuerpo de conocimiento SIG (GIS Body of Knowledge), así como de la revisión de diversos trabajos como los de Alqvist, Ola (2017), DiBiase, et al (2006 y 2010), Unwin et al (2011) y De Miguel (2019).

Una vez seleccionadas las competencias específicas y transversales que el equipo docente consideró fundamentales, se realizaron diferentes grupos de discusión a: (i) estudiantes egresados de formación superior en SIG de las cuatro universidades participantes en el proyecto - Gante, Padova, UNED-Madrid y Zaragoza- (n:110) y (ii) empresas que utilizan u ofrecen entre sus servicios los SIG (n:72).

De este modo, se establecieron un total de cuatro competencias transversales (Tabla 1) y cuatro competencias específicas de SIG (Tabla 2) para trabajar a lo largo de todo el MOOC.

**Tabla 1.** Competencias clave seleccionadas para su consideración por los estudiantes y las empresas, que ordenaron y jerarquizaron según su grado de necesidad en el mundo laboral.

<b>Competencias transversales</b>	
<i>Analytical and critical thinking</i>	<i>Creative Thinking</i>
	<i>Knowledge Management</i>
	<i>Model Building Skills</i>
	<i>Problem-Solving Skills</i>
	<i>Research Skill</i>
	<i>Technical Writing</i>
	<i>Technological Literacy</i>
	<i>Systems Thinking</i>
Business skills	<i>Ability to See the Big Picture</i>
	<i>Business Understanding</i>
	<i>Buy-in/Advocacy</i>
	<i>Change Management</i>
	<i>Cost Benefit Analysis/ROI</i>
	<i>Ethics Modeling</i>
	<i>Industry Understanding</i>
	<i>Legal Understanding</i>
	<i>Organizational Understanding</i>
	<i>Performance Analysis and Evaluation</i>
	<i>Visioning</i>
Interpersonal skills	<i>Coaching</i>
	<i>Communication</i>
	<i>Conflict Management</i>
	<i>Feedback Skills</i>
	<i>Group Process Understanding</i>
	<i>Leadership Skills</i>
	<i>Questioning</i>
	<i>Relationship Building Skills</i>
	<i>Self-Knowledge/Self-Management</i>
Technical skills	<i>Geospatial Sensor</i>
	<i>Cartography / Graphic representation</i>
	<i>Computer Programming Skills</i>
	<i>GIS Theory</i>
	<i>Photogrammetry</i>
	<i>Topology</i>
	<i>Communication network</i>
	<i>Store tecnology (included data formats)</i>
	<i>Spatial refeneicie system</i>
	<i>Mobile</i>
	<i>Scale and resolution</i>

**Tabla 2.** Competencias específicas SIG establecidas en términos de tareas clave de trabajo y conocimientos y habilidades esenciales requeridos para que un profesional tenga éxito.

<b>Competencias específicas en SIG</b>	
Source: describe el conocimiento necesario para recolectar, manipular y administrar datos usando equipos, técnicas y métodos geoespaciales. Utilizar sistemas básicos de información geográfica (SIG), Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), habilidades topográficas y cartográficas.	Ability to Assess Metadata Open data Georeferencing Data coming from GPS, drone, radiometer, spectral camera and performing data corrections as needed.
Store: refiere al conocimiento necesario para adquirir, gestionar, recuperar y difundir datos para facilitar la integración, el análisis y la síntesis de información geoespacial. Asegurando que la calidad de los datos y el producto cumpla con los estándares profesionales y de la industria).	Big data Data model Validation processes Data integrity Data maintenance
Analysis: detalla el conocimiento necesario para garantizar que los diversos elementos y enfoques de SIG y análisis se comprendan correctamente para capturar, almacenar, administrar y visualizar con éxito los datos que están vinculados directamente a una ubicación. Capacidad para pensar espacialmente y realizar análisis espaciales sobre datos referenciados geográficamente).	Thematic information Spatial information Tools
Data visualizations: capacidad de crear productos visuales, tabulares y analíticos efectivos, es decir, mapas, gráficos, tablas, estadísticas, bases de datos y modelos. Detalla la capacidad los principios cartográficos y de visualización para generar productos que representen información sobre el entorno físico y que los tomadores de decisiones puedan entender fácilmente.	Visualitation (2D, 3D, VRE). M2M Applications

Fuente: Elaboración propia.

Dichas competencias, no son sólo adquiridas por los estudiantes a través del MOOC, sino que se complementan con un desarrollo práctico estructurado en criterios de empleabilidad. Así, la formación se complementa con un programa de movilidad internacional para realización de prácticas por parte de estudiantes de último curso de distintas disciplinas (geografía, geología, educación, historia, medio ambiente, ingeniería...) a las distintas empresas vinculadas en el proyecto: GeoSpatiumLab (<https://www.geoslab.com/>), ARS Progetti (<https://www.arsprogetti.org/>), Archetipo (<https://archetipo-srl.com/>) and Geosolutions (<https://www.geosolutionsgroup.com/>).

A lo largo de los dos meses de estancias se llevan a cabo tanto tareas empresariales y de resolución de problemas, como mesas debate y autoevaluación de las destrezas que deben adquirir los estudiantes para una resolución eficiente de los problemas planteados por la empresa. Los estudiantes van analizando y autoevaluándose, semanalmente, sus destrezas para la resolución de los problemas y la adquisición de

nuevos métodos, técnicas y habilidad SIG. Una vez finalizada la estancia, se realiza la evaluación final de las competencias adquiridas durante las prácticas, de forma complementaria a la propia evaluación del MOOC.

### 3. ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

La estrategia metodológica diseñada por universitarios y empresas como currículo del MOOC se basa en el modelo *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) pues se integran en su diseño las tres dimensiones del mismo (Mishra et al., 2006; Schmidt et al., 2009; Drummond & Sweeney, 2017; Gómez Trigueros, 2018; Álvarez-Otero y Lázaro, 2018; Mishra, 2019):

- (i) **Contenidos:** se adquieren contenidos geográficos a través de localizar elementos y entidades en el espacio relacionados con cualquier tema o ciencia, pues permite observar relaciones y tendencias de los elementos o entidades de las mismas sobre el territorio. Pero a su vez, a través de la realización de los casos prácticos se adquieren competencias necesarias para cualquier ciencia, como son las competencias en tecnologías entre las que destacan los contenidos relacionados con SIGWeb, “SIG móvil” y programación integrada en SIG (Rip et al., 2014; Lovelace et al., 2019).
- (ii) **Pedagogía:** se han buscado una formación eminentemente práctica que combina técnicas indagatorias, flip teaching, trabajo de campo integrando geocaching, trabajo colaborativo y aprendizaje basado en proyectos (ABP) y en problemas (ABPr).
- (iii) **Tecnología:** las reflexiones, aportadas por las distintas rondas de los grupos de discusión organizados con la participación de los profesores universitarios, estudiantes egresados y la implicación activa y real de las empresas en la elaboración de los ejercicios, ha permitido elaborar un programa que contiene las destrezas más relevantes que un profesional de SIG debe conocer para resolver de forma eficiente los problemas geoespaciales planteados. De este modo, los softwares utilizados a lo largo del curso intentan abarcar todas las especialidades anteriormente definidas, siendo desde corporativos a libres (ESRI, QGIS, PhotoScan, Anaconda, CatME-dit...).

#### 3.1 Estructura del curso

La estructura se basa en las ocho competencias que se han definido para trabajar dentro del curso (Figura 2), cada una de esas competencias está asociada a un perfil profesional, se trata de personas reales que han planteado un caso concreto de análisis ya llevado a cabo en el mundo empresarial o universitario. Dichos perfiles, a su vez, están asociados a un tipo de problemática espacial y plantean situaciones en las que el individuo debe adaptarse a las necesidades de tiempo, personal y capital, planteadas por el especialista.

Figura 2. Tabla de contenidos de los ocho módulos que integran el curso.

**MOOC FOR STUDENTS IN HIGHER EDUCATION**

About this course...  
**Geo Tools for Employability (Portfolio MyGEO)**

**Module 1: GIS, how did it change my professional life? GIS theory.**

**Module 2: How can I change the world using GIS? Data source and storage, data coming from direct and indirect information.**

**Module 3: Are my data really valid? Data maintenance, data protection and integrity.**

**Module 4: Where do I obtain data for "the where"? Data coming from GPS, drone, radiometer, spectral camera... And performing data corrections as needed.**

**Module 5: What do you know about spatial analysis? Spatial analysis.**

**Module 6: Attractive geotools... are they possible? Geo-processing.**

**Module 7: How can I visualize my data? Visualization and map viewers.**

**Module 8: Will mobile apps help me to get a job? Geo-applications and programming.**

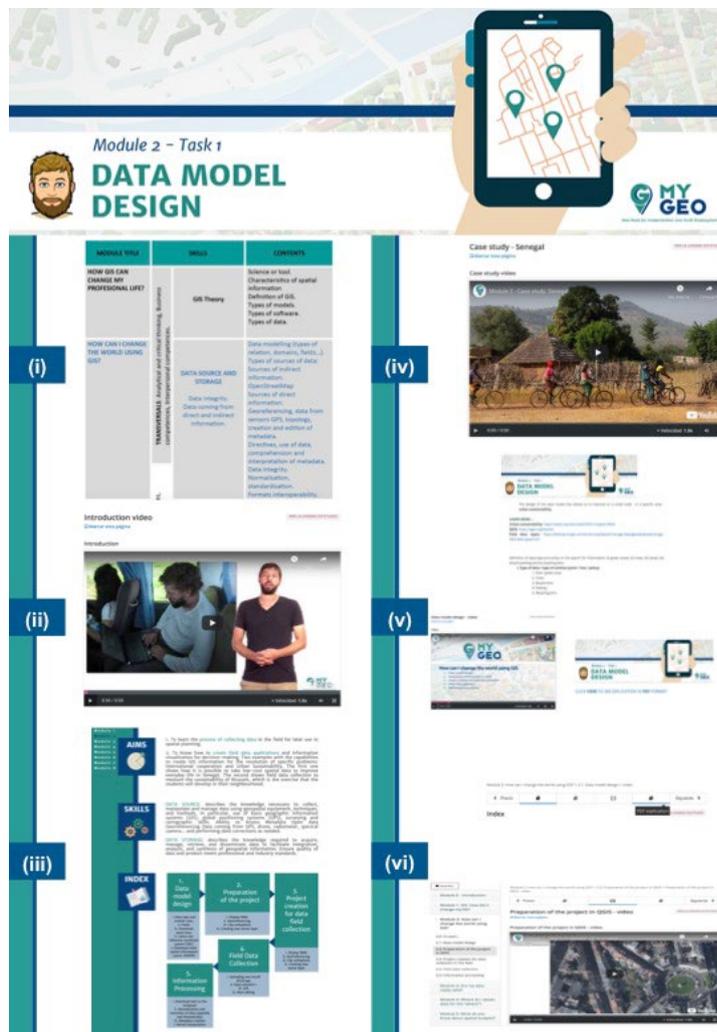
Fuente: Elaboración propia.

Salvo en los dos primeros módulos, esta estructura no es secuencial, sino que el alumno puede plantear el orden que considere de los módulos para ir reforzando las competencias ya adquiridas y, desarrollar las nuevas habilidades transversales y específicas según sus capacidades e intereses.

### 3.2. Materiales y recursos

El resultado de todo el curso masivo abierto en línea o MOOC tiene una duración de 50 horas (2 ECTS) (Figura 3), que se oferta en cuatro idiomas (inglés, español, italiano y belga) en la plataforma de UNED Abierta ([https://iedra.uned.es/courses/course-v1:UNE-D+GeoTIG\\_Empleo+2021/about](https://iedra.uned.es/courses/course-v1:UNE-D+GeoTIG_Empleo+2021/about)) y que consta en cada uno de ellos de: (i) un texto explicativo con los contenidos y competencias que en concreto se van a trabajar en ese módulo; (ii) un vídeo o tráiler que presenta al profesional y los contenidos y competencias que se van a trabajar con él; (iii) una ficha resumen del módulo con sus objetivos, estándares de aprendizaje y contenidos específicos; (iv) un video introductorio del caso de estudio planteado; (v) una explicación de los pasos o procesos a realizar –ésta información viene dada en tres formatos: interactivo mediante un .html, video, documento .pdf- y (vi) distintos enlaces y recursos y foros específicos de tutoría y de ampliación de contenidos.

**Figura 3.** Diferentes recursos y medios con los que cuenta el MOOC para la impartición de sus contenidos on-línea



Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Sistema de evaluación

Ha sido diseñado un sistema de evaluación por competencias, mediante el proceso de recogida de evidencias, a través de la entrega de las actividades de aprendizaje que el alumno debe subir a una plataforma ([GeoNode](#)). Se trata de un espacio se fomenta: (i) la identificación de posibles usos de los SIG en diferentes sectores: proporcionando un amplio espectro sobre la aplicabilidad de los SIG y, en consecuencia, despertando el interés de los alumnos; (ii) la eficiente interacción entre estudiantes, empresas y academia; (iii) la empleabilidad de los estudiantes universitarios: a través de la adquisición de competencias clave relacionadas con el uso de aplicaciones SIG en el mercado laboral, así como a través de la interacción directa entre solicitudes de empleo y ofertas.

A su vez, se han diseñado dos encuestas con el fin de medir el progreso del estudiante, según unos resultados de aprendizaje esperados, la primera se realiza al inicio del MOOC y la última se entrega una vez finalizado el curso. En ellas, además, se mide

el grado de motivación que han despertado las actividades propuestas, si les han parecido útiles y de alguna manera, si cumple con el objetivo principal de este proyecto, que es el de adquirir competencias de naturaleza geoespacial para atender a las necesidades del mercado laboral.

#### 4. VALIDACIÓN DE LA EFICACIA DEL MOOC

Por último, para la validación de la metodología diseñada se han establecido una serie de indicadores cuantitativos con el fin de medir el grado de aceptación del MOOC: *Geo tools for employability*: (i) número de personas que inician el MOOC, número de personas que siguen al menos el primer módulo y número de personas que lo terminan; (ii) número de visitas a los vídeos del MOOC; (iii) seguimiento a los usuarios mediante encuestas de opinión, sobre el tiempo invertido en cada módulo del curso, grado de dificultad y tiempo de espera de una respuesta de los profesores.

En la primera edición del curso 2019-2020 se han matriculado 282 estudiantes de los cuales 163 han contestado y seguido la realización del curso por completo. Las principales conclusiones extraídas se sintetizan en

##### 4.1. Características de los alumnos matriculados en el MOOC

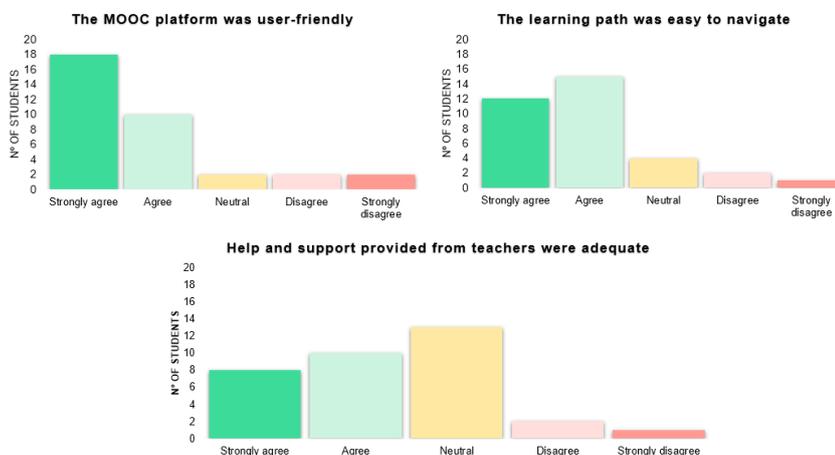
La gran mayoría de los participantes de los MOOC son estudiantes jóvenes (20-29), sobre todo de pregrado. Ambos sexos están distribuidos casi por igual en los MOOC, con una presencia ligeramente mayor de hombres (53%). Los tres países más representados entre los estudiantes fueron España (33,6%), Italia (17,6%) y Reino Unido (4,5%). Más del 96% de los estudiantes clasificaron su competencia en Tecnología Geoespacial entre principiantes e intermedios, de manera que solo el 3,7% de los estudiantes se consideran expertos en Tecnología Geoespacial.

Para más del 56% del alumnado este fue su primer MOOC. Solo el 16% tenía una experiencia considerable con los MOOC, habiéndose inscrito en al menos cinco. Esta falta de rutina en este tipo de aprendizaje también es algo que avala lo atractivo del curso y su práctica para la empleabilidad; más aun considerando que un tercio de los que tenían experiencia MOOC habían abandonado en al menos uno de sus MOOC anteriores, y el 22% los abandonó todos.

##### 4.2. Grado de satisfacción de los estudiantes con la estructura y contenidos de MOC

Los estudiantes valoraron la plataforma elegida (IEDRA), de manera muy alta. Un 82% del alumnado está muy de acuerdo o de acuerdo con la facilidad de uso de la plataforma elegida (Figura 4). Además, el diseño de la plataforma de aprendizaje resulta fácil en navegación para el 79% de la muestra (muy de acuerdo o de acuerdo) y solo el 9% encontró dificultades para seguir la estructura.

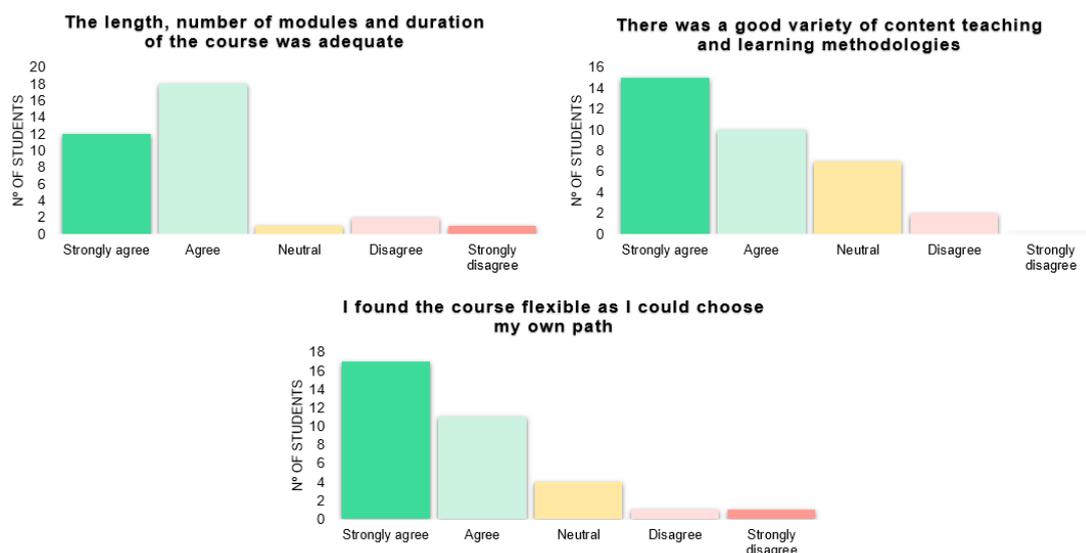
**Figura 4.** Percepción de los estudiantes sobre la plataforma IEDRA



Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, los estudiantes valoraron muy positivamente el contenido del curso, particularmente su extensión, su variedad y su flexibilidad en el camino de aprendizaje (Figura 5). Así, solo el 9% creía que la extensión, duración y número de módulos era inapropiado para el MOOC, en contraste con el 88% que estaba muy de acuerdo o estaba de acuerdo en que estos eran adecuados. Solo el 6% estuvo en desacuerdo con la variedad de contenido ofrecido en el MOOC y otro 6% estuvo en desacuerdo o muy en desacuerdo con su flexibilidad, lo que confirma que estos son puntos fuertes de la formación ofrecida.

**Figura 5.** Evaluación de los estudiantes sobre el contenido y material didáctico facilitado

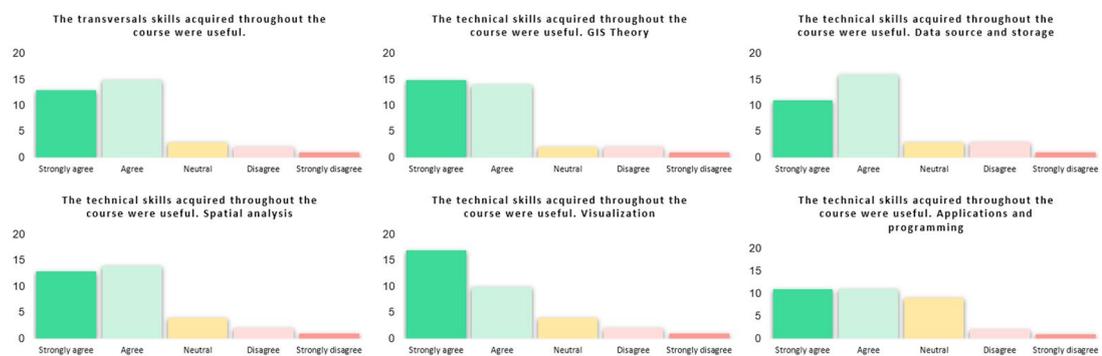


Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. Grado de satisfacción con las competencias transversales y específicas adquiridas durante la realización del curso

En su mayor parte, el alumnado elogió la utilidad de las habilidades transversales y técnicas adquiridas a lo largo del curso (Figura 6), existiendo un porcentaje inferior al 10% en casi todas ellas en la respuesta “muy en desacuerdo” o “en desacuerdo” con la utilidad de estas habilidades.

**Figura 6.** Utilidad percibida de las competencias transversales y técnicas de SIG adquiridas tras la realización del MOOC



Fuente: Elaboración propia.

## 5. PRINCIPALES RESULTADOS

La encuesta nos permite evaluar la percepción de los estudiantes sobre la utilidad de estas competencias transversales y relacionadas con los SIG para su empleabilidad, así como valorar el desempeño de los diferentes módulos. En la Tabla 3, podemos ver esta percepción y desempeño en base a las habilidades y conocimientos previos de los estudiantes. Hemos fusionado a aquellos que respondieron que están totalmente de acuerdo o de acuerdo en que sus habilidades y conocimientos previos fueron valiosos para completar el curso en una categoría y aquellos que se sintieron neutrales, en desacuerdo o totalmente en desacuerdo en otra categoría.

**Tabla 3.** Utilidad de las habilidades transversales y técnicas por grupos de habilidades y conocimientos previos al curso

Valuable previous skills and knowledge to complete the course	Response to usefulness of acquired transversal and technical skills	Technical skills					
		Transversal skills	GIS theory	Data source & storage	Spatial Analysis	Visualization	Apps & programming
Group: sufficient previous background N=23	Strongly agree	43.5%	52.2%	43.5%	47.8%	56.5%	39.1%
	Agree	47.8%	39.1%	47.8%	43.5%	30.4%	39.1%
	Neutral	4.3%	4.3%	4.3%	4.3%	8.7%	17.4%
	Disagree	4.3%	4.3%	4.3%	4.3%	4.3%	4.3%
	Strongly disagree	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Group: insufficient previous background N=11	Strongly agree	27.3%	27.3%	9.1%	18.2%	36.4%	18.2%
	Agree	36.4%	45.5%	45.5%	36.4%	27.3%	18.2%
	Neutral	18.2%	9.1%	18.2%	27.3%	18.2%	45.5%
	Disagree	9.1%	9.1%	18.2%	9.1%	9.1%	9.1%
	Strongly disagree	9.1%	9.1%	9.1%	9.1%	9.1%	9.1%

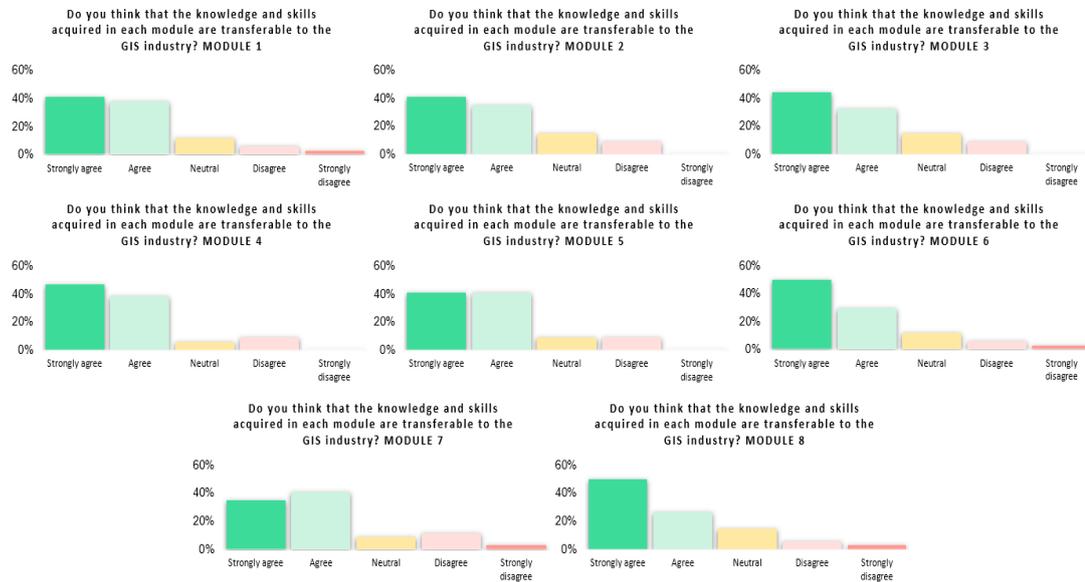
Significance (p-value <0.05)

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el apartado de resultados, los estudiantes generalmente están de acuerdo con la utilidad de las competencias transversales y técnicas para su empleabilidad, ya que la mayoría respondió que estaba de acuerdo o muy de acuerdo con esta afirmación.

Sin embargo, el análisis de estas respuestas diferenciando a los estudiantes en función de sus conocimientos y habilidades previas, a través la prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes, observamos diferencias estadísticamente significativas en tres de las habilidades técnicas. Los estudiantes con una competencia de tecnología geoespacial inicial más baja tendían a no ver la utilidad de la fuente y el almacenamiento de datos, el análisis espacial y las aplicaciones y habilidades de programación tan claras como aquellos que ya tienen un grado medio-alto de competencias geoespaciales adquiridas. Además, no existen diferencias significativas en la evaluación de la utilidad de las habilidades transversales, teoría SIG y visualización, en estos dos grupos de alumnado. Finalmente, pese a que el grado de satisfacción de todos los módulos es muy elevado, se observa que los estudiantes con habilidades geográficas y geoespaciales previas a la realización del curso se mostraron más satisfechos con los módulos y con la mejora en sus habilidades técnicas (Figura 7).

**Figura 7.** Utilidad percibida de las competencias transversales y técnicas de SIG adquiridas tras la realización del MOOC para su empleabilidad



## 6. CONCLUSIONES

La organización de todos los contenidos del MOOC: *Geo tools for employability*, así como las estrategias de enseñanza implementadas, están respondiendo a estos nuevos desafíos de incremento de la enseñanza digital y a distancia. Pero, además, la formación de MyGEO centrada en tecnologías espaciales y de la información geográfica, mejora la incorporación al mercado de trabajo al promover la adquisición de competencias digitales, tan necesarias en el contexto creciente de teletrabajo e internacionalización de las empresas.

Pese a los resultados obtenidos por este y otro tipo de formaciones on-line, han surgido demandas –especialmente del estudiantado– de mantener la presencialidad en la educación superior, para mantener la calidad de la enseñanza universitaria y profesional. No obstante, esto es compatible con un modelo híbrido “presencial-no presencial” o *blended learning*, que este proyecto ha logrado mantener gracias a la formación internacional en centros de trabajo.

La experiencia desarrollada en este proyecto, así como las nuevas formas de presencialidad adaptada durante el actual curso 2020-21 puede acelerar, en un futuro próximo, algunos cambios relevantes en las políticas educativas en el sistema universitario español. El conjunto de estas resoluciones es un primer paso institucional. Los resultados obtenidos nos indican que las condiciones infraestructurales y de servicios ya existentes junto con la mejora de las competencias digitales del profesorado y el alumnado harán posible todos estos cambios, pero ¿se obtendrán los mismos resultados y se adquirirán las mismas competencias?, ¿volveremos a un proceso enseñanza-aprendizaje centrado en el profesorado?

Resulta indiscutible que estamos ante un momento de cambio importante en las universidades y los geógrafos debemos al menos, replantearnos qué y cómo queremos educar a los ciudadanos del futuro. Seguramente el desafío no será sólo de combinar lo presencial con lo digital, sino de dar otro significado a la presencialidad y a nuestra disciplina, de manera que podamos visibilizar el potencial económico y social de la ciencia geográfica y la tecnología geospacial en un mundo cambiante.

## BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ-OTERO, J., Y DE LÁZARO TORRES, M.L. (2018). Education in Sustainable Development Goals Using the Spatial Data Infrastructures and the TPACK Model. *Education Sciences*, 8(4), 171; <https://doi.org/10.3390/educsci8040171>.
- ÁLVAREZ-OTERO, J., Y LÁZARO, M.L. DE (2019). Las infraestructuras de datos espaciales: un reto y una oportunidad en la docencia de la Geografía. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* (82), 19-29
- ALQVIST, O. (2016). All You Need to know about the New GIS & T Body of Knowledge Directions Mag Webinar, downloaded on October 5, 2017.
- BABATUNDE ADEDOYIN, O., & SOYKAN, E. (2020). Covid-19 pandemic and online learning: the challenges and opportunities. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1813180>.
- CRAWFORD, J., BUTLER-HENDERSON, K., RUDOLPH, J., MALKAWI, B., GLOWATZ, M., & BURTON. (2020). COVID-19: 20 countries' higher education intra-period digital pedagogy responses. *Journal of Applied Learning & Teaching*, 3(1). <https://doi.org/10.37074/jalt.2020.3.1.7>
- CARLSON, T. (2007). A Field-Based Learning Experience for Introductory Level GIS Students. *Journal of Geography*, 106(5), 193-198, <https://doi.org/10.1080/00221340701697636>.
- CARTER, J.C. (2019). *Introduction to human geography using ArcGIS online*. Redlands, California: Esri Press.
- CRUE. (2020A). *Crue Universidades Españolas trabaja para que la crisis del Covid-19 afecte lo menos posible al desarrollo de la actividad universitaria*.
- CRUE. (2020B). *La Universidad frente a la pandemia*.
- CRUE. (2020C). *Procedimientos de Evaluación no Presencial. Estudio del Impacto de su Implantación en las Universidades Españolas y Recomendaciones*.
- DE MIGUEL GONZÁLEZ, R (2019). Europe in a global context: Eurogeo and he role of geography and european geographers. *European Journal of Geography* 10(4):160-176.
- DIBIASE, D. W., DEMERS, M. N., JOHNSON, A. J., KEMP, K. K., TAYLOR-LUCK, A., PLEWE, B. S., & WENTZ, E. A. (EDS). (2006). *Geographic Information Science and Technology Body of Knowledge* (First Edition). Washington, D.C., Uni-versity Consortium for Geographic Information Science and Association of American Geographers.
- DIBIASE, D., TRIPP, C., THOMAS, F., JOE, F., KASS G., JANET, J., GARY, J., BRIAN, J.N., BRENT, J., JEREMY M., KARREN, S., SMITH C.Y, & SICKLE, V. (2010). The New Geospatial Technology Competency Model: Bringing Workforce Needs Into Focus, *URISA Special GIS Education Issue*, Vol. 22, No. 2, pp. 55-72.
- DRUMMOND, A. Y SWEENEY, T. (2017). Can an objective measure of technological pedagogical content knowledge (TPACK) supplement existing TPACK measures? *British Journal of Educational Technology*, 48(4), 928-939. <https://doi.org/10.1111/bjet.12473>.

- GISGEOGRAPHY. (2019). 1000 GIS Applications & Uses – How GIS Is Changing the World. <https://gisgeography.com/gis-applications-uses/> [consulta: 20/09/2020]
- GÓMEZ TRIGUEROS, I. M. (2018). New learning of geography with technology: the TPACK model. *European Journal of Geography*, 9(1), 38–48.
- GOODCHILD, M. F. (2009). Geographic information systems and science: today and tomorrow, *Annals of GIS*, 15:1, 3–9, <https://doi.org/10.1080/19475680903250715>.
- LÁZARO, M.L. DE; IZQUIERDO, S., Y GONZÁLEZ, M.J. (2016). Geodatos y paisaje: De la nube al aula universitaria. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 70, 371–391. <https://doi.org/10.21138/bage.2175>.
- LOVELACE, R., NOWOSAD, J., & MUENCHOW, J. (2019). *Geocomputation with R. The R Series*. Chapman and Hall/CRC Press . ISBN 9781138304512 <https://geocompr.robinlovelace.net/>
- LUKINBEAL, C. Y MONK, J.J. (2015). Master’s in Geographic Information Systems Programs in the United States: Professional Education in GIS and Geography, *The Professional Geographer*, 67: 482–489. <https://doi.org/10.1080/00330124.2014.983630>.
- MARINONI, G., VAN’T LAND, H., & JENSEN, T. (2020). *The impact of covid-19 on higher education around the world*. IAU Global Survey Report.
- MATHEWS, A. J., & WIKLE, T. A. (2019). GIS&T pedagogies and instructional challenges in higher education: A survey of educators. *Transactions in GIS* <https://doi.org/10.1080/10.1111/tgis.12534>.
- MISHRA, P. & KOEHLER, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- MISHRA, P. (2019). Considering Contextual Knowledge: The TPACK Diagram Gets an Upgrade, *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 35:2, 76–78, <https://doi.org/10.1080/21532974.2019.1588611>.
- MURGA-MENOYO, M. A. (2018). La formación de la ciudadanía en el Marco de la Agenda 2030 y la justicia ambiental. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Global*. 07 (01), 37–52.
- PETERS, M. A., RIZVI, F., MCCULLOCH, G., GIBBS, P., GORUR, R., HONG, M., HWANG, Y., ZIPIN, L., BRENNAN, M., ROBERTSON, S., QUAY, J., MALBON, J., TAGLIETTI, D., BARNETT, R., CHENGBING, W., MCLAREN, P., APPLE, R., PAPASTEPHANOU, M., BURBULES, N., ... JANDRI, P. (2020). Reimagining the new pedagogical possibilities for universities post-Covid-19 An EPAT Collective Project An EPAT Collective Project. *Journal Educational Philosophy and Theory*. <https://doi.org/10.1080/00131857.2020.1777655>
- RAPANTA, C., BOTTURI, L., GOODYEAR, P., GUÀRDIA, L., & KOOLE, M. (2020). Online University Teaching During and After the Covid-19 Crisis: Refocusing Teacher Presence and Learning Activity. *Postdigital Science and Education*, 2, 923–945. <https://doi.org/10.1007/s42438-020-00155-y>
- RICKER, B. Y THATCHER, J. (2017). Evolving technology, shifting expectations: cultivating pedagogy for a rapidly changing GIS landscape. *Journal of Geography in Higher Education*, 41(3), 368–382.
- RICKLES, P. Y ELLUL, C. (2017). Innovations in and the changing landscape of geography education with Geographic Information Systems. *Journal of Geography in Higher Education*, 41(3), 305–309.
- RICKLES, P., ELLUL, C. Y HAKLAY, M. (2017). A suggested framework and guidelines for learning GIS in interdisciplinary research. *Geo: Geography and Environment* 4 (2), e00046 <https://doi.org/10.1002/geo2.46>
- RIP, F. I., VAN LAMMEREN, R. J. A., & BERGSMA, A. R. (2014). *Analysis of the supply of geospatial education and training—Results of the GI-N2K Supply Survey*. GI-N2K. Resultados de la Red Académica Erasmus+ N° 540409-LLP-1-2013-1-BEERASMUS-ENW disponibles en: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/328191>

- SCHMIDT, D. A., BARAN, E., THOMPSON, A. D., MISHRA, P., KOEHLER, M. J., Y SHIN, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK) the development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123-149. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782544>
- U.S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS). (2005). *Geographic Information Systems in Education*, U.S. Department of the Interior.
- UNESCO. (2020). *Global monitoring of school closures caused by COVID-19*. <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse>
- UNWIN, D. J., FOOTE, K.E., TATE, N.J. & DIBIASE, D., EDS. (2011). *Teaching geographic information science and technology in higher education*. Hoboken, U.S.: Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/9781119950592>
- WALSH, S. (1992). Spatial education and integrated hands on training: Essential foundations of GIS instruction. *Journal of Geography* 44(2), 54-61.
- WILSON, J. P. (2014). *Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge 2.0 Project*. Final Report: University Consortium for Geographic Information Science. (<https://bit.ly/2tk3qCW>) [consulta: 20/09/2020].
- WILSON, B., WILSON, N. & MARTIN, S. (2019). *Using GIS to Advance Social Economics Research: Geocoding, Aggregation, and Spatial Thinking*, Forum for Social Economics. <https://doi.org/10.1080/07360932.2018.1509798>



# LA APLICACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA DETECCIÓN PRECOZ DE DEPÓSITOS DE RESIDUOS EN CANARIAS

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLIED TO EARLY DETECTION OF LANDFILLS IN CANARY ISLANDS

---

José Julio Rodrigo; Daniel Acosta Hernández; Airam Amador González; Ana Brito Botín 1; Juan Jorge Rosales; Juan Manuel Poveda; Susana Díaz Vásquez 2; Estela Goretti González Hernández; Ángel Rafael Fariña Chinaa.

---

Cartográfica de Canarias SA, Agencia Canaria de Protección del Medio Natural  
[anabrito@grafcan.com](mailto:anabrito@grafcan.com) 1 (<https://orcid.org/0000-0002-9234-7962>) [sdiavas@gobiernodecanarias.org](mailto:sdiavas@gobiernodecanarias.org) 2

---

### Resumen

Los vertederos ilegales no solo suponen un problema económico para los territorios que los padecen, sino que representan una importante amenaza para la salud pública y el medio ambiente. En Canarias, la Agencia Canaria de Protección del Medio Natural (ACPMN), organismo con competencias en materia de residuos, ha abierto en los últimos 20 años 22 468 expedientes sancionadores por la infracción de la normativa en esta materia. Esto es de extrema importancia en un territorio especialmente frágil como las islas Canarias que cuenta con más del 40 % de su superficie protegida, con altos niveles de biodiversidad y de endemismos.

La detección de estos vertederos ilegales tradicionalmente ha requerido gran cantidad de personal, tiempo, dinero, además de la colaboración ciudadana. GRAF-CAN ha logrado realizar la detección de depósitos de residuos terrestres a unos costes reducidos utilizando técnicas de Inteligencia Artificial.

Con este sistema se ha logrado detectar 380 115 depósitos de residuos en el año 2020, lo que permite pensar que esta metodología puede convertirse en un sistema de monitoreo y vigilancia precoz de los residuos en el contexto canario, mejorando así la gestión de esta problemática.

**Palabras clave:** Inteligencia Artificial, Depósitos de residuos, ilegal, Ortoexpress, Canarias

### Abstract

Illegal landfills not only are an economic problem for those territories in which they happen, but they also represent an important public health and environmental hazard. In the Canary Islands, the Canary Agency for the Protection of the Natural Environment (aka ACPMN), the organism with jurisdiction over illegal landfills, has opened 22 468 sanction proceedings for this matter in the last 20 years. This is of utmost importance in a territory as fragile as the Canary Islands, with more than 40% of its

surface subjected to protection regulations, with high levels of biodiversity and endemism.

The detection of these illegal landfills has traditionally required a great amount of time, money, staff, and civic cooperation. GRAFCAN has now achieved a low-cost detection of landfills using artificial intelligence techniques.

380 115 landfills have been detected in 2020, which leads us to believe that this methodology could become the monitoring and early detection system for the Canary Islands, improving the management of this issue.

**Keywords:** Artificial Intelligence, landfills, illegal, ortoexpress, Canary Islands.

## 1. INTRODUCCIÓN-ANTECEDENTES

### 1.1 Introducción

El proyecto de detección de residuos terrestres en ortofotos surge de la necesidad de identificar y conocer el volumen real de residuos ilegales en Canarias de una manera eficaz y sin incurrir en altos costes. Aunque se cuenta con cifras y datos del volumen de residuos que son legalmente depositados en los diferentes vertederos de Canarias, se carece de información acerca de las acumulaciones de residuos que pueden llegar a conformar grandes vertederos ilegales y que originan problemas de índole sanitario y medioambiental.

Este proyecto pretende facilitar la labor a las autoridades competentes proporcionando información de la localización y de la vulnerabilidad del suelo en el que se produce el depósito, contribuyendo a agilizar la actuación de la administración, y a frenar la proliferación de vertederos ilegales en el archipiélago.

La Agencia Canaria de Protección del Medio Natural (ACPMN) tiene competencias en materia de inspección, instrucción de expedientes de disciplina urbanística y potestad sancionadora, en determinados supuestos, por infracción de la legislación en materia de costas, montes, ruido, residuos, envases, organismos genéticamente modificados, conservación de la fauna silvestre en los parques zoológicos, prevención y control integrados de la contaminación, evaluación de impacto y cetáceos.

Del total de expedientes sancionadores abiertos en la Comunidad Autónoma Canaria en 2017 el 58 % (1255) se producen por infracciones en materia de residuos. Este porcentaje varía en función de la isla objeto de estudio, siendo máximo en Fuerteventura y Gran Canaria, donde el 79 % y 61 % de los expedientes abiertos por la ACPMN se corresponden con infracciones por residuos. Si tenemos en cuenta el periodo 1999-2020, 22 468 de los 54 317 (el 41,36%) expedientes abiertos por la ACPMN en este tiempo, corresponden a infracciones por residuos.

Para poder contextualizar estas cifras, hay que reseñar que en la totalidad de Inglaterra, con una población de 55 millones de personas y una superficie de 130 mil kilómetros cuadrados, surgen cada año unos 1000 vertederos ilegales, y que los delitos e infracciones por residuos son un problema creciente a nivel internacional,

hasta el punto de que se estima que a la UE le cuesta entre 72 y 90 mil millones de euros cada año, contando los gastos de limpieza, la evasión de impuestos en los vertederos y las pérdidas económicas para las empresas responsables de la gestión de los residuos (Purdy, 2018).

Estas cifras no hacen más que aumentar, favorecidas por la negativa del gobierno chino a aceptar grandes volúmenes de residuos extranjeros a partir del año 2016, lo que ha supuesto un freno a las exportaciones de basura que tradicionalmente realizaba Europa a este país.

Los vertederos ilegales no solo suponen un problema económico para los territorios que los padecen, sino que representan una importante amenaza para la salud pública y el medio ambiente, al carecer de las medidas de seguridad y protección establecidas por la normativa para cada tipología de residuo. Esto es de extrema importancia en un territorio especialmente frágil como las Islas Canarias que cuentan con más del 40 % de su superficie protegida y altos niveles de biodiversidad y con mayor número de endemismos (Martín-Esquivel, 2010).

La detección de los vertederos ilegales no es una tarea sencilla, y tradicionalmente ha requerido de gran cantidad de personal, tiempo y dinero, además de la colaboración ciudadana a través de las denuncias de particulares. Esto, que de por sí es complejo, se hace más difícil en un territorio fragmentado, altamente protegido y con escasos recursos económicos como el archipiélago canario.

El desarrollo en los últimos años de la tecnología de inteligencia artificial ha permitido su aplicación en diversos campos. En el ámbito territorial y geográfico, Cartográfica de Canarias, S.A. (GRAFCAN) ha aplicado con éxito tecnología Deep Learning a diversos problemas de identificación, clasificación y segmentación de imágenes, como la detección de cambios sobre ortofotos o la segmentación de cultivos, que han logrado un alto grado de desarrollo y madurez, permitiendo su incorporación a la oferta de servicios de GRAFCAN.

Al avanzar la solvencia de estas aplicaciones, GRAFCAN planteó el desarrollo de una arquitectura neuronal aplicable a la tarea de detección de residuos, partiendo de imágenes aéreas ortorectificadas de alta resolución.

En este artículo se expondrá el trabajo llevado a cabo.

## 1.2 Antecedentes

La ACPMN viene encomendando a GRAFCAN, empresa de medios propios personalizados del Gobierno de Canarias, trabajos y datos desde el año 2003. Ésta le ha proporcionado información del territorio, en forma de fotogramas aéreos, ortoimágenes, cartografía y de análisis geográficos, además de la asistencia técnica para la investigación de modificaciones producidas en el territorio. Esta asistencia inicialmente se llevaba a cabo mediante la comparación de pares de imágenes de años diferentes con recursos humanos. Esta forma de trabajar permite detectar elementos de mucho detalle, si se cuenta con imágenes de resolución adecuada, y asociar con precisión tipologías de cambios complejas. Por el contrario, adolece de inconvenientes como la necesidad de personal experimentado, efecto de la fatiga, diferencia de criterios entre personas, lentitud por su naturaleza manual y probabilidad de omisiones. Además,

hay que considerar la limitación que supone la ausencia de información altimétrica cuantificable en la fuente de información utilizada.

A mediados del año 2010, el control de cambios avanzó con la utilización de los vuelos LiDAR (Light Detection and Ranging). Éstos permiten obtener nubes de puntos que caracterizan tridimensionalmente el territorio (x,y,z), permitiendo la comparación de representaciones territoriales de años diferentes. La comparación y resta de estos modelos superficiales LiDAR resultan en la identificación de cambios en altura. La obtención de una diferencia analítica no está exenta de falsos positivos producto de, por ejemplo, la posición de grandes medios de transporte (autobuses, aviones, barcos...), el tamaño y orientación de la vegetación, el cambio en las cosechas, el deterioro o reposición de plástico de invernaderos o las variaciones en las láminas de agua embalsada. También repercute en la bondad del análisis LiDAR, la orografía de las zonas voladas, en especial las de elevada pendiente y aquellas con densa vegetación. Es por ello, que estos resultados deben someterse a procesos de revisión posterior, en algunos casos automatizados y en otros asistidos por operador.

La principal ventaja de la tecnología LiDAR aplicada al control de cambios es su objetividad, rendimiento y capacidad de análisis tridimensional. Sin embargo, entre sus inconvenientes figuran su elevado coste, en función de la densidad de puntos, y la necesidad de filtrar los resultados.

La crisis económica de la segunda década de los 2000 trajo consigo la disminución de la frecuencia de actualización de la información geográfica de referencia en Canarias. A excepción de la OrtoExpress de 20 cm/píxel, que mantiene una frecuencia de actualización anual, el resto de los productos se renueva con intervalos de dos, tres o cuatro años. En el caso concreto del LiDAR, cada tres años.

Esta circunstancia obligó a plantear una alternativa, o complemento, al control de cambios basado en la tecnología LiDAR para sostener la detección de cambios anuales en el ámbito de toda la Comunidad Autónoma. Dado el estado del arte tecnológico del momento, se recurrió a la inteligencia artificial y al Machine Learning. Así, en el año 2016 se iniciaron trabajos de I+D+i relacionados con el Machine Learning con el objetivo de extraer información a partir de ortofotos. En concreto, se centraron en la rama del Aprendizaje Profundo (Deep Learning) en la que existen algoritmos que permiten modelar conocimiento usando arquitecturas de Redes Neuronales Artificiales como las Redes Neuronales Convolucionales Profundas (Deep Convolutional Neural Networks) (O'Shea y Nash, 2015). A grandes rasgos, el proceso de aprendizaje conlleva una fase previa de diseño de una arquitectura de neuronas artificiales organizadas en capas que se conectan entre sí y, posteriormente, el proceso de aprendizaje en sí mismo. Este último se lleva a cabo mediante patrones de entrenamiento. Es decir, parejas de información de entrada y resultados deseados de salida.

Mediante el empleo y desarrollo de estas técnicas de Deep Learning, desde GRAFCAN se consiguió realizar la detección de cambios en la totalidad de Canarias mediante el diseño de una arquitectura de red que permitió comparar dos pares de ortofotos de años diferentes, logrando resultados satisfactorios, que han alentado la apertura de nuevas líneas de investigación y nuevos proyectos como la detección de vertidos terrestres que aquí se presenta.

La detección de depósitos de residuos terrestres a partir del análisis de fotografías aéreas se inició como un proyecto piloto en el año 2018, utilizando como fuente

de análisis la denominada Ortofoto urbana. Este producto es una ortoimagen de alta resolución (10 cm/píxel) que cubre los principales asentamientos urbanos de Canarias. Se escogió por su alta resolución, creyendo este factor necesario para identificar con alto grado de fiabilidad la presencia o ausencia de depósitos de residuos, a pesar de tratarse de un producto que se renueva cada tres o cuatro años y que no cubre la totalidad del territorio sino sólo los núcleos urbanos.

El contexto geográfico escogido para abordar el proyecto piloto de detección de vertidos terrestres fue la isla de Gran Canaria debido al elevado número de expedientes sancionadores abiertos por la ACPMN por esta materia en la isla (382 en 2017).

Como resultado de este piloto en Gran Canaria, se identificó un total de 135 787 depósitos sobre 60 825 ha, correspondiente a la superficie cubierta por la ortofoto urbana.

El análisis de estos resultados llevó a dos conclusiones: primero, la elevada cifra de positivos obtenida sobrepasaba la capacidad de gestión; segundo, era necesario extender el análisis a todo el territorio, no sólo a zonas urbanas y con una periodicidad mayor que la de la producción de ortofoto urbana. Por ello, se planteó el uso de la Ortoexpress con una resolución de 20 cm/píxel. La hipótesis era que esta resolución sería suficiente para la correcta detección de depósitos y contaba con la ventaja de ser un producto disponible anualmente para la totalidad del territorio. Para validar dicha hipótesis, se sustituyó la entrada de datos (Ortoexpress en lugar de Ortourbana), se corrigieron patrones y se utilizó la misma arquitectura. Los primeros resultados supusieron, para la misma extensión insular, una relación aproximada de 4:1 (Ortoexpress frente a Ortourbana). Tras una serie de mejoras en la arquitectura neuronal, esta ratio bajó a 1:1. Confirmada la validez de la Ortoexpress 20 cm/píxel, se decidió ampliar la aplicación a todo el archipiélago, asegurando así un seguimiento evolutivo de las acumulaciones detectadas.

## 2. MATERIAL Y MÉTODO

### 2.1 Detección de residuos terrestres en imágenes ortorrectificadas

Utilizando como base de partida la Ortoexpress de 20 cm/píxel producidas anualmente y con el marco geográfico de las Islas Canarias como zona de estudio, la ejecución de este proyecto de detección de depósitos de residuos se puede dividir en cuatro fases principales:

- Preparación de patrones de entrenamiento
- Diseño de la arquitectura de red y entrenamiento
- Evaluación de resultados
- Puesta en funcionamiento de la red en un entorno de trabajo

#### 2.1.1 Preparación de patrones de entrenamiento

La generación y preparación de patrones de entrenamiento es una de las fases más importantes en el proceso de aprendizaje supervisado de una red neuronal. Estos patrones son el vehículo por el que una red tiene acceso a la información y establecen

las pautas de acción en el contexto de un problema concreto. En último término, los patrones de entrenamiento junto con la arquitectura de la red serán quienes, tras un proceso de aprendizaje, determinarán el comportamiento futuro que exhibirá la red neuronal.

**Figura 1.** Ejemplos de patrones de vertido – no vertido aportados por el operador



Leyenda: En azul se representa la ventana de contexto del patrón (30m de diámetro), en verde se delimita la zona identificada por el operador como residuo.

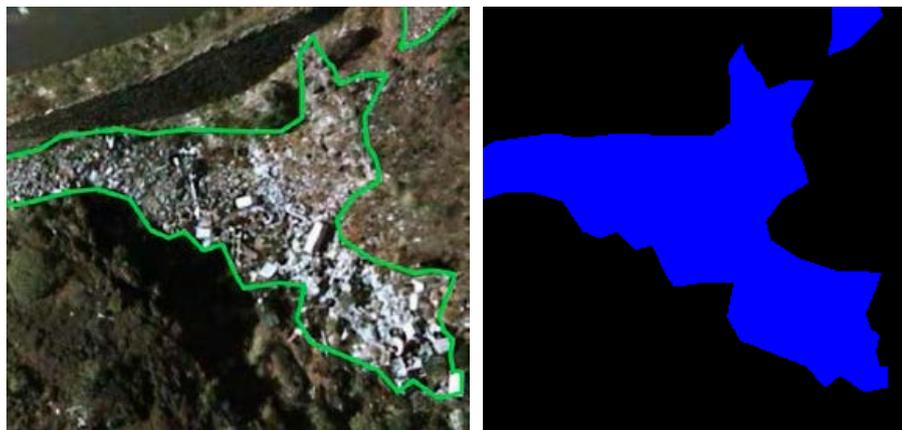
Fuente: GRAFCAN. Elaboración propia.

El conjunto de patrones de entrenamiento debe representar lo más exhaustivamente posible toda la casuística de un problema concreto. En la práctica esto obliga a trabajar con un número de patrones muy elevado, que deben de ser variados y representativos a fin de evitar sesgos en el conjunto que podrían influir negativamente en el comportamiento aprendido por la red. Esto significa que es tan importante transmitir a la red neuronal el conocimiento de lo que constituye un vertido como el conocimiento de lo que no lo es (Figura 1).

Ante la necesidad de disponer de un gran número de patrones de entrada se aplicaron varias técnicas clásicas de procesamiento de imágenes para incrementar artificialmente (data augmentation) el número de patrones generados por operador y así aumentar el tamaño del conjunto de entrenamiento. Cuanto mayor sea este conjunto, previsiblemente, mejor será la capacidad de generalización de la red entrenada y menor será la probabilidad de que el sistema muestre problemas relacionados con el sobreajuste (overfitting) de la red. Este efecto provoca que la red funcione muy bien con los patrones utilizados en la fase de entrenamiento, pero carezca de capacidad de generalización y, por lo tanto, no funcione bien con entradas que no hayan formado parte del entrenamiento.

Actualmente el conjunto de patrones de entrenamiento, sin considerar los creados artificialmente, supera la cifra de 25 000. Estos patrones están formados por una imagen y un valor categorizado en dos clases ausencia de vertido y presencia de vertido (Figura 2).

**Figura 2.** (Izquierda) imagen de patrón de vertido delimitado por el operador y (Derecha) imagen categorizada, mostrada a la red neuronal



Leyenda: Patrón de entrenamiento de la red neuronal. Izquierda: Zona delimitada por el operador en verde como residuos, sobre la ortoexpress. Derecha: Patrón de clase: en negro no residuo (clase 0) en azul residuos (clase 1).

Fuente: GRAFCAN. Elaboración propia.

### 2.1.2 Diseño de la arquitectura de red y entrenamiento

Dentro del ámbito del Deep Learning aplicado a imágenes naturales existen distintas categorías de problemas como el de: clasificación (dada una imagen, decidir a qué clase pertenece, por ejemplo: gato, perro, jirafa...), localización (dada una imagen, delimitar la localización de los objetos que se encuentran mediante un rectángulo,

por ejemplo: vehículos, peatones...) y segmentación, (dada una imagen, clasificar los objetos que aparecen en ella a nivel de píxel, y generar una imagen de salida con la representación de las clases).

Para el caso que nos ocupa y con los datos disponibles, se estableció una arquitectura de red neuronal convolucional profunda de segmentación (Long, Shelhamer y Darrell, 2015) específica para este problema partiendo de las ideas de redes totalmente convolucionales (Fully convolutional networks) (Gu et al., 2017) y añadiendo técnicas de extensión de contexto y recuperación de resolución para compensar la pérdida de resolución espacial conforme se avanza hacia las capas más profundas de la red. Se han probado diversas variaciones del modelo para localizar aquellas que tienen un mejor comportamiento en este problema en concreto.

Las primeras etapas de las redes neuronales convolucionales se encargan de extraer características sencillas de la imagen que van ganando en complejidad según se profundiza en su estructura, pero manteniendo siempre su relación espacial. La parte final de la red permite el reescalado y la generación de la salida según las clases definidas en el problema. En nuestro caso a cada píxel de salida se le asigna uno de dos posibles estados: presencia de vertido o ausencia de vertido.

La georeferencia de la salida se realiza conservando las coordenadas y escala de la imagen original.

La arquitectura actual tiene algo más de 30 millones de parámetros, o pesos, a ajustar durante la fase de entrenamiento. El ajuste se realiza mediante un algoritmo de retro propagación (backpropagation), perteneciente a la familia de métodos de gradiente descendente, que ajusta las predicciones de la red procesando los patrones de entrada de forma iterativa hasta que logra una configuración de los parámetros de la red capaz de minimizar el error con respecto a los patrones suministrados.

La duración del proceso de entrenamiento de la red actual utilizando el conjunto de patrones de entrada completo está entorno a las 8 horas, en una máquina dedicada y equipada con hardware específico.

### 2.1.3 Evaluación de resultados

Esta fase está estrechamente ligada a la anterior y basada en un conjunto de patrones de evaluación. Éstos son desconocidos para la red, no forman parte del conjunto de entrenamiento y son representativos de los casos reales con los que tendrá que trabajar. El objetivo del conjunto de evaluación es poder estimar el nivel de generalización alcanzado por la red tras el proceso de entrenamiento.

La evaluación de resultados se lleva a cabo durante la fase de entrenamiento. Cada cierto número de iteraciones se realiza una evaluación de este tipo. Cuando se dispone de una configuración de red considerada válida, ésta se utiliza sobre una determinada extensión del territorio y sus resultados son revisados por un operador para valorar su bondad.

El objetivo de esta fase, en combinación con las dos anteriores, es conseguir una configuración que dote a la red de un nivel de generalización adecuado para poder trabajar sobre todo el territorio. Para ello, es necesario trabajar conjuntamente en la generación de patrones de entrada y el diseño de la arquitectura, teniendo como herramienta de contraste la evaluación estadística de resultados.

Se trata por tanto de un proceso iterativo que integra los pasos de preparación de patrones de entrenamiento, definición de la arquitectura y evaluación de resultados hasta lograr unos niveles de calidad aceptables para el problema.

#### **2.1.4 Puesta en funcionamiento de la red en un entorno de trabajo**

El resultado del ciclo descrito por las tres fases anteriores es la configuración de una arquitectura de red especializada en la detección de vertidos. Esta configuración, requiere ser integrada en un sistema que suministre las entradas y gestione las salidas. A tal efecto, se desarrolló una aplicación que utiliza como entrada la url de servicios estándar WMS (Web Map Service) con la ortofoto y la extensión a procesar.

La integración de servicios WMS, además de simplificar el acceso a imágenes georreferenciadas, ha dotado de versatilidad a la aplicación ya que le permite ser utilizada en otros ámbitos territoriales y con imágenes actuales o históricas.

La zona de interés se recorre sistemáticamente realizando llamadas a los servicios con unos desplazamientos predeterminados en ambos ejes. En cada ubicación del recorrido, una llamada al servicio WMS permite extraer la ortofoto correspondiente que es suministrada a la red neuronal. A partir de esa imagen, la red realiza el proceso de inferencia y determina si existe un vertido o no. El resultado final es un ráster de dos clases, valores 0 = ausencia de vertido y valores 1 = presencia de vertido.

A fin de mejorar la calidad del resultado final un operador realiza una serie de revisiones periódicas, para detectar y descartar los falsos positivos. Esto se traduce en cambios en el conjunto de patrones de entrenamiento, mejorando los resultados al afinar aún más el comportamiento deseado de la red en iteraciones posteriores.

## **2.2 Filtrado y Depuración de los resultados y puesta a disposición de la ACPMN**

En coordinación con los técnicos de la ACPMN, se realizó un proceso ulterior de depuración de resultados de la red neuronal, con el fin de filtrar posibles falsos positivos residuales y priorizar los casos detectados.

Se definieron una serie de criterios que permitían, mediante técnicas de análisis espacial, restringir los resultados en función de la tipología del suelo según el Planeamiento vigente; de su inclusión o no en el Dominio Público Marítimo Terrestre y zonas de servidumbre; del tamaño del depósito de residuo o de la densidad de residuos por parcela catastral, diferenciando aquellos que ya tienen expediente abierto en la ACPMN y aquellos que ya figuran en los procedimientos por infracción al ordenamiento de la Unión Europea en materia de residuos.

Los criterios establecidos por la ACPMN fueron:

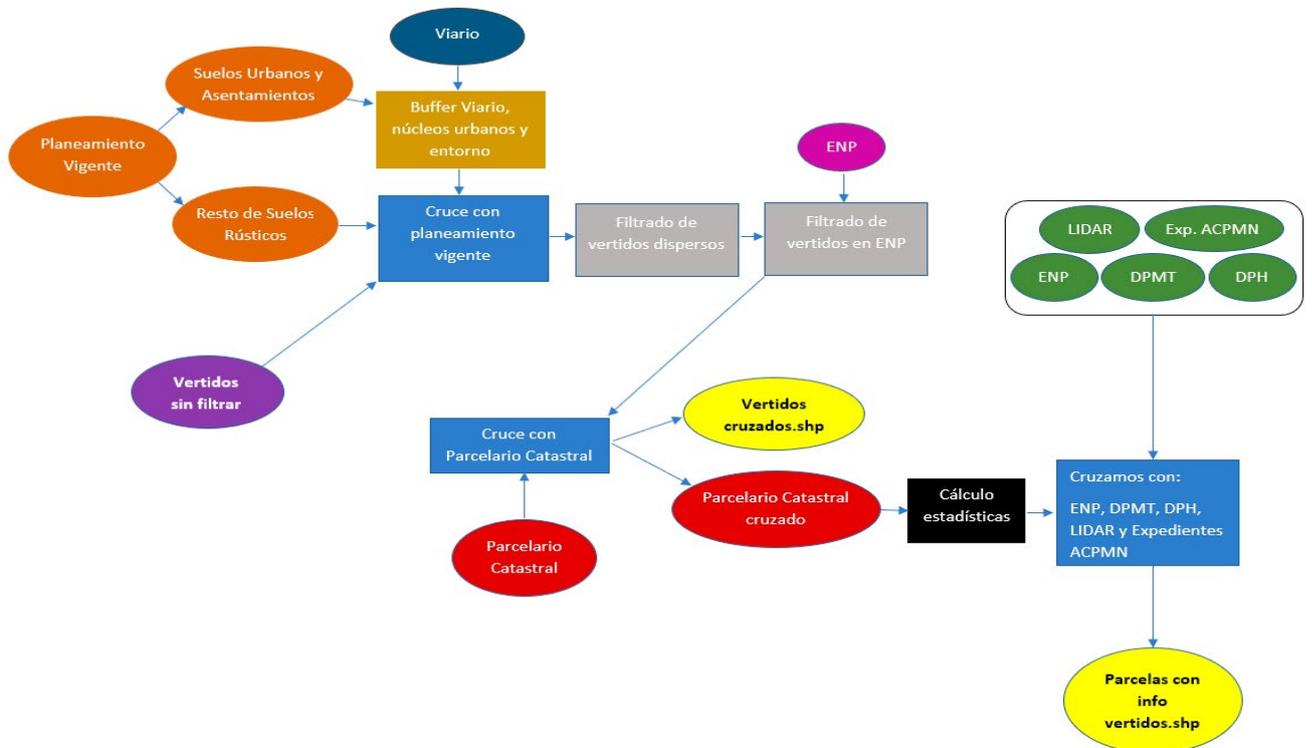
- Mantener aquellos depósitos ubicados en las zonas urbanas y su periferia.
- Descartar los depósitos de residuos dispersos en zonas de medianía, monte y cumbre donde apenas existe actividad humana por considerarse a priori errores de detección.
- Mantener los depósitos de residuos concentrados en zonas alejadas de la principal actividad humana por poder tratarse de vertederos u otros centros de tratamiento de residuos.

Estos criterios se concretan en los procedimientos geospaciales siguientes:

- Mantener todos aquellos vertidos que se encuentran en los núcleos urbanos y su periferia. El área de la periferia se determinó recreciendo (buffer) el ámbito geográfico de los suelos urbanos y asentamientos en 1 km, el de las vías principales en 200 m y el de las pistas y vías privadas en 100 m.
- Mantener los depósitos ubicados sobre los Suelos Rústicos de Protección de Infraestructuras por ubicarse en esta categoría los principales vertederos y centros de tratamiento de residuos de las islas.
- Descartar todos aquellos vertidos menores de 100 m<sup>2</sup> en Suelos Rústicos de Protección Paisajística y Suelos Rústicos de Protección Natural ubicados dentro de los límites de algún Espacio Natural Protegido y fuera del entorno de las vías de comunicación, por considerarlos errores de detección.
- Sobre el resto de las categorías de suelos rústicos, descartar los depósitos de residuos dispersos. Para ello, se realizó una unión de todos aquellos recintos de vertidos que se encontraban a menos de 20 metros de distancia de otro. Cuando a esta unión contribuían menos de tres recintos de vertidos, se consideraban como vertidos aislados y dispersos, y se suprimían.

El resultado obtenido se cruzó con el parcelario catastral y se calcularon una serie de estadísticas (superficie, número de vertidos y porcentaje de parcela ocupado por vertidos).

Figura 3. Esquema metodológico seguido para el filtrado y depuración de los depósitos de residuos



Fuente: GRAFCAN. Elaboración propia.

Finalmente se agregó información en función de la afección o no del depósito de residuo a: Espacio Natural Protegido; al Dominio Público Marítimo Terrestre y su servidumbre; al Dominio Público Hidrológico; e información de la existencia de expediente sancionador en la parcela catastral, así como de la disponibilidad de datos LiDAR para la realización de futuros análisis volumétricos (Figura 3).

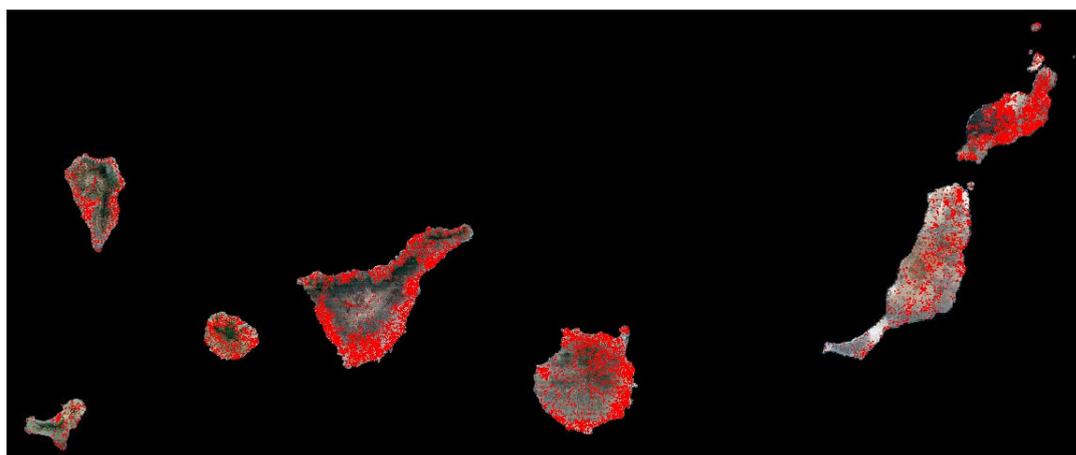
### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Resultados de la detección de depósitos de residuos mediante la Inteligencia Artificial

Los resultados de la aplicación de la inteligencia artificial en la detección precoz de vertidos terrestres en las islas Canarias han sido muy favorables, permitiendo extender este proyecto a la totalidad del archipiélago durante los años 2019 y 2020 y mantener el mismo para la anualidad de 2021.

La detección en el año 2020 ha dado como resultado la localización de un total de 380 115 zonas de residuos sobre las 744 446 ha de superficie terrestre de la CCAA (Figura 4 y Tabla 1).

**Figura 4.** Resultado de la detección de los depósitos de residuos en el año 2020 mediante la aplicación de la Inteligencia Artificial en Canarias



Leyenda: En color rojo se muestran las zonas de depósito de residuos.

Fuente: GRAFCAN. Elaboración propia.

En la Tabla 1 se observa que Tenerife es la isla con mayor número de depósitos de residuos detectados, con 112 357 zonas que suman una superficie de 633,10 ha. Le siguen las islas de Lanzarote y Gran Canaria con 92 815 (455,44 ha) y 85 871 (504,34 ha) depósitos de residuos respectivamente. El resto de las islas presenta un número de vertidos y una superficie total ocupada por estos muy inferior, siendo El Hierro la isla con menor número (6075) y superficie (34 ha) de vertidos.

**Tabla 1.** Resultado de la detección de los depósitos de residuos en el año 2020 mediante la aplicación de la Inteligencia Artificial en Canarias

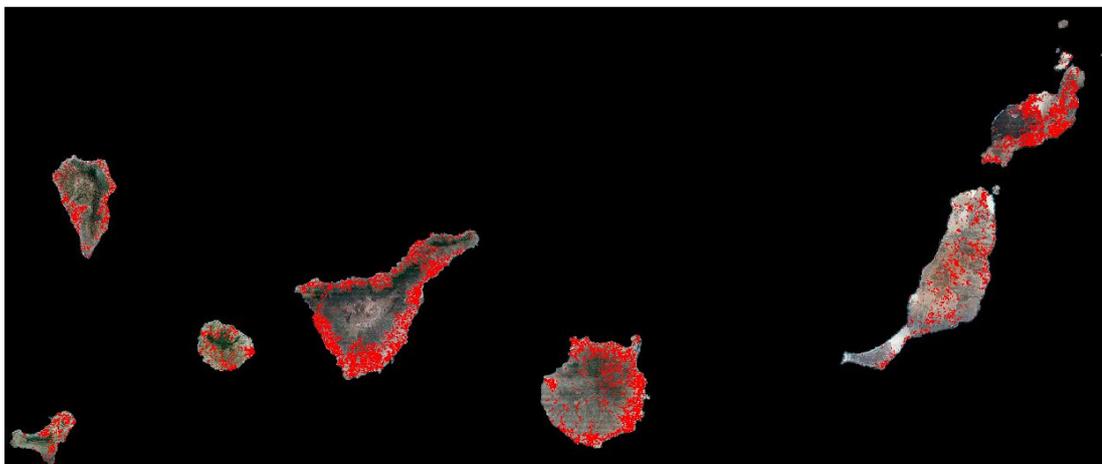
Isla	Nº de depósitos detectados	Superficie (ha) de depósitos	Nº de depósitos >100 m2	Superficie (ha) de depósitos > 100 m2	Nº de depósitos <100 m2	Superficie (ha) de depósitos < 100 m2
Gran Canaria	85 871	504,34	9502	259,98	76 369	244,36
Tenerife	112 357	633,10	11 860	316,73	100 497	316,37
Fuerteventura	36 535	211,74	4130	105,48	32 405	106,26
La Palma	18 889	81,41	1413	29,53	17 476	51,87
Lanzarote	92 815	455,44	9367	253,11	83 448	202,33
La Gomera	27 573	81,23	1211	26,29	26 362	54,93
El Hierro	6075	34,00	676	16,93	5399	17,06
Total	380 115	2001,29	38 159	1008,08	341 956	993,20

Fuente: GRAFCAN. Elaboración propia.

### 3.2 Resultados del filtrado y depuración geoespacial de la detección de depósitos de residuos

El resultado del proceso de filtrado y depuración de los residuos identificados por la red neuronal aplicando los criterios geoespaciales definidos por la ACPMN y expuestos en la metodología, se puede observar en la figura 5:

**Figura 5.** Resultado del filtrado y depuración de la detección de los depósitos de residuos en el año 2020 mediante la aplicación de la Inteligencia Artificial en Canarias



Leyenda: En color rojo se muestran las zonas de depósito de residuos.

Fuente: GRAFCAN. Elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 2, el cribado permitió descartar en torno al 62 %, obteniéndose 140 413 depósitos que ocupan una superficie total de 1704,88 ha. Por islas, Tenerife continúa siendo la que presenta un mayor número y superficie ocupada con 50 249 depósitos detectados y 576,48 ha respectivamente; y El Hierro sigue presentando el menor número y superficie de vertidos de las islas del archipiélago con 2634 depósitos y 20,25 ha. Vinculando los depósitos con la parcela catastral en la que se encuentran, se puede realizar un análisis en función de la superficie acumulada en cada parcela. Contabilizando las parcelas que acumulan más de 500 m<sup>2</sup> de depósitos de residuos y los que acumulan menos, se tienen los resultados de las dos últimas columnas de la Tabla 2. El umbral de 500 m<sup>2</sup> se fijó por análisis estadístico de los datos.

**Tabla 2.** Resultado del filtrado y depuración de la detección de los depósitos de residuos en el año 2020 mediante la aplicación de la Inteligencia Artificial en Canarias

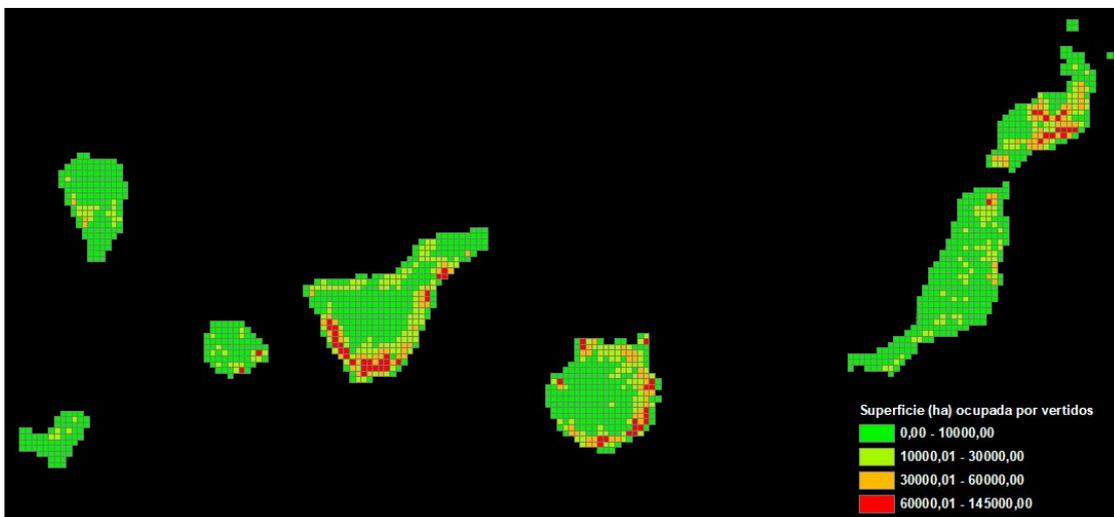
<b>Isla</b>	<b>N° depósitos filtrados</b>	<b>Superficie (ha) de depósitos</b>	<b>N° parcelas con más de 500m<sup>2</sup> de depósitos</b>	<b>N° parcelas con menos de 500m<sup>2</sup> de depósitos</b>
Gran Canaria	30 748	436,24	1335	29 397
Tenerife	50 249	576,48	1842	48 390
Fuerteventura	12 197	176,13	521	11 672
La Palma	12 053	67,08	136	11 910
Lanzarote	24 323	372,06	1179	23 397
La Gomera	8209	56,64	158	8034
El Hierro	2634	20,25	82	6743
Total	140 413	1704,88	5253	139 285

Fuente: GRAFCAN. Elaboración propia.

Un análisis análogo, utilizando en este caso una celda territorial de 2,5 km de lado (correspondiente a una cuadrícula de ortoexpress de 625 ha de superficie) permite elaborar un mapa de calor de la distribución de vertidos detectados en cada celda (Figura 6).

Como se puede observar en el mapa siguiente, la distribución de los depósitos presenta una fuerte relación con el nivel de urbanización, ya que se observa cómo las mayores concentraciones de vertidos (en color rojo y naranja) se encuentran en los principales núcleos de población y/o su periferia. Así es posible identificar los principales focos de residuos en las islas de Tenerife y Gran Canaria siguiendo el contorno de las principales vías de comunicación, especialmente las autopistas que conducen al sur de ambas islas, principal foco de crecimiento y desarrollo urbanístico en los últimos años. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Quesada-Ruiz, Rodríguez-Galiano y Jordá-Borrel (2018) y por Quesada-Ruiz et al. (2019) en la distribución potencial de vertederos ilegales en la isla de Gran Canaria y La Palma.

**Figura 6.** Zonas calientes de áreas de depósitos terrestres en Canarias (2019)

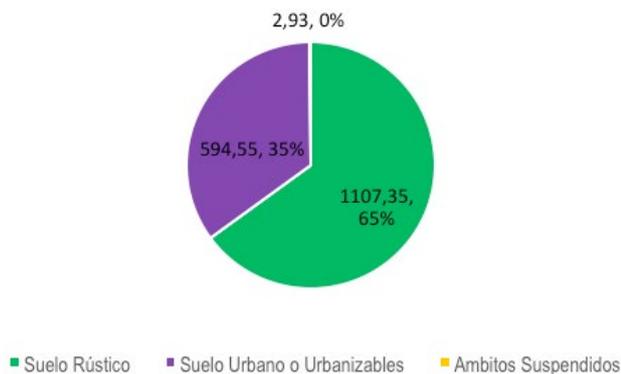


Fuente: GRAFCAN. Elaboración propia.

Por clases de suelo tenemos que el 65 % de la superficie ocupada por residuos en Canarias (1107,35 ha) impacta en las diferentes clases y categorías de suelo rústico, mientras que el 35 % (594,55 ha) lo hace sobre el suelo urbano o urbanizable (Figura 7).

**Figura 7.** Superficie (ha) ocupada por vertidos en Canarias (2019) según clases de suelo

Superficie (ha) ocupada por vertidos en Canarias según clases de suelo (2019)

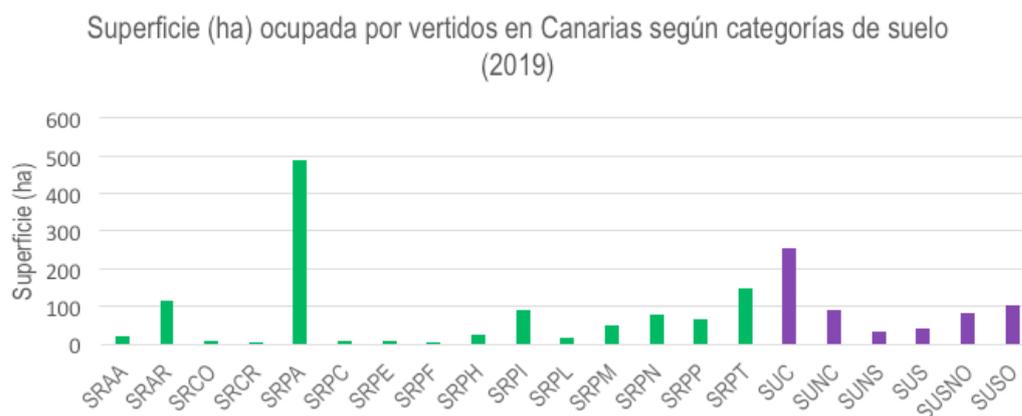


Fuente: GRAFCAN. Elaboración propia.

Si profundizamos en la ubicación de los depósitos de vertidos según las categorías de suelo, tenemos que el 38 % (652 ha) de los vertidos ocupan los Suelos Rústicos de Protección Económica e Infraestructuras, siendo dentro de este grupo, el Suelo Rústico de Protección Agraria con 488 ha (28,6 %), la categoría de suelo con mayor superficie ocupada por depósitos de residuos. A mucha distancia, la siguiente categoría con una mayor superficie ocupada por vertidos terrestres es el Suelo Urbano Con-

solidado con 254 ha (14 %). Por el contrario, las categorías de suelo menos afectadas por los vertidos son el Suelo Rústico Común de Reserva y el Suelo Rústico de Protección Forestal con 0,97 y 2,61 ha respectivamente (Figura 8).

**Figura 8.** Superficie (ha) ocupada por vertidos en Canarias según categorías de suelo (2019)



Fuente: GRAFCAN. Elaboración propia.

En cuanto a su afección a la Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos, tenemos que el 6,5 % de los vertidos (9132 depósitos) se localizan dentro de un ENP, ocupando una superficie total de 132,93 ha.

Las figuras de protección que poseen un mayor número de depósito de residuos son el Paisaje Protegido con 3963 depósitos (43 %) en 43,18 ha y el Parque Rural con 3190 (35 %) en 28,69 ha de estos depósitos (Figura 9). Esto parece lógico, en cuanto que son estas figuras de protección, las que surgen con la Ley 12/2014, de 19 de diciembre, de Espacios Naturales de Canarias, con la clara intención de reconocer la importancia de determinadas actividades antrópicas en el interior de las áreas protegidas (Simancas, 2007) y, en la que son por tanto compatibles, la ocupación humana y admiten un mayor desarrollo de actividades humanas entre sus límites. Por el contrario, las figuras de protección con un menor número de depósitos de residuos son las Reservas Naturales Integrales, los Parques Nacionales, los Sitios de Interés Científico y Las Reservas Naturales Especiales, con una suma combinada de 242 depósitos de residuos (2,65 %). Estamos, en este caso, ante figuras que, a excepción de los Parques Nacionales, se caracterizan por su reducido tamaño y en los que las actividades humanas compatibles, se reducen a fines científicos, educativos y excepcionalmente recreativos. Los Parques Nacionales al poseer una gestión y competencia diferentes, al tiempo que son lugares de visita turística segura, son lugares más vigilados y salvaguardados de la proliferación de depósitos ilegales de residuos.



## 4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de la detección de vertidos sobre ortofotos basada en técnicas de Deep Learning permiten concluir que el proceso ha sido un éxito, puesto que posibilitan la detección de vertidos en un área extensa de una manera rápida, eficaz, fiable y a unos costes razonables. Este método, al nutrirse de ortofotos que se renuevan anualmente, es susceptible de convertirse en un sistema de monitoreo y vigilancia de los residuos en el contexto canario, que permita a las administraciones competentes desarrollar una gestión eficaz de esta problemática tan perjudicial en términos económicos, sanitarios y medioambientales para el archipiélago. Además, esta técnica puede ser extrapolable a otros territorios, sea cual sea su naturaleza y extensión, siempre y cuando cuenten con imágenes ortorrectificadas a una resolución adecuada.

La detección automatizada debe someterse a un trabajo de revisión y complementarse con un trabajo de análisis espacial y filtrado, para priorizar aquellos depósitos que realmente afecten a suelo sensible y que puedan ser objeto de ilícito.

Adicionalmente, dadas las cifras de depósitos detectados, la variabilidad de volúmenes acumulados por parcela, y la categorización del suelo en el que se producen, es fundamental la participación coordinada de los distintos niveles de la Administración según su ámbito competencial, para la resolución efectiva de esta cuestión.

Este proyecto ha puesto de manifiesto el enorme potencial de la combinación de la gestión y análisis de información geoespacial con los avances en el ámbito de la Inteligencia Artificial. La idoneidad de las infraestructuras de datos espaciales para caracterizar y analizar realidades complejas unida a la capacidad de inferencia y extracción de conocimiento de técnicas como el aprendizaje profundo conforman una base metodológica y técnica que permite abordar con garantías de éxito problemáticas con importantes repercusiones medioambientales y socioeconómicas.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GU, J., WANG, Z., KUEN, J., MA, L., SHAHROUDY, A., SHUAI, B., LIU, T., WANG, X., WANG, L., WANG, G., CAI, J. Y CHEN, T. (2017). Recent Advances in Convolutional Neural Networks. *ArXiv*. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/1512.07108>
- LONG, J., SHELHAMER, E. Y DARRELL, T. (2015). Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation. *ArXiv*. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/1411.4038>
- MARTÍN-ESQUIVEL, J.L. (2010). Atlas de biodiversidad de Canarias. Las Palmas de Gran Canaria: Gobierno de Canarias.
- O'SHEA, K. Y NASH, R. (2015). An Introduction to Convolutional Neural Networks. *ArXiv*. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/1511.08458>
- PURDY, R. (2018, JUNIO, 15). The eye in the sky that can spot illegal rubbish dumps from space. *The Conversation*. Retrieved from <https://theconversation.com/the-eye-in-the-sky-that-can-spot-illegal-rubbish-dumps-from-space-98395>
- QUESADA-RUIZ L, RODRIGUEZ-GALIANO V, JORDÁ-BORRELL R (2018). Identifying the main physical and socioeconomic drivers of illegal landfills in the Canary Islands. *Waste Management & Research*, 36(11), 1049-1060. doi:10.1177/0734242X18804031

- QUESADA-RUIZ L., RODRIGUEZ-GALIANO V., JORDÁ-BORRELL R. (2019). Characterization and mapping of illegal landfill potential occurrence in the Canary Islands. *Waste Manage*, 85, 506-518.
- RODRIGO, J. & ROSALES, J. (2017). Extracción de conocimiento mediante la aplicación de inteligencia artificial a la información espacial. *MAPPING*, 26(186), 40-47.
- SIMANCAS, M. (2007). *Las áreas protegidas de Canarias: cincuenta años de protección ambiental del territorio en espacios naturales*. Santa Cruz de Tenerife, España: Idea

# GEO-SCENEMAP: EL USO DE IMÁGENES DIGITALES Y HERRAMIENTAS DE GEOLOCALIZACIÓN PARA FAVORECER LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

## GEO-SCENEMAP: THE USE OF DIGITAL IMÁGENES AND GEOLOCALIZATION TOLLS TO PROMOTE THE PROCESS OF TEACHING-LEARNING

---

Paloma Hueso González<sup>1</sup>, Belén Zayas Fernández<sup>1</sup>, Sergio Reyes Corredera<sup>1</sup>,  
Juan Francisco Martínez Murillo<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>UMA (Departamento de Geografía, Universidad de Málaga, [phueso@uma.es](mailto:phueso@uma.es))  
Código ORCID 0617233419

### Resumen

Frente a la enseñanza tradicional, ampliamente memorística, repetitiva y prácticamente aislada de la problemática social y ambiental, la educación geográfica debe tender hacia “miradas didácticas”. El proyecto de innovación educativa GEO-SCENEMAP tiene como principal propósito la mejora de la adquisición de competencias ligadas a la habilidad de la interpretación espacial de procesos ambientales y sociales, con impronta territorial y paisajística, mediante la proyección en aula de cortos y largometrajes, series y documentales combinados con el uso de herramientas de geolocalización *on-line*. Los resultados del proyecto demuestran que el uso de recursos audiovisuales como material didáctico en materias de índole geográfica tiene un abuena acogida en la docencia universitaria con independencia del perfil del alumnado. Entre ellos, el empleo de documentales y largometrajes (en su totalidad o tomando algunas escenas) se muestra como una herramienta útil para favorecer el aprendizaje significativo del alumnado. Por otro lado, en plena pandemia por la Covid19 puede considerarse como un elemento de aprendizaje útil que, además, permite su realización en un sistema bimodal (presencial en el aula y modo “*on-line*”), sin ninguna dificultad.

**Palabras clave:** Didáctica de la Geografía, Recursos Audiovisuales, Cartografía *On-line*, Aprendizaje Significativo, Enseñanza bimodal, Cine.

### Abstract

Faced with traditional teaching, repetitive and practically isolated from the social and environmental problems, Geographical education should tend towards to new “didactic views. The main purpose of the proyect GEO-SCENEMAP is to improve the acquisition of competencies linked to the ability to interpret spatially environmental and social processes, with a territorial and landscape imprint, through the projection

in the classroom of shorts and feature films, series and documentaries that has combined with the use of online geolocation tools. The results of the project show that the use of audiovisual resources as didactic material in matters of a geographical nature has a good reception in university teaching regardless of the profile of the student body. Among them, the use of documentaries and feature films (in their entirety or taking some scenes) is shown as a useful tool to promote meaningful learning for students. On the other hand, in the heat of the Covid19 pandemic it can be considered as a useful learning element that, in addition, allows it to be carried out in a bimodal system (face-to-face in the classroom and on-line mode), without any difficulty

**Keywords:** Geography, Audio-visual Resources, On-line Cartography, Meaningful Learning, Bimodal Education, Cinema

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Medios audiovisuales en la enseñanza de la Geografía

Nuestra sociedad de la información y del conocimiento se encuentra inmersa en la era de la postmodernidad, caracterizada por la sucesión de continuos cambios sociales, culturales, ideológicos, políticos, económicos y tecnológicos. Esto hace necesario que en el ámbito de la enseñanza tenga lugar un replanteamiento de la metodología y una redefinición de los roles del profesorado y del alumnado, poniéndose en marcha un nuevo modelo educativo, en el que se le dé prioridad al proceso de aprendizaje sobre el de enseñanza, cobrando sentido el llamado aprendizaje por competencias (Cris-ci, 2006). Frente a la enseñanza tradicional, ampliamente memorística, repetitiva y prácticamente aislada de la problemática social y ambiental, la educación geográfica tiende hacia “miradas didácticas” en perspectivas, giros y formas que se hacen evidentes en las prácticas de enseñanza y aprendizaje (Ausubel, 1963; De Miguel, 2016). Pero aún se manifiesta una “pugna” entre una Geografía Tradicional y las Geografías Renovadas (Arenas y Salinas, 2013).

La geografía concierne al mundo físico o natural, la noción de espacio geográfico que puede ser visto, o al menos visualizado (Gámir Orueta, 2010). Pero la visión es más que un proceso óptico. Implica el tratamiento de la experiencia en el mundo a través de la imaginación y la expresión de las ideas a través de las imágenes (Gámir Orueta y Váldez, 2007). Desde el lado de los estudios que investigan el lenguaje cinematográfico se realiza una aproximación teórica, que considera la existencia de elementos formales comunes entre el mapa y la película filmada: ambos soportes son el resultado de aplicar una serie de técnicas – cartográficas en un caso y cinematográficas en otro – con la finalidad de transformar un espacio real en otro ficticio; ambos consisten en una representación bidimensional de un espacio de tres dimensiones y ninguno de los dos utiliza el lenguaje de la palabra escrita (con la salvedad del cine mudo) (Gámir Orueta, 2012). Bajo este paradigma, la conjunción cartografía – cinematografía proporciona al mapa una serie de cualidades adicionales de las que carecía en su formato clásico. Así los cambios de escala son sencillos en el cine e incluso per-

miten añadir información complementaria conforme la cámara se acerca al objetivo (Cosgrove, 2008). Existe también la posibilidad de recorrer el mapa con la mirada, a muy poca distancia de él, y detenerse en un determinado lugar. E incluso cabe el recurso de utilizar los comentarios de algún personaje para ayudar en la correcta interpretación del mapa (situación de determinados elementos, accidentes del relieve, proximidad a determinadas áreas, etc.). Además, no hay que olvidar la capacidad que tiene el cine para presentar dos planos de forma simultánea; de modo que junto a la imagen del mapa el director puede mostrar – de forma velada – otras imágenes que ilustren los paisajes o los hitos más significativos que correspondan a esos lugares (Cosgrove, 2002).

## 1.2 Modelos mentales para la comprensión de un fenómeno geográfico

Tradicionalmente, la calidad y la eficacia de los aprendizajes científicos en la educación superior han sido permanentemente cuestionadas (Ausubel, 1963). Por tanto, se hace necesario la búsqueda de nuevas estrategias didácticas que permitan aproximar los conocimientos científicos a los estudiantes de forma significativa (Crisci, 2006). Comprender un evento cualquiera o un concepto, implica tener un modelo mental de este evento o concepto. Es decir, cualquier individuo capta los fenómenos del mundo natural construyendo modelos mentales de ello (Trompeta, 2014). Así, por más que se enseñen modelos conceptuales, el aprendizaje significativo (en contraposición a un aprendizaje por repetición, mecánico) implica la construcción de modelos mentales (Rosso, 2007).

Existen suficientes evidencias científicas para afirmar que los alumnos/as aprenden a partir de representaciones mentales del mundo que les rodea, construidas de forma autónoma en base a conceptos teóricos (Ausubel, 1963). La idea básica es que el modelo conceptual es un instrumento de enseñanza, pero el instrumento de aprendizaje es el modelo mental. Naturalmente, el modelo mental puede ser muy semejante al modelo conceptual, aunque no necesariamente, pues la función del modelo mental es sólo la de permitir a su constructor dar significado al modelo conceptual que se le enseña y, por ende, al sistema físico modelado (González-García y Tamaño, 2000). Cuando el alumno/a llega a las clases ya ha representado el mundo físico de lo que le es cotidiano, inicialmente a través de modelos mentales construidos por percepción, por experiencia directa con el mundo, o por analogía con otros modelos generados, y posteriormente a través de esquemas de asimilación u otros constructos cognitivos estables (Lanteri et al., 2006).

Desde esta perspectiva, los alumnos/as no son pasivos recipientes de información sino activos constructores de su conocimiento, de tal manera que aprender significativamente implica que sean capaces de recrear esas teorías en sistemas de representación internos de conceptos relacionados, y no como simples listas de hechos y fórmulas, que es lo habitual en los materiales curriculares y en las aulas de ciencias sociales (García et al., 2009). El término modelo mental aparece cada vez más en los artículos de investigación en enseñanza de las Ciencias Sociales (Mestres y Torres, 2008).

Sobre la base de lo expuesto, resulta por tanto necesario buscar alternativas diferentes para utilizar en las clases; una de ellas es incorporar el uso de recursos audio-

visuales para favorecer el que los alumnos se hagan un modelo mental real de aquello que estamos explicando de forma teórica (Gámir Orueta y Valdés, 2007). La fotografía, primero, y después el cine, implican una auténtica revolución en el modo de transmitir las características formales de un paisaje a un observador situado a kilómetros de distancia del lugar retratado (Harper y Rayner, 2010). Sin embargo, el uso de recursos audiovisuales como complemento a la formación geográfica y sus vinculaciones con el espacio, ha sido muy inferior a la notable capacidad de este medio para alimentar el imaginario geográfico colectivo. Este desajuste requiere prestar atención a una serie de vectores que deberían considerarse en el estudio de la relación cine-geografía en el espacio de la enseñanza superior.

### 1.3 El papel del alumnado en el contexto universitario actual

La implementación del modelo pedagógico integra unas estrategias de enseñanza/aprendizaje para que el estudiante mediante una posición activa promueva la construcción de su propio conocimiento. Desde hace más de una década, puede decirse que el alumnado universitario posee unas destrezas digitales a veces más avanzadas que la del profesorado universitario (De Miguel, 2016). Ello ha derivado en una convivencia cada vez más habitual entre estilos de aprendizaje muy diferentes, muy influenciados por el uso y la inmediatez que confieran tanto las tecnologías de la información como las redes sociales (Iglesias-Pascual, 2018). El carácter excesivamente teórico, corológico y abstracto con el que el alumnado suele asociar la disciplina geográfica en el aula hace que sea fundamental la búsqueda de recursos, estrategias y actividades didácticas que permitan desarrollar una docencia dinámica en aras de atraer la atención e intereses del alumnado (De Miguel, 2016).

En este sentido, actualmente, la elevada disponibilidad y variedad de recursos digitales audiovisuales a través de Internet, Redes Sociales y Plataformas Digitales, ofrece la posibilidad de incorporar dichos recursos de modo habitual a la docencia a fin de complementar la actividad docente en el aula y fuera del aula. Ello es aún más pertinente en una época como la actual, cuando la docencia presencial se está viendo afectada negativamente por la pandemia de la COVID-19.

Entre los recursos audiovisuales, la relación Geografía y Cine ha sido estudiada, en especial, en cuanto a lo que supone el segundo para la comprensión de los paisajes y los procesos que lo explican (Harper y Rayner, 2010; Gamir Orueta, 2012). Si, además, el uso de estos recursos audiovisuales se complementa con el de las Tecnologías de la Información Geográfica, como por ejemplo recursos cartográficos y SIG de acceso abierto, como GoogleMyMaps entre otros, la posibilidad de conectar el contenido audiovisual, con el espacial, e incluso temporal, de las materias geográficas, se puede estar ante una notable mejora en la comprensión de los procesos territoriales por parte del alumnado (Pardo-García et al., 2014).

Se hace necesario revolucionar la enseñanza de la geografía en las universidades, por tanto, se necesita proponer asignaturas que contribuyan a la educación geográfica, desde las necesidades reales del estudiantado y mediante la adopción de métodos, procedimientos y medios creativos que incentiven el interés y la motivación de los estudiantes por el aprendizaje geográfico significativo (Pardo-garcía et al., 2014).

Por ello, la presente comunicación tiene como objetivo reflexionar en torno a la necesidad de la inclusión de Talleres de Audiovisuales Geográficos como complemento a los SIG en el currículo propio de la enseñanza de la Geografía.

## 2. GEO-SCENEMAP

En base a lo anteriormente expuesto, el proyecto de innovación educativa GEO-SCENEMAP (PIE 2019-2021; Universidad de Málaga) tiene como principal propósito la mejora de la adquisición de competencias ligadas a la habilidad de la interpretación espacial de procesos ambientales y sociales, con impronta territorial y paisajística, mediante la aplicación integrada de recursos didácticos, como puede ser el uso completo o parcial de corto y largometrajes, series y documentales, y recursos y herramientas del análisis geográfico, como son los sistemas de información geográfica y sus aplicaciones cartográficas on-line. Esta integración didáctica en el aprendizaje de los alumnos y alumnas mejorará la adquisición de competencias de interpretación del espacio, aspectos claves para diferentes grados y másteres universitarios que forman personas cuya labor profesional estará directamente relacionada con el uso del territorio y la configuración del paisaje: desde los propios geógrafos, hasta ambientólogos, pasando por graduados en turismo, historiadores, biólogos, entre otros.

Este PIE se basa en el desarrollo de ejercicios prácticos colaborativos, tutorizados de manera activa por el docente, pero liderados por los propios alumnos y alumnas, consistentes en la elaboración de una rúbrica, como conjunto de criterios y estándares, generalmente relacionado con los objetivos de aprendizaje, en este caso, la mejora de habilidades de interpretación de los procesos ambientales y sociales del territorio y sus paisajes, mediante el uso combinado de la imagen digital en sus diferentes formatos y la geolocalización y cartografía digital. El resultado esperado es no solo mejorar dichas habilidades en los alumnos y alumnas, si no, además, dotarles de destrezas en el uso de nuevas herramientas de aprendizaje para su formación continua vital. Por tanto, se definió un plan de trabajo que pretendía alcanzar los siguientes objetivos:

1. Aplicar recursos filmográficos como soporte didáctico a materias geográficas de diferentes cursos y áreas de conocimiento con el fin de mejorar la adquisición de competencias de interpretación del espacio.
2. Dotar al alumnado de herramientas necesarias para el uso de diferentes recursos de cartografía digital colaborativa con la finalidad de mejorar las habilidades de pensamiento espacial.
3. Impulsar el trabajo colaborativo, integrando estrategias colectivas de “knowledge building”.
4. Mejorar las prácticas docentes para alcanzar mayor desarrollo de las competencias básicas del alumnado.
5. Promover una utilización responsable y crítica de las TICs, vinculada al conocimiento y a la mejora del entorno local y global.
6. Impulsar actuaciones tendentes a la ampliación y mejora del proyecto.

### 3. OBJETIVOS

El objetivo del trabajo es presentar los resultados obtenidos en el marco del proyecto de innovación educativa GEO-SCENEMAP. Durante los cursos 2019/2020 y 2020/2021, se han llevado a cabo diferentes experiencias docentes encaminadas a alcanzar los objetivos anteriores. La principal actividad ha sido la proyección de distintos recursos filmográficos que combinados con el uso de recursos de cartografía digital colaborativa, estaban dirigidos a estudiantes de distintos grados de la universidad de Málaga con el fin de alcanzar un aprendizaje significativo de las materias con competencias geográficas.

### 4. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 4.1. Contexto académico

El contexto académico en el que se ha desarrollado este trabajo es el de educación superior universitaria, en concreto, en los siguientes títulos de grados: (i) Grado en Geografía y Gestión del Territorio; (ii) Grado en Historia, y; (iii) Grado en Estudios Avanzados de Asia Oriental. El profesorado encargado de dirigir las experiencias docentes, pertenece íntegramente al departamento de Geografía de la Universidad de Málaga.

**Tabla 1.** Información relativa a los grados, asignaturas, cursos y número de alumnos implicados en el proyecto GEO-SCENEMAP.

Grado	Asignatura	Curso	Nº de estudiantes
Geografía y Ordenación del Territorio	Principios de cartografía	1º	18
	Procesos, Territorio y Escalas de lo Urbano	3º	20
	Análisis de impacto Ambiental	4º	14
Historia	Geografía de España	1º	180
Estudios Avanzados de Asia Oriental	Política y Geoestratégica en Corea	3º	45

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2. Recursos filmográficos

Para cada una de las asignaturas reseñadas en la tabla 1, se seleccionaron recursos filmográficos del siguiente tipo: (i) documental de corta duración; (ii) largometraje completo y; (iii) extracto de largometraje. La elección se fundamentó en los criterios de selección siguientes:

1. Temática relacionada con los contenidos teóricos y/o prácticos de la asignatura en cuestión que permitieran la mejor comprensión de los temas abordados en la programación académica y que permitieran realizar después de su visualización una correcta localización de los escenarios y paisajes mostrados a partir de las aplicaciones SIG.
2. Que la duración del recurso se ajustara al horario de una clase. Aproximadamente una hora y media.
3. El recurso filmográfico debía no estar sujeto a restricciones de acceso en la red.

Los recursos seleccionados (Tabla 2) se proyectaron en el horario de clase de cada asignatura.

**Tabla 2.** Recursos audiovisuales utilizados en GEO-SCENEMAP

Asignatura	Tipo de recurso	Título	Fuente	Duración	Contenidos a tratar
Principios de cartografía	Documental completo	La forma de la Tierra	Instituto Geográfico Nacional	3 minutos	Geoide y sistemas de proyección
	Documental completo	Mi amigo el mapa	Instituto Geográfico Nacional	4 minutos	Aspectos básicos de los mapas
Procesos, Territorio y Escalas de lo Urbano	Documental completo	A Costa del Sol	Daniel Natoli	22 minutos	Procesos urbanos en la Costa del Sol y la provincia de Málaga.
	Documental completo	Coast of Dreams	BBC	29 minutos	Procesos urbanos en la Costa del Sol y la provincia de Málaga.
Análisis de impacto Ambiental	Documental completo	El túnel que secó el Valle de Abdalajis	RTVE	25 minutos	Ejemplo de un mal estudio de impacto ambiental y su repercusión medio ambiental
Geografía de España	Largometraje completo	1 Franco, 14 pesetas	Servidor en línea de la academia de cine	1 hora y 45 minutos	Emigración española y situación del español en la Europa del Norte. Contraste cultural
Política y Geoestratégica en Corea	Largometraje completo	Joint Security Area	Park Chan-wook	1 hora y 50 minutos	Relación entre las dos Coreas: Tensiones y conflictos

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Herramientas de geolocalización

Una vez visualizado, por un lado, el alumnado debía realizar un ejercicio de localización de los escenarios en los que se desarrollaba dicho recurso (especialmente en las películas y documentales de larga duración). En ellas, como complemento al recurso audiovisual, se ha hecho uso de la herramienta Google MyMaps para la creación de mapas interactivos, desde una perspectiva colaborativa y con carácter práctico. Las aplicaciones desarrolladas en cada una de las asignaturas son las siguientes:

- Mapa del entorno hidrogeológico e impacto de la obra en el Valle de Abdalajis: Tras visionar el documental "El túnel que seco el Valle de Abdalajis" en la asignatura de Análisis de Impacto, haciendo uso de la herramienta MyMaps, se dedicó una sesión "online" para trazar de forma colaborativa las diferentes masas de aguas existentes en el entorno del valle de Abdalajis, el trazado del túnel y el impacto ambiental sobre la masa de agua. Así mismo, se procedió a la delimitación de la red de abastecimiento pre y post-impacto. Ejemplo del mapa creado en clase:

<https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1YvMVp7OOzK5o3CGXo37uesY0Ttn-vYCGR&usp=sharing>

- Mapa de localización de la película "Un franco-5 pesetas": Tras visionar el largometraje, se realizó un mapa de localización de los distintos escenarios proyectados en la película. Se dedicó una sesión "presencial" con el fin de facilitar a los alumnos y alumnas la comprensión de algunos elementos explicados en clase, sobre todo en lo referente al medio físico (en concreto, al clima, zona de interior, continentalización), choque cultural que impacta al protagonista de la España franquista de los 60 frente a Suiza más desarrollada y abierta se le suma el contraste del medio físico (el frío, la nieve, los verdes paisajes...). Ejemplo del mapa creado en clase:

[https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1vOgIQtFNrj2diBNChxwV7lP2F\\_Rb-N61a&usp=sharing](https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1vOgIQtFNrj2diBNChxwV7lP2F_Rb-N61a&usp=sharing)

### 3.4. Valoración de la experiencia

Al finalizar la experiencia, el alumnado debía contestar un cuestionario alojado en la plataforma virtual para la docencia, usada por la Universidad de Málaga, Campus Virtual (Moodle). La herramienta utilizada para desarrollar el cuestionario fue "Google Form". Los cuestionarios recogían la siguiente información:

- Datos del estudiante: sexo y rango de edad.
- Datos académicos: titulación, curso y asignatura.
- Cuestiones de contenido: nivel de utilidad de la actividad, qué contenido de la asignatura ha ayudado a comprender el recurso audiovisual (según opciones dadas al estudiante relacionadas con los temas a analizar en clase), propuesta para mejorar la práctica y cuestionario (respuesta libre).

Una vez recabados todos los cuestionarios, la información recogida en los mismos fue tabulada. Se calcularon los porcentajes para aquellas variables y respuestas que lo permitían y se analizaron los mismos, deteniéndose de manera pormenorizada en aquellas preguntas de carácter abierto y más cualitativas.

## 5. RESULTADOS

El análisis de resultados trata de medir la acogida de los estudiantes después de haber realizado la experiencia en el aula. Durante los cursos 2019/2020 y 2020/2021 un total de 277 alumnos han participado en las 7 experiencias diseñadas en el marco del proyecto GEO-SCENEMAP (Tablas 1 y 2). Cinco de ellas se han llevado a cabo en el grado de Geografía y Ordenación del Territorio, una en el Grado de Historia y una, en el grado de Estudios de Asia Oriental. Al finalizar las actividades asociadas al proyecto, se realizaron encuestas, en las que participaron 195 estudiantes.

La Tabla 2 recoge información acerca de los recursos filmográficos empleados en la experiencia descrita en este trabajo. Se incluyen documentales y largometrajes, habiendo sido visualizados de modo completo. Los documentales están producidos por entes públicos, mientras que los largometrajes son películas estrenadas en cines. Durante el curso académico 2019-20, estos recursos se utilizaron en las asignaturas indicadas en la tabla 2, pertenecientes al grado en Geografía y Gestión del Territorio (Principios de Cartografía y Procesos, Territorio y Escalas de lo Urbano), grado en Historia (Geografía de España) y grado en Estudios Avanzados de Asia Oriental (Política y Geoestrategia en Corea), todos ellos impartidos en la Universidad de Málaga. Durante el curso 2020-2021, los recursos fueron utilizados en la asignatura de Análisis de Impacto Ambiental del Grado en Geografía (Tabla 2).

La Tabla 3 reúne la información cuantitativa principal derivada de las respuestas dadas por parte del alumnado a los cuestionarios, contestados nada más finalizar la experiencia. El número de estudiantes que contestaron el cuestionario es muy variado y diferente entre los grados. En general,  $\frac{2}{3}$  partes del alumnado contestó ser de sexo “Hombre” y la más de la mitad tenía entre 18 y 21 años dado el mayor número de alumnos y alumnas en las asignaturas de primer curso.

Respecto a cuestiones más específicas sobre el uso y visionado del recurso audiovisual, predomina el alumno/a que lo consideró bastante útil y de máxima utilidad para complementar y/o comprender los contenidos teóricos de la asignatura en cuestión. La cuestión que tenían que responder los estudiantes “¿Qué has comprendido mejor del contenido de la asignatura?” se trata de una en la que se les ofrece cinco posibilidades de respuesta, cuatro de ellas relacionadas con aspectos de contenido teórico concretos de cada asignatura, y una quinta a modo de “Otro” que el alumno o alumna pueden contestar de modo libre.

Por ejemplo, en la asignatura Principios de Cartografía, los audiovisuales consistían en dos cortos, de corte pedagógico, realizados por el Instituto Geográfico Nacional, acerca de las proyecciones cartográficas y la utilidad de los mapas. Casi un 50% del alumnado contestó que el visionado del corto sobre las proyecciones cartográficas le había sido de gran utilidad para los problemas derivados de la representación de la

superficie terrestre, y  $1/3$  las consecuencias de la forma de la Tierra, lo cual no deja de ser importante dado lo abstracto que pueden ser ambos conceptos para el alumnado medio del grado en Geografía y Gestión del Territorio (Tabla 3).

Por lo que respecta a la asignatura Geografía de España, grado de Historia, el recurso seleccionado fue la proyección de la película “Un franco, 14 pesetas” dirigida por el director Carlos Iglesias acompañada de la elaboración de un mapa de origen-destino de los distintos escenarios proyectados en la película (Figura 2). En este film se trataban asuntos como la emigración española al norte de Europa en los años 60, la realidad sociocultural y económica existente en dicha década en España, la crisis industrial, así como los contrastes en los distintos modelos de urbanización europeos. Enlazando de ese modo con los principales temas incluidos en la programación académica de la asignatura Geografía de España en el Grado de Historia, y, en concreto al bloque 3 titulado “los desequilibrios territoriales y ejes de desarrollo”. En Tabla 3, se puede comprobar como más del 90 % de los alumnos/as encuestados lo consideraron de gran utilidad. Señalando que les había servido para mejorar la comprensión de los contenidos de la asignatura. Entre los temas que se plantearon en la encuesta, destaca con un 66,5% como tema mejor comprendido el de la situación del emigrante español en los años 60. Así como la importancia de las divisas enviadas por los españoles en el desarrollismo económico (18,7% de las respuestas), el urbanismo (8,7%) y la situación política, económica y social de España en esos años (6,1%)

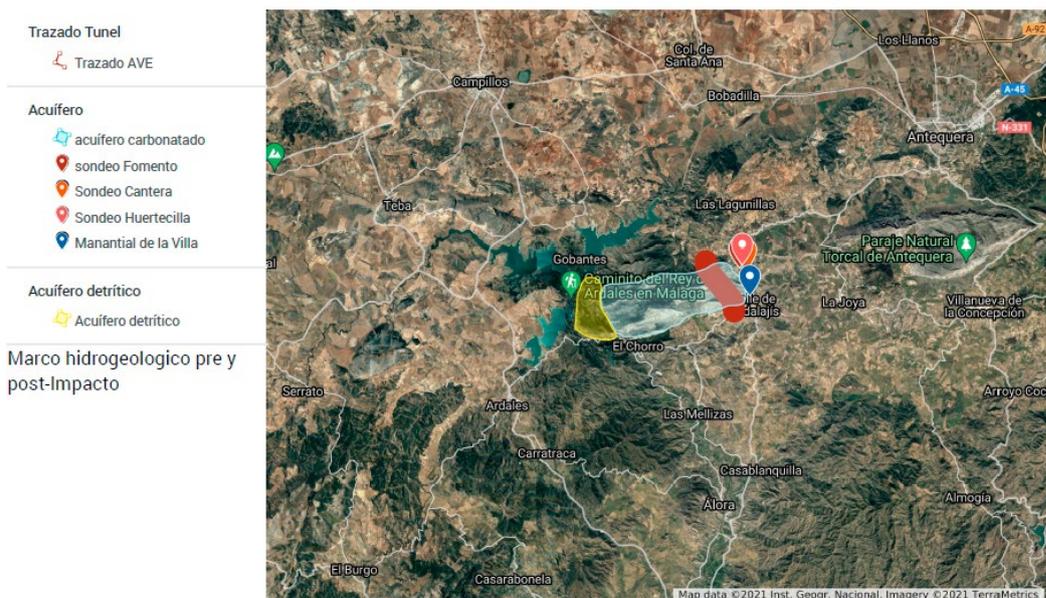
Por lo que respecta a la asignatura de Análisis de Impacto Ambiental, grado en geografía y Ordenación del Territorio, el recurso seleccionado fue el documental “El tunel que seco el Valle de Abdalajis”, el cual versa sobre la repercusión ambiental que conlleva la realización de un mal estudio ambiental. En este caso, se pone un ejemplo práctico del drama medio ambiental y social generado en el municipio como consecuencia de la construcción de la línea de AVE Málaga-Cordoba y la alteración del sistema hidrológico que lo abastecía. La totalidad del alumnado formaba parte del cuarto curso académico. Además, casi la mitad de los alumnos (88,9%) tenían menos de 25 años. En relación al nivel de utilidad del visionado de la película, se observa que el 100% de los alumnos/as lo valora como útil o muy útil (Tabla 3), afirmando que la visualización del documental complementado con la elaboración de cartografía (Figura 1), les había permitido comprender el concepto de Impacto Ambiental y sus implicaciones socio-ambientales, resaltar la necesidad de establecer un marco normativo para proteger los intereses generales frente a los particulares y conocer la importancia de su labor como futuro profesional en este sector.

En el caso de la asignatura Política y Geoestrategia en Corea del Grado en Estudios de Asia Oriental, se proyectó la película Joint Security Area, la cual versa sobre la temática de la frontera entre las dos Coreas. En esta asignatura hay una mayor presencia de mujeres, siendo casi 3 de cada 4 de los encuestados. La mayoría del alumnado (93,5%) formaba parte del tercer curso académico. Además, casi la mitad de los alumnos (46,7%) tiene menos de 22 años y el 43% está en el intervalo comprendido entre los 22 y los 25 años, los restantes superan los 25 años. En relación con el nivel de utilidad del visionado de la película, se indica que solo el 6,5% lo puntúa con 2 sobre 5 mientras que el 29% lo puntúa con 3 puntos, el 41,9% con 4 puntos y el 22,6% lo hace con 5 puntos. A ello hay que añadir que el 58,1% aprendieron el significado de

las tensiones entre las dos Coreas y el 32,3% expone que ha asimilado las relaciones entre las sociedades coreanas (Tabla 3).

**Figura 1.** Ejemplo de experiencia realizada con MyMaps en la asignatura de Análisis de Impacto Ambiental

## Impacto tunel Abdalajis



Fuente: Elaboración propia.

En otro orden, el visionado de los documentales Coast of Dreams y A Costa del Sol para la asignatura Procesos, Territorio y Escalas de lo Urbano del Grado en Geografía y Gestión del Territorio ha tenido una mayor presencia masculina (68,4%) y ha sido contestado mayoritariamente por alumnos de tercer año de grado (84,2%). Gran parte de los estudiantes (47,4%) tienen menos de 22 años frente al 42,1% del intervalo comprendido entre los 22 y los 25 años. El 57,9 % valora la actividad con 4 sobre 5 puntos, el 21,1% con 5 puntos, el 15,8% con 3 puntos y el restante 5,3% con un punto (Tabla 3).

Por último, el cuestionario ofrecía la posibilidad de dar voz al alumnado para que éste expresara su propuesta para mejorar la iniciativa docente. En el caso de la asignatura 'Principios de Cartografía', a pesar de que la duración de los documentales era inferior a 5 minutos, algunos alumnos/as indicaron que, si la duración fuese incluso menor, sería más útil esta herramienta complementaria a las explicaciones de clase, además de reivindicar mejores efectos y vídeos más llamativos.

En relación con los comentarios para la asignatura de Análisis de Impacto ambiental destacan comentarios donde se sugiere el uso de estas herramientas en el aula de forma frecuente por la utilidad que les supone el conocer ejemplos y casos cercanos de los contenidos teóricos tratados. Además, destacan que la actividad les ha permitido poner en contexto la asignatura y comprender la implicación socio-ambiental que puede llegar a tener una Evaluación de Impacto Ambiental y la importancia de su labor profesional en este campo.

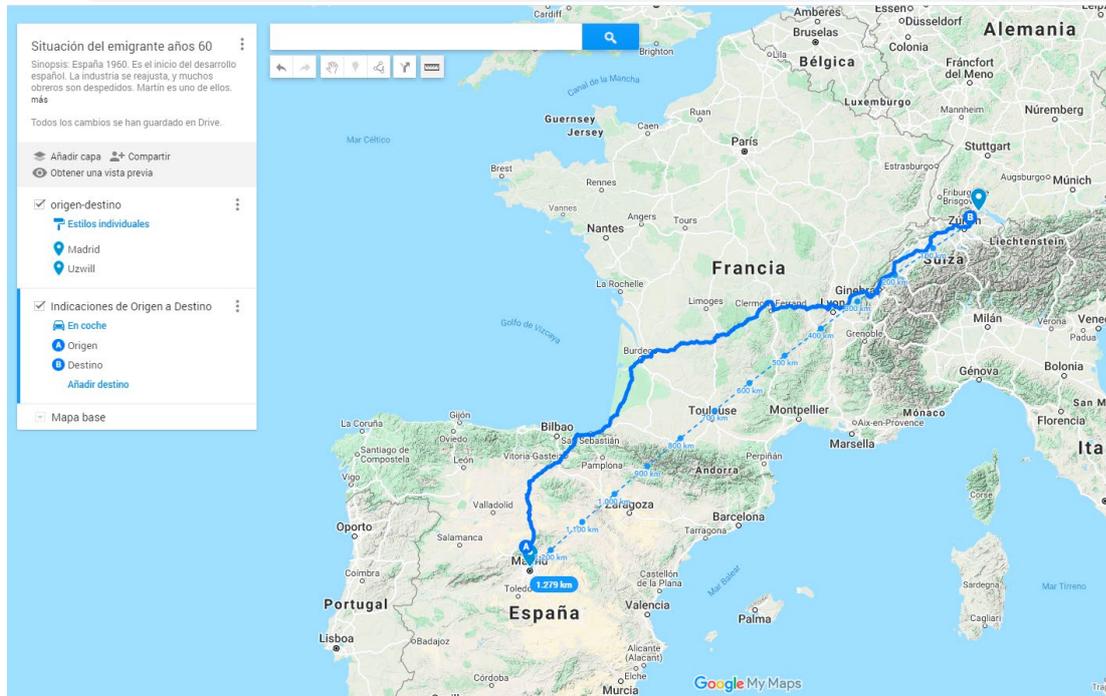
**Tabla 3.** Datos personales de los estudiantes que respondieron los cuestionarios y de sus respuestas específicas sobre la experiencia

	ASIGNATURA					
	Geografía de España		Política y Geoestrategia de Corea	Procesos, Territorio y Escalas de lo Urbano	Principios de Cartografía	Análisis de Impacto Ambiental
<b>N° total de estudiantes</b>	93		31	19	13	9
<b>Sexo</b>	Hombre	69,6	25,8	68,4	61,5	4
	Mujer	30,4	74,2	31,6	30,8	5
	N/C					
	Otros				7,7	
<b>Edad</b>	18-21	82,4	45,2	47,4	92,3	33,3
	22-25	4,4	41,9	42,1		55,6
	>25	14,3	9,7	10,5	7,7	11,1
<b>Curso</b>	1°	100,0			53,8	
	2°				15,4	
	3°		93,5	84,2		
	4°		6,5	15,8	30,8	100
<b>Nivel de utilidad (1, nula utilidad - 5, utilidad máx)</b>	1	1,1				
	2	1,1	6,5			
	3	4,3	29,0	7,7	7,7	
	4	41,9	41,9	46,2	46,2	11,1
	5	51,6	22,6	46,2	46,2	88,9
<b>¿Qué has comprendido mejor del contenido de la asignatura? *</b>	1	66,5		3,2	30,8	
	2	18,7	6,5		7,7	33,3
	3	8,7	29,0	9,7	15,4	11,1
	4	6,1	41,9	35,5	46,2	22,2
	5		22,6	12,9		33,3

Leyenda: \*A los estudiantes se les especificaba cinco contenidos básicos de cada asignatura, que los audiovisuales trataban de explicar o aclarar; estos contenidos se comentan en el texto.

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2.** Ejemplo de experiencia realizada con MyMaps en la asignatura de Geografía de España



Fuente: Elaboración propia.

En relación con los comentarios de la asignatura Política y Geoestrategia en Corea, destaca la petición de algunos alumnos para fomentar el feedback entre el profesor y el alumno, respuesta que se estima estar condicionada por la situación de docencia a distancia por las circunstancias actuales y complementar el documental con otras actividades. Por otro lado, la mayoría de los alumnos de la asignatura Procesos, Territorio y Escalas de lo Urban' indica que ha asimilado los conceptos sobre los modelos urbanos de ciudades prestando especial atención al caso de la Costa del Sol, incluyendo las relaciones entre modelos urbanos, sociedad y economía. Además, este alumnado propone implementar la actividad con la elaboración de cartografía de los lugares de visionado, realizar una reflexión grupal o implementarlo con otros vídeos más para complementar otros datos de relevancia sobre los modelos urbanos.

## 6. CONCLUSIONES

El uso de recursos audiovisuales como material didáctico en materias de índole geográfica tiene un abuena acogida en la docencia universitaria con independencia del perfil del alumnado. Entre ellos, el empleo de documentales y largometrajes (en su totalidad o tomando algunas escenas) se muestra como una herramienta útil para favorecer el aprendizaje significativo del alumnado. En base a la buena acogida de las 7 experiencias llevadas a cabo en el marco del PIE GEO-SCENEMAP, queremos resaltar la utilidad del uso de recursos filmográficos en materias de índole geográfica

pues “bien seleccionados” por parte del profesor, se tornan como una herramienta útil para describir a la perfección los procesos territoriales, ambientales y humanos, así como paisajes.

En este proyecto de innovación educativa GEO-SCENEMAP además se ha añadido a estos recursos audiovisuales, en concreto, los filmográficos, el uso de herramientas de geolocalización, como es el caso de la herramienta MyMaps, que se han mostrado eficaces para permitir la localización de los escenarios y paisajes que aparecen en los recursos y complementan la comprensión de los procesos territoriales y que, además, ha tenido muy buena acogida por parte del estudiantado.

En base a los resultados de los cuestionarios contestados por alumnado de diferentes materias geográficas, en diferentes grados universitarios, se puede concluir que ha sido bastante positivo el empleo de largometrajes y documentales combinados con los ejercicios de localización MyMaps para apoyar el contenido temático y teórico de las materias relacionadas.

Por lo que se refiere a la actualidad, la utilización de estos recursos en plena pandemia por la Covid19 puede considerarse como un elemento de aprendizaje útil que permite su realización en un sistema bimodal (presencial en el aula y modo “on-line”), sin ninguna dificultad. Y, precisamente, esta fácil y rápida adaptabilidad a la realidad que requieren las circunstancias hoy día en la enseñanza universitaria, conforma un valor añadido.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- ARENAS A & SALINAS, V. (2013). Giros en la educación geográfica: renovación de los geográfico y lo educativo. *Revista de geografía Norte Grande*, 56, 143-162.
- AUSBEL, D. (1963). *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. New York: Grune and Stratton.
- CRISCI, J. V. (2006). Espejos de nuestra época: Biodiversidad, Sistemática y Educación. *Gayana bot.*, 63 (1). 106-114.
- COSGROVE, D. (2002). Observando la naturaleza: el paisaje y el sentido europeo de la vista. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 34, 63-89.
- COSGROVE, D. (2008). *Geography and Vision. Seeing, imaginig and representing the World*. Londres-Nueva York: I.B. Tauris.
- DE MIGUEL, R. (2016). Pensamiento espacial y conocimiento geográfico en los nuevos estilos de aprendizaje. En Alanís. et al. (eds.), *Nativos digitales y geografía en el siglo xxi: Educación geográfica y estilos de aprendizaje* (pp. 11-39). Sevilla: Asociación de Geógrafos Españoles / Universidad Pablo de Olavide de Alicante.
- GARCÍA, A., LANATA, E., ARCARÍA, N., DE ANDREA, P., GELOS, Y., MENCONI, F., SOLARI, B., LEGARRALDE, T., VILCHES, A., DARRIGRAN, G. & GUADAGNO, L. (2009). ¿Por qué hacer un trabajo de campo? Experiencia de alumnos del profesorado en ciencias biológicas. Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de la Plata. Argentina, octubre 2009. Retrieved from <http://jornadasceyn.fahce.unlp.edu.ar/i-jornadas-2007/ii-jornadas-2009/ii-jornadas>

- GÁMIR ORUETA, A. (2010). La cartografía en el cine: mapas y planos en las producciones cinematográficas occidentales. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. XIV (334). Retrieved from <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-334.htm>
- GÁMIR ORUETA, A. & VALDÉS, C.M. (2007). Cine y Geografía: Espacio Geográfico, Paisaje y Territorio en las producciones cinematográficas. *Boletín de la A.G.E.*, 45, 157-190.
- GONZÁLEZ-GARCÍA, F. & TAMAYO, M. (2000). El origen de los conocimientos previos en Biología: Elementos comunes entre el alumnado y los libros de texto. *Revista de educación de la Universidad de Granada*, 13 (1), 2-21.
- HARPER, G. & RAYNER, J. (2010). *Cinema and Landscape: Film, Nation and Cultural Geography*. Chicago: University of Chicago.
- IGLESIAS-PASCUAL, R. (2018). Geografía, emoción y aprendizaje para el alumnado de la Sociedad Digital. *Didáctica de la Geografía*, 19. Retrieved from <https://didacticageografica.age-geografia.es/index.php/didacticageografica/article/view/414>
- LANTERI, A., FERNÁNDEZ, L. & GALLARDO, F. (2006). Nomenclatura Biológica. En Lanteri, A. y Cigliano, M. (Eds). *Sistemática Biológica: fundamentos teóricos y ejercitaciones* (pp. 21-33). Buenos Aires, Argentina: Editorial de la Universidad de la Plata.
- MESTRES IZQUIERDO, A. & TORRES GARCÍA, M. (2008). Algunas pautas para la elaboración de claves dicotómicas y árboles de clasificación. Repositorio de la Universidad de Las Palmas de GCR. Retrieved from <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/claves%20dicotomicas.pdf>
- PARDO-GARCÍA, S.M., HUESO-GONZÁLEZ, P., MORENO MARTÍNEZ, M. & VÍAS MARTÍNEZ, J.M. (2014). MAPEDUCA: Un proyecto para la difusión de herramientas cartográficas digitales y colaborativas en la docencia universitaria. Martínez Medida y Tonda Minllor (Eds.). *Nuevas perspectivas conceptuales y metodológicas para educación geográfica: Volumen II* (pp. 533-548). AGE. ISBN 978-84-940784-6-0.
- ROSSO, J. (2007). *Peces pampeanos. Guía y ecología*. Buenos Aires. Argentina: L.O.L.A. (Literature of Latin América).
- TROMPETA CARPINTERO, A. (2014). Didáctica del Conocimiento del Medio Natural. Los seres vivos. La diversidad de los seres vivos. Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante. Retrieved from <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/35557>



# LA INNOVACIÓN E INTELIGENCIA TERRITORIAL EN LA VITICULTURA DE LAS COMARCAS DEL ALTO Y MEDIO VINALOPÓ (ALICANTE) EN EL CONTEXTO DEL PROYECTO AVALEM TERRITORI

## INNOVATION AND TERRITORIAL INTELLIGENCE IN VITICULTURE IN THE COUNTIES OF ALTO Y MEDIO VINALOPÓ (ALICANTE) IN THE CONTEXT OF THE AVALEM TERRITORI PROJECT

---

Juan López-Jiménez<sup>1</sup>

**1** Departamento Geografía Humana, Universidad de Alicante, [juan.lopez.j@ua.es](mailto:juan.lopez.j@ua.es)

<https://orcid.org/0000-0001-5601-3714>

---

Antonio Martínez Puche<sup>2</sup>

**2** Departamento Geografía Humana, Universidad de Alicante, [antonio.martinez@ua.es](mailto:antonio.martinez@ua.es)

<http://orcid.org/0000-0002-6127-2961>

---

### Resumen

En la Comunidad Valenciana, tres universidades públicas estamos participando, junto con el Servicio Valenciano de Ocupación y Formación (LABORA) de la Generalitat Valenciana, en el estudio de diferentes territorios inteligentes reconocidos en el marco del proyecto AvalemTerritori. El objetivo es identificar el impacto de la inteligencia territorial en la viticultura de las comarcas alicantinas del Alto y Medio Vinalopó y que ha fomentado una cultura de emprendimiento y un yacimiento de empleo dentro del mercado laboral del territorio. La identificación del ecosistema de innovación y de la aportación de los agentes que lo integran forma parte de la metodología participativa de este proyecto. Esa metodología se ha sustentado en la elaboración de entrevistas y cuestionarios a los actores que trabajan en la viticultura en estas comarcas. El resultado muestra que, pese a las dificultades para la innovación, dadas las características y tamaño de las bodegas, cooperativas y/o productores, la capacidad de innovación se debe sustentar en los procesos colaborativos y de cooperación. La creación de nuevos productos o subproductos, como la Ruta del Vino, alcanzan una importancia destacada en el sector de la viticultura, pero se requiere de la innovación en comercialización y marketing para los próximos años.

**Palabras clave:** inteligencia territorial, viticultura, innovación, vino, enoturismo, desarrollo local.

### Abstract

In the Valencian Community, three public universities are participating, along with the Valencian Occupation and Training Service (LABORA) of the Generalitat Valenciana, in the study of different intelligent territories recognized under the

Avaletm Territori project. The objective is to identify the impact of territorial intelligence on viticulture in the Alto and Medio Vinalopó alicantine counties and that has fostered a culture of entrepreneurship and an employment site within the labour market of the territory. The identification of the innovation ecosystem and the contribution of the actors that make up it is part of the participatory methodology of this project. This methodology has been based on the preparation of interviews and questionnaires with the actors working in viticulture in these regions. The result shows that, despite difficulties in innovation, given the characteristics and size of wineries, cooperatives and/or producers, innovation capacity must be based on collaborative and cooperation processes. The creation of new products (or wines) or by-products, such as the Wine Route, are of outstanding importance in the viticulture sector, but marketing and marketing innovation is required for the coming years.

**Keywords:** territorial intelligence, viticulture, innovation, wine, winetourism, local development.

## 1. INTRODUCCIÓN

AvaletmTerritori es un proyecto impulsado por el Servicio Valenciano de Ocupación y Formación (LABORA) que en colaboración con la Universidad Jaume I de Castellón, la Universidad de Valencia y la Universidad de Alicante tiene por objetivo la investigación-acción-participativa de los procesos territoriales y laborales en la Comunidad Valenciana. El proyecto AvaletmTerritori pretende alcanzar un análisis del modelo laboral, productivo y de las redes territoriales y de innovación de la Comunidad Valenciana a nivel comarcal y de área funcional a través de un modelo participado de intervención y de acción de las políticas públicas surgido del concepto “de abajo hacia arriba”.

La labor de las universidades es la de la coordinación de tareas de supervisión a los Pactos Territoriales por el Empleo acogidos a las subvenciones de LABORA, como también a la realización de los trabajos cuantitativos y cualitativos para la realización de diagnósticos participativos, estrategias e informes necesarios para alcanzar dichos objetivos. Entre estos trabajos surgió la necesidad de identificar y visibilizar los territorios inteligentes en función de unas características productivas propias de aquellos territorios que hayan conjugado el capital físico y el capital humano para conformar un espacio de innovación territorial para el desarrollo local. Este es el caso de la viticultura en las comarcas alicantinas del Alto y Medio Vinalopó.

La metodología de estas investigaciones de carácter participado se ha realizado a través del contacto con los principales actores o *stakeholders* del territorio que han permitido que los análisis cuantitativos, cualitativos y participativos surgieran desde sus propias valoraciones. La variedad de actores, públicos y privados, dota de una renovada dimensión y oportunidad de ajustar las políticas públicas de empleo y el desarrollo local. En este proceso de participación, los agentes de desarrollo local de los municipios integrantes de dichas comarcas han participado de una forma dinámica. El acercamiento a los actores que trabajan en la viticultura en las comarcas

alicantinas del Alto y Medio Vinalopó se ha realizado a través de entrevistas y cuestionarios que han posibilitado la caracterización de la innovación y la inteligencia territorial en torno a este sistema productivo local en estas comarcas. Las encuestas, con un marcado carácter cualitativo, pero también cuantitativo, incluían preguntas cerradas, abiertas y semiestructuradas para identificar las características de la innovación a través del producto, proceso y comercialización. Se difundió por vía electrónica entre más de medio centenar de agentes del territorio, principalmente productores agrícolas, bodegas, cooperativas, empresas auxiliares y agentes de desarrollo local. En definitiva, la metodología aplicada se ha basado en un método de investigación mixto, con una componente cualitativa y otra cuantitativa.

## 2. LA CARACTERIZACIÓN DE LA INNOVACIÓN E INTELIGENCIA TERRITORIAL DE LA VITICULTURA DE LAS COMARCAS DEL ALTO Y DEL MEDIO VINALOPÓ EN EL PROYECTO AVALEM TERRITORI

El viñedo es un espacio humanizado que asocia la estrecha relación entre hombre y medio, contando con un fuerte carácter cultural (Pillet, 2008; Martínez y Morales, 2016; Cañizares y Ruiz, 2020). Los procesos sociales y económicos en los territorios de la viticultura se van sucediendo y los grupos sociales que participan en estos procesos se enmarcan en una naturaleza cultural que se complementa con la función económica, lo que supone un factor estratégico para el desarrollo territorial (Cañizares y Ruiz, 2020).

Las comarcas del Alto y Medio Vinalopó de la provincia de Alicante integran a 18 municipios que con una población de 220.525 habitantes en 2019 y una superficie de 1.442,8 km<sup>2</sup> suponen casi el 5% de habitantes del total regional en el 6,2% del total de la superficie autonómica. El eje geográfico vertebrador de este espacio territorial es el río Vinalopó que transcurre por las dos comarcas hacia el sureste. Este hito geográfico define los rasgos de identidad, historia, economía, costumbres, paisajes y paisanajes de este territorio. La disposición geográfica de los valles por los que discurre el río Vinalopó influye en la distribución y mayor porcentaje de usos del suelo agrícola respecto a otras comarcas valencianas. En estas comarcas viticultoras de Alicante, la valoración económica del cultivo de la vid ha asegurado históricamente su pervivencia y desarrollo desde su despegue económico a mediados del siglo XIX (Ponce, 2016). En la actualidad, pese a la crisis de rentabilidad económica de la agricultura tradicional, estos cultivos mantienen unas oportunidades vinculadas a la innovación y a las características excepcionales del *terroir* para la proyección de una calidad y la distinción del producto en un mercado cada vez más competitivo.

Los valores de arraigo territorial y cultural de la viticultura en el Vinalopó se asocian a los cánones de un territorio inteligente al vincular el medio natural y sociocultural de este territorio a este sistema productivo. La innovación territorial que define a este sector es la de poseer unos recursos específicos que en el momento que se convierten en activos movilizados por la sociedad local se incardinan en el criterio de territorio inteligente. Los recursos determinados por los equipamientos materiales y servicios, los recursos humanos y los sectores productivos y patrimo-

niales requieren de la especial importancia del marco institucional, directamente ligado a la noción de capital social.

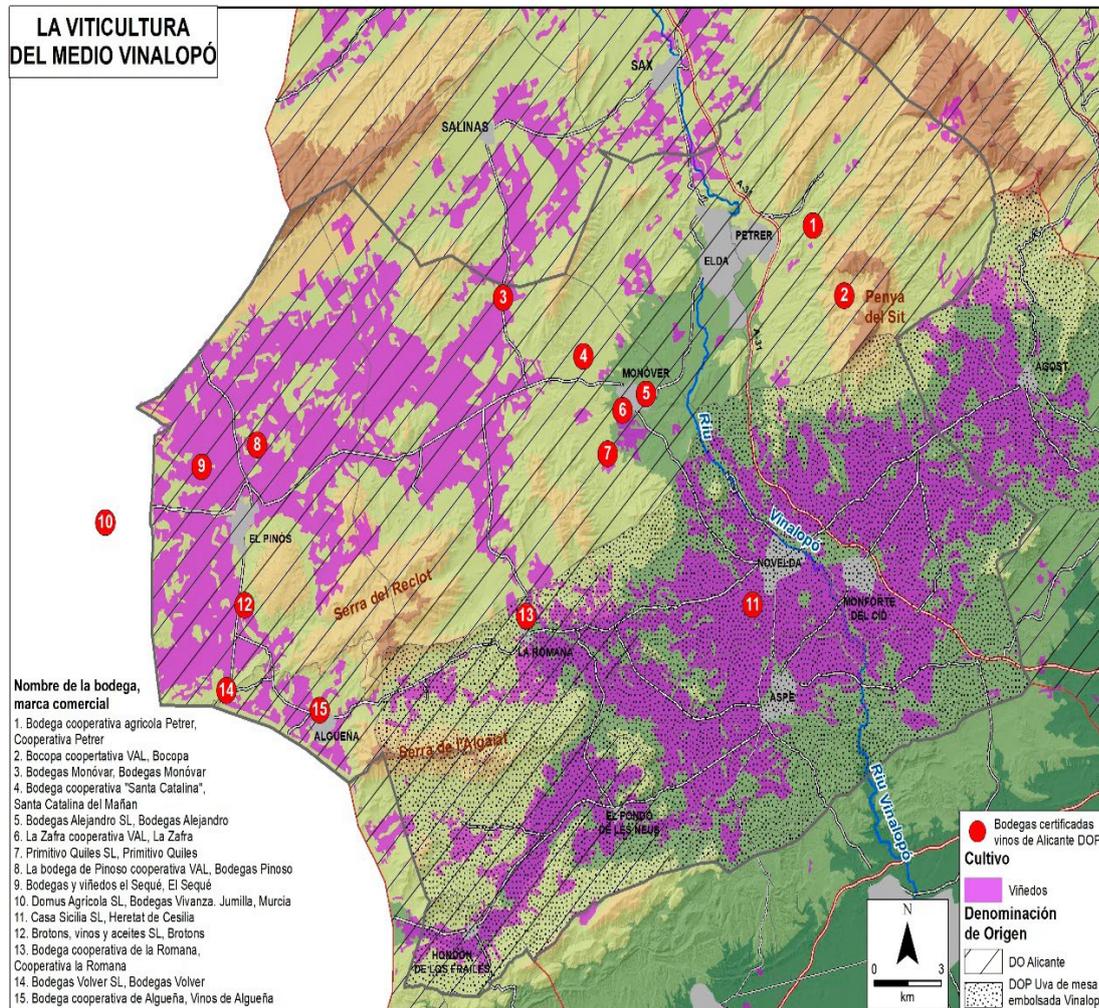
La figura histórica del agricultor y/o bodeguero ha dejado de representar el papel de un simple productor para adentrarse en la figura clave para la innovación y aproximación metódica de productor que apuesta por la calidad. En este sentido, la innovación del agricultor y del empresario bodeguero se ha orientado a la de un agente del territorio con reconocimiento local y valoración social por su trabajo.

En general, el tejido empresarial y productor de la viticultura en este territorio está caracterizado por tener un predominio de pequeños productores y de pequeñas y medianas empresas, bodegas y/o cooperativas agrícolas. En la actualidad, la viticultura se enfrenta a los problemas coyunturales y estructurales en los que está inmersa la agricultura. La inseguridad de la producción a causa de factores climáticos como la irregularidad de las precipitaciones, la falta de mecanización debida a la escasa rentabilidad económica y el rechazo por parte de la población más joven a incorporarse a este sistema productivo que no garantiza una rentabilidad regular está imposibilitando un recambio generacional efectivo en las comarcas del Vinalopó. Aun así, se está produciendo una incorporación e interés de población joven con formación media y superior y ligada principalmente al sector vitivinícola, en general, y en algunos casos a la Ruta del Vino, en particular. Esta población se identifica como un grupo emprendedor e innovador que aportan novedades a este sistema productivo local.

La capacidad innovadora de la viticultura en el ámbito de las comarcas del Alto y Medio Vinalopó se identifica con aspectos y variables que van más allá que la incorporación de la tecnología al sistema productivo. La viticultura y sus características inherentes de innovación se incluyen dentro de las posibilidades y tendencias del mercado para el desarrollo de la industria agroalimentaria a partir de la generación de un elevado valor añadido al producto que posibilite la comercialización. Este aspecto se erige como una de las posibilidades de crecimiento, cuando no de mantenimiento, de un sector agrícola con problemas coyunturales derivados de la variación del precio en origen hasta el consumidor final, asunto generalizado para el sector vitivinícola español según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Los actores protagonistas en la viticultura en las comarcas del Vinalopó lo saben, según se desprende del resultado de las encuestas, y por ello apuestan por la innovación a sabiendas de la dificultad de alcanzarlas, por cuanto la innovación se resiente según el tamaño de la producción, la bodega y/o la cooperativa.

La existencia en el territorio de dos Denominaciones de Origen refleja el vínculo y relación de la calidad o características del medio geográfico con los factores humanos o capital social. La DO (Denominación de Origen) Vinos de Alicante (véase figura 1 y figura 2), que también incluye más territorios de la provincia y de fuera de la provincia, y que es una de las más antiguas de España y una de las mejor valoradas por los clientes en los últimos años incluye a la variedad de la uva del Fondillón, que supone un rasgo distintivo que produce un vino único en el mundo.

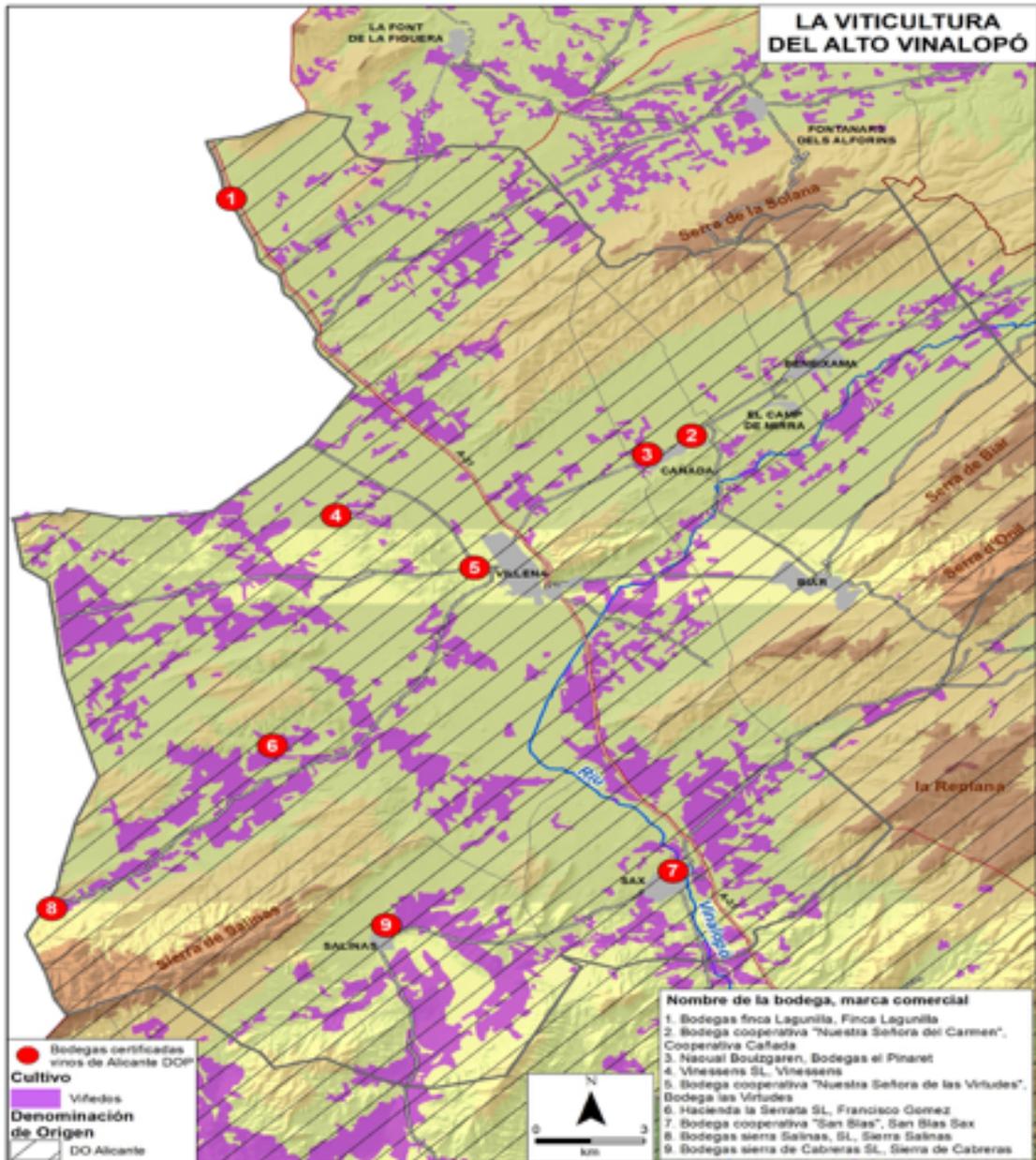
Figura 1. La viticultura de la comarca del Alto Vinalopó



Fuente: Proyecto AvalemTerritori. Elaboración propia.

Por otro lado, la uva de mesa exclusiva y genuina de la DO Uva de Mesa embolsada Vinalopó también se erige, junto al vino, como gran producto agroalimentario del territorio (véase figura 2). La superficie del viñedo ecológico más extensa de la Comunidad Valenciana (en el total de la DO Vinos Alicante) le confiere a este territorio unas variables para entretener el grado de innovación.

Figura 2. La viticultura de la comarca del Medio Vinalopó



Fuente: Proyecto AvalemTerritori. Elaboración propia.

La viticultura en estas comarcas alicantinas contribuye a que el sector primario sea un reservorio de empleo con oportunidades de emprendimiento. De hecho, estas dos comarcas son de importante actividad agraria en el contexto de la provincia de Alicante y la Comunidad Valenciana según datos de afiliados a la Seguridad Social en el sector primario (véase tabla 1).

**Tabla 1.** Estructura económica de las comarcas del Alto y Medio Vinalopó según el porcentaje de trabajadores afiliados a la Seguridad Social por sector productivo en el año 2019

Sector	Alto y Medio Vinalopó		Provincia de Alicante		Comunidad Valenciana	
	Número	Porcentaje (%) respecto al total	Número	Porcentaje (%) respecto al total	Número	Porcentaje (%) respecto al total
Primario	4.693	6,96	23.461	3,56	83.429	4,31
Secundario	19.978	31,38	79.448	12,08	262.540	13,56
Construcción	4.217	6,71	48.879	7,43	126.546	6,53
Terciario	35.489	54,93	505.509	54,49	1.462.621	75,58

Fuente: Portal Estadístico Generalitat Valenciana. Elaboración propia.

En definitiva, la agricultura en general, y la viticultura en particular, supone un elemento para el mantenimiento de la diversificación del sistema productivo. Así se recoge en el proyecto Avalem Territori dado que estas comarcas del Vinalopó son las de mayor actividad agraria de la provincia de Alicante tras la comarca alicantina de la Vega Baja. Pero también la viticultura, como producto intensivo en territorio por el fuerte vínculo que tiene con el lugar en el que se produce (Miranda y Fernández, 2011), genera unos activos culturales y paisajísticos de extraordinario valor para el fomento de nuevas oportunidades económicas y laborales como el turismo enológico y la apertura de nuevos segmentos turísticos. La innovación en torno al turismo se incluye cada vez más en las posibilidades que depara un turismo experiencial donde se ofrecen productos más específicos al turista que tiene una gran motivación por la idiosincrasia del destino. El turista enológico anhela vivir la experiencia de la vendimia y el proceso de elaboración del vino, más allá de las catas y de las visitas guiadas a las bodegas, algo que supone también una oportunidad a la apertura comercial de las marcas. El producto turístico en torno al vino se está complementando a partir de la ampliación de servicios turísticos sobre recursos como las bodegas, los museos, centros culinarios o restaurantes, tiendas especializadas o enotecas y alojamiento. La red colaborativa materializó el producto de la Ruta del Vino ya que surge del partenariado público-privado y ofrece una centralización de productos y servicios turísticos. La Diputación de Alicante, los ayuntamientos y las bodegas dentro de la DO Vinos Alicante ofrecen un producto innovador y diferenciado que surge de la innovación e inteligencia territorial.

En definitiva, el cultivo de la vid presenta en este territorio indicadores de innovación que se remontan tiempo atrás y que se han materializado en un “saber hacer”, tanto en la propia producción de la uva, como en la elaboración del vino a través de bodegas y cooperativas. La viticultura del Vinalopó ha sabido engendrar a lo largo del tiempo un producto vinculado a su capital humano y a su origen geográfico. La vinculación de la viticultura de estas comarcas a los cánones de territorio inteligente se asocia al arraigo territorial de este sistema productivo local que ofrece oportunidades de desarrollo territorial.

### 3. LA INNOVACIÓN EN LA VITICULTURA DEL VINALOPÓ EN TORNO A UN ECOSISTEMA Y A UNOS ACTORES EN EL TERRITORIO PARA LA MEJORA DE LA INNOVACIÓN DEL PRODUCTO, LOS PROCESOS Y LA COMERCIALIZACIÓN

La identificación del ecosistema de innovación y de la participación activa de los agentes que lo integran forma parte de la metodología participativa del Proyecto Avalem Territori. Las instituciones científicas e infraestructuras tecnológicas de apoyo a la innovación, las asociaciones empresariales y las instituciones públicas de apoyo al sistema empresarial y al desarrollo comarcal-local forman parte de aquellos actores de la innovación en el territorio sobre los que se debe incidir en las políticas públicas de desarrollo local y fomento del empleo.

En la viticultura del Vinalopó, las innovaciones se producen en muchos casos como reacción a la competitividad de un mercado exigente y a los problemas coyunturales y estructurales de la agricultura en la actualidad. El resultado de las encuestas a bodegas, cooperativas, productores y agentes territoriales, como es el caso de los agentes de desarrollo local, muestra esta necesidad de innovación que se resiente según el tamaño de la empresa. Las propuestas en innovación se fijan de mejor manera en productores, bodegas y cooperativas de tamaño medio.

En los últimos años las innovaciones se han inclinado hacia la mejora de la calidad del producto, en el posicionamiento estratégico en los mercados con relación a su marca y a la denominación de origen, en la creación de subproductos y servicios asociados como el enoturismo, en la aplicación de tecnología y TICs (tecnología de la información y la comunicación), entre otros. En concreto, las innovaciones tecnológicas se han desarrollado en los últimos años para la compra de productos enológicos específicos, así como para el trabajo en laboratorio. También se ha innovado tecnológicamente hacia la mejora del proceso con la adquisición de maquinaria y tecnología específica para la bodega, para el proceso específico del embotellado y embalaje y los etiquetados automáticos o semiautomáticos y, por último, la innovación tecnológica se ha aplicado en los últimos años en aplicaciones destinadas al enoturismo.

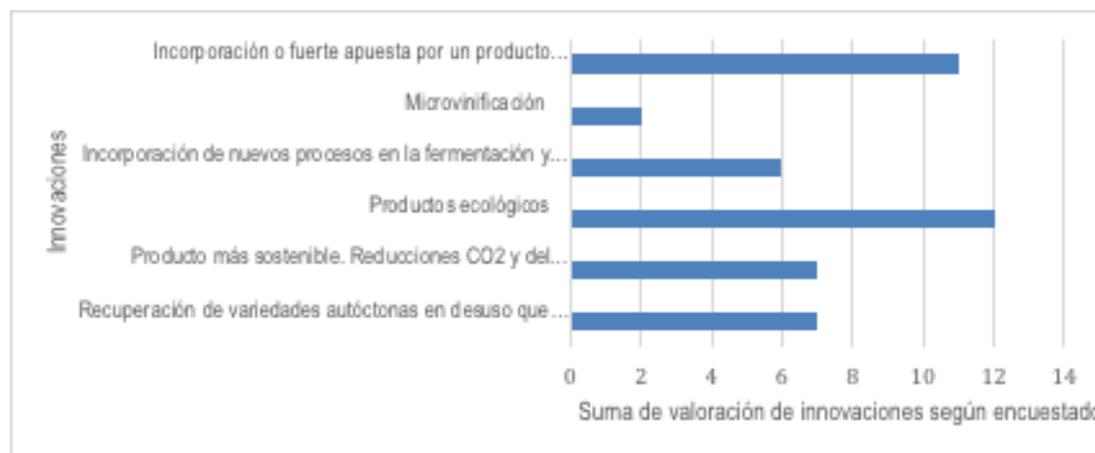
Por lo tanto, las principales innovaciones que se han desarrollado en la viticultura en las comarcas del Alto y Medio Vinalopó han sido para el producto, el proceso y la comercialización y marketing dentro de las bodegas y/o cooperativas y/o viñedos.

#### 3.1. Innovación en el producto

En el ámbito del sector vitícola existe un continuo trabajo en torno a la innovación del producto centrado en la puesta en marcha de nuevos vinos. A partir de las variedades exigibles en la DOVinos Alicante y a partir de nuevas fases de elaboración en el proceso de producción se elaboran nuevos vinos con marcas diferenciadas, a raíz de la innovación en nuevos procesos de fermentación, entre otros. Al mismo tiempo, la innovación alrededor de productos complementarios como el enoturismo también se ha integrado en los últimos años. En el contexto de nuevos productos, otra estrategia de innovaciones la apuesta por los productos ecológico. El Comité de Agricultura Ecológica de la Comu-

nitat Valenciana (CAECV) ha certificado en el territorio adscrito a la DO Vinos de Alicante la mayor extensión en viñedo ecológico de toda la Comunitat Valenciana. Esta extensión se integra dentro de un sector ecológico de la Comunitat Valenciana que sigue creciendo de forma imparable y que presenta un mercado en alza. En definitiva, las principales innovaciones acometidas en el producto final realizado por los productores del Alto y Medio Vinalopó son la generación de productos ecológicos junto a la incorporación de un producto complementario como el enoturismo (véase figura 3).

**Figura 3.** Principales innovaciones en el producto final desarrollado en los últimos diez años en el Alto y Medio Vinalopó



Fuente: Cuestionario de participación. Elaboración propia.

Estas innovaciones destacan sobre el resto, si bien, le siguen de cerca la recuperación de variedades autóctonas en desuso que mejor se adaptan al cambio climático y la innovación de un producto más sostenible con reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub> e impacto ambiental en el proceso productivo.

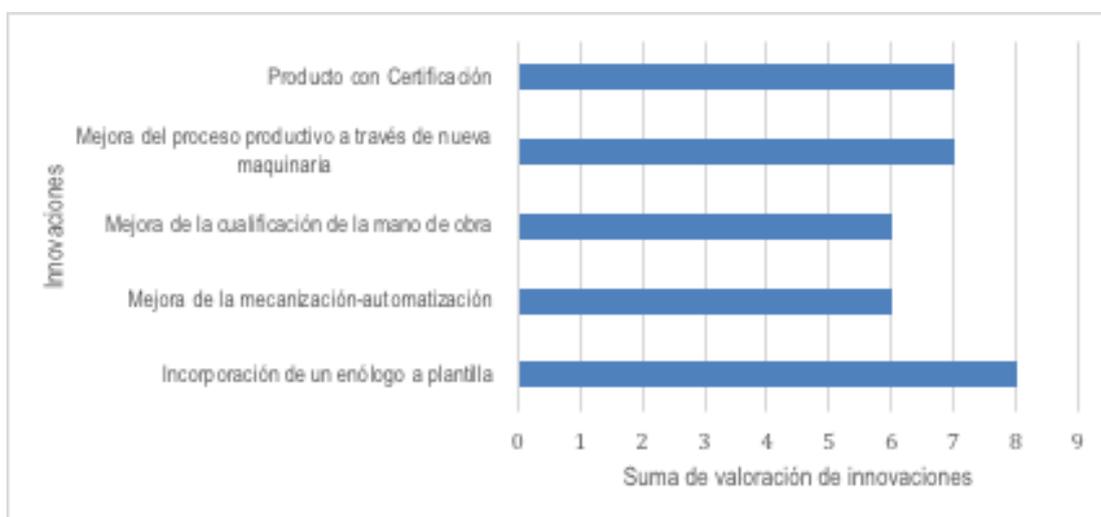
### 3.2. Innovación en el proceso

El análisis de las innovaciones de proceso que se han generado debe partir del conocimiento del proceso completo de producción del sector agroalimentario. Por una parte, hay una primera parte fundamental que es la generación del producto agrícola en el campo: preparación de la tierra, sembrado, riego, labores de seguimiento y desarrollo del producto, insumos necesarios (abonos, plaguicidas, pesticidas), hasta culminar con la recolección o vendimia. En este ámbito se han empezado a introducir nuevas tecnologías de mecanización-automatización que facilitan algunas fases del proceso: gestión eficiente y automatizada del riego, recolección (en los casos y tareas en que es posible). En este sentido, en el resultado de la participación se destaca que el agua es uno de los recursos más escasos del sector, por tanto, son necesarios mejoras e innovaciones en los sistemas y controles del regadío.

Los encuestados destacan también que dentro de las innovaciones llevadas por los bodegueros en el proceso está la incorporación de un enólogo a plantilla para supervisar y trabajar de manera continua en el proceso productivo: desde la recolección hasta el embotellado (véase figura 4). También se ha incorporado a la innovación la

certificación para el control de todo el sistema incluyendo la trazabilidad del propio producto y la mejora de la mecanización-automatización del proceso productivo en la fase agraria (preparación tierra, riego, utilización de insumos necesarios, vendimia, etc). Por último, la mejora de la cualificación de la mano de obra y de los profesionales de grado medio y superior incorporados a la actividad, así como la mejora del proceso productivo en la fase de elaboración del producto final o el vino a través de nueva maquinaria en las bodegas.

**Figura 4.** Principales innovaciones en el proceso desarrollado en los últimos diez años en el Alto y Medio Vinalopó



Fuente. Cuestionario de participación. Elaboración propia.

### 3.3. Innovación en comercialización y marketing

La mejora de la comercialización es una apuesta estratégica para mantener y ampliar los mercados de destino, adaptándose a las nuevas tendencias de consumo de los consumidores. La presumible debilidad de la orientación de los vinos de la DO Vinos de Alicante al mercado nacional, con más de un 75%, se ha convertido en lo contrario, es decir, en una oportunidad de fidelizar el mercado y de posicionar el producto. Esto se realiza a través de la idea de asumir el principio de sostenibilidad en la producción, desde la cosecha de la viña, hasta el consumidor final, pasando por el proceso de elaboración en el caso del vino, en circuitos de comercialización más sostenibles y cercanos.

Otros elementos que facilitan la innovación son la asociación de la producción y el turismo para la comercialización puesto que favorecen la dinamización socioeconómica y la promoción de empleo a través de la diversificación. La imagen turística es un escaparate para la comercialización de producto. La principal innovación en comercialización, marketing e imagen de marca de la viticultura en el Alto Vinalopó y en el Medio Vinalopó que se desprende del cuestionario de participación es el asociacionismo y trabajo en red, la promoción a través de premios, ferias, eventos y Salones Profesionales y el diseño en etiquetado y embotellado (véase figura 5).

**Figura 5.** Principales innovaciones en comercialización, marketing e imagen de marca desarrollada en los últimos diez años en el Alto y Medio Vinalopó



Fuente. Cuestionario de participación. Elaboración propia.

#### 4. LAS NECESIDADES DE INNOVACIÓN DETECTADAS

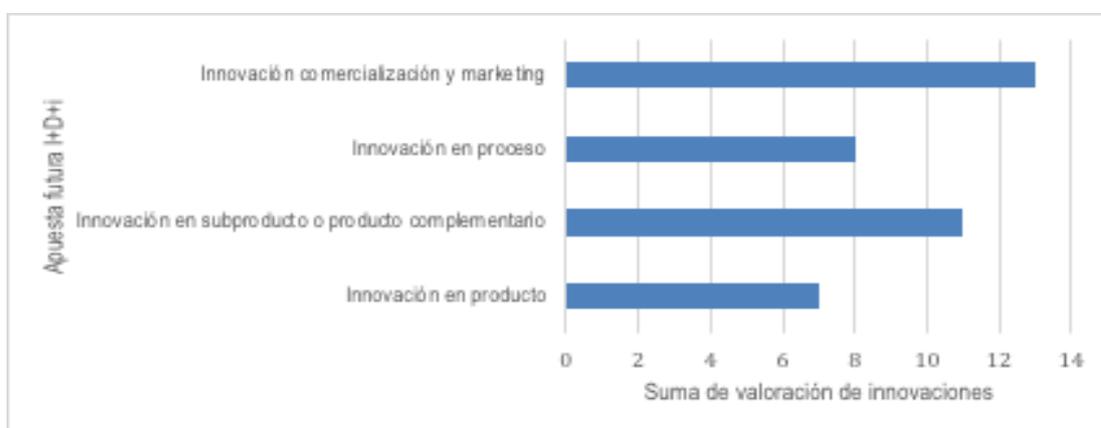
En la actualidad existe una división de opiniones entre los viticultores y agentes socioeconómicos del Alto y Medio Vinalopó en cuanto a las posibilidades de mejora que tiene el sector con la innovación, dados los problemas estructurales y coyunturales de la agricultura en los últimos años (falta de agua, precios en el mercado...). El 57,2% de los encuestados cita de alta o muy alta la posible mejoría de la viticultura con una apuesta por la innovación a pesar de dichos problemas.

En general, para favorecer los procesos de innovación se deben dar ciertos factores. Por un lado, la comunicación y la búsqueda de fórmulas de relación y cooperación entre institución pública y empresas o asociaciones sectoriales. La capacidad de agruparse y asociarse en torno a propósitos comunes por parte del tejido productivo genera una mayor capacidad de innovación según los encuestados. Un conjunto de agentes empresariales locales, de técnicos y agentes de desarrollo local y de la propia administración local, vela por integrar la innovación en los productos, los procesos y comercialización y venta mediante la estructura y generación de redes territoriales. Las empresas de cierto tamaño y las asociaciones de pequeños productores han apostado por la innovación como eje estratégico de su competitividad a través de la DO Vino de Alicante y DO Uva de Mesa Embolsada del Vinalopó. La innovación ha ido de la mano de propuestas de asociación y creación de redes en torno a un partenariado público y privado (propias empresas y bodegas) a partir de las oportunidades reales de desarrollar una innovación en aspectos transversales como el turismo enológico. El fomento del enoturismo se concretó con la creación de la Ruta del Vino de Alicante, dentro del club de productor de las Rutas del Vino de España y bajo el aval de ACEVIN (Asociación Española de Ciudades del Vino).

Por otro lado, y relacionada con la generación de redes y cooperación, la apuesta por la cualificación de las bodegas y el impulso de las campañas de marketing y la innovación del producto. El desarrollo y la innovación no deben obviar las innovaciones en procesos, en organizaciones, en implementación de nuevas tecnologías y en el trabajo en red. Para ello, los principales aspectos empresariales, laborales, territoriales y asociativos que se apuntan para el desarrollo de la innovación en la viticultura son la actitud y formación del productor y empresariado y el compromiso de la sociedad civil y el tejido asociativo. Le siguen de cerca en un grado de importancia la formación reglada que esté ajustada a las necesidades reales del territorio, la actitud y formación del productor y empresario y la capacitación de los trabajadores. Por último, y también significativo, las inversiones y mejora de los servicios y equipamientos públicos por parte de los poderes locales y supralocales y una mayor cantidad y calidad de las subvenciones públicas directas al sector y acordes a las necesidades del territorio.

El resultado es que aproximadamente el 95% de los encuestados valoran que a corto y medio plazo lo más importante sería innovar en I+D+i en comercialización y marketing (véase figura 6). Esto supone, sin duda, el primer factor de innovación a apuntar en un futuro, seguido de la innovación en subproductos o productos complementarios (enoturismo, acuerdo colaboración con restaurantes y bares, etc).

**Figura 6.** Necesidades de innovación detectadas a corto y medio plazo en el Alto y Medio Vinalopó



Fuente: Cuestionario de participación. Elaboración propia.

## 6. CONCLUSIONES

En las comarcas del Alto y del Medio Vinalopó la viticultura es un sector productivo con arraigo territorial y cultural en torno a unos recursos específicos que en el momento que se convirtieron en activos movilizados por la sociedad local generaron un espacio de innovación y un territorio inteligente. El resultado del vínculo del recurso físico (tierra y clima), con el capital social (saber hacer), ha fomentado una cultura de emprendimiento y un relevante yacimiento de empleo dentro del mercado laboral del territorio y que se recoge dentro de la identificación de territorios inteligentes realizados por el proyecto Avalem Territori.

Los procesos en innovación para mejorar la competitividad y el posicionamiento de los productos se han realizado por parte de los actores protagonistas de la viticultura en el Vinalopó a raíz de las exigencias del mercado que han obligado a estos productores, cooperativas y bodegas a incorporar nuevas prácticas más eficientes y a la diversificación de sus productos. La innovación en el producto, en el proceso y en la comercialización de la viticultura se apoya, aunque no siempre, en la componente de la innovación tecnológica. La capacidad de innovación se resiente según el tamaño de este tejido productivo. Las características del actual tejido empresarial del territorio están representadas por un predominio de pequeños productores y de pequeñas y medianas empresas o bodegas y cooperativas agrícolas, pero la capacidad de agruparse y asociarse en torno a propósitos comunes ofrece resultados positivos. En este sentido, las empresas de cierto tamaño y las asociaciones de pequeños productores han apostado por la innovación como eje estratégico de su competitividad a través de la DO Vino de Alicante y DO Uva de Mesa Embolsada del Vinalopó. La innovación a partir de propuestas de asociación y creación de redes, en una aproximación del partenariado público y privado, ha permitido el desarrollo de la innovación con productos y procesos transversales como la generación de nuevos vinos y el enoturismo, con la creación de la Ruta del Vino.

El resultado de investigación muestra que, pese a las dificultades para la innovación tecnológica, la capacidad de innovación y la inteligencia territorial de la viticultura en estas comarcas se sustenta en los procesos colaborativos y de cooperación. La creación de nuevos productos (o vinos) o subproductos, como la citada ruta del vino, son aquellas innovaciones que más valor se les otorga en el sector de la viticultura a corto y medio plazo, seguidas de la innovación en comercialización y marketing.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, J.L., SÁNCHEZ, J.L. & APARICIO, J. (2002): Los sistemas productivos locales y la innovación en el medio rural de las dos Castillas: un acercamiento a la realidad común. En Méndez, R. y Alonso, J.L. (eds.), *Sistemas locales de empresas y redes de innovación en Castilla-La Mancha y Castilla y León* (pp. 259-279). Ediciones Universidad de Salamanca. Salamanca.
- ALONSO, J.L. (2003). Redes y procesos de innovación en las comarcas vinícolas de Castilla y León: el ejemplo de la D.O. Bierzo. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles (AGE)*, nº36, pp. 43-60. Retrieved from <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/457>
- CAÑIZARES RUIZ, M.C., & RUIZ PULPÓN, A.R. (2020). Paisajes del viñedo, turismo y sostenibilidad: interrelaciones teóricas y aplicadas. *Investigaciones Geográficas*, 74, 9-28. <https://doi.org/10.14198/INGEO2020.CRRP>
- CONSELLERÍA DE AGRICULTURA, DESARROLLO RURAL, EMERGENCIA CLIMÁTICA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA (2020). Retrieved from <http://www.agroambient.gva.es/es>
- DEL CANTO FRESNO, C., CARRERAS, M.C., MECHA, R. & RAMIREZ, S. (2008). Innovación y tradición en el sistema vitivinícola madrileño: Retos para el desarrollo local. En Martínez-Puche, A., Prieto, A. y Rodríguez, F. (Coords.), *Los sistemas locales de empresas y el desarrollo territorial: Evolución y perspectivas actuales en un contexto globalizado* (pp. 403-428), Editorial Club Universitario. Alicante.
- FEDERACIÓN ESPAÑOLA DEL VINO, FEV (2020). Retrieved from <http://www.fev.es/es/>

- FUNDACIÓN BANKIA POR LA FORMACIÓN DUAL (2018). La Formación Profesional en la Comunitat Valenciana, situación y directrices: visión territorial. Retrieved from [https://www.dualizaban-  
kia.com/recursos/doc/portal/2019/07/08/fp-comunitat-valenciana.pdf](https://www.dualizaban-<br/>kia.com/recursos/doc/portal/2019/07/08/fp-comunitat-valenciana.pdf)
- GENERALITAT VALENCIANA-SERVEF (LABORA) (2018): *Territorio y empleo: Desarrollo territorial y mercado laboral valenciano: Avalemterritori*. Generalitat Valenciana. Valencia.
- GENERALITAT VALENCIANA-SERVEF (LABORA) (2018): *Estrategias territoriales y empleo valenciano (Avalemterritori: desarrollo territorial y mercado laboral valenciano)*. Generalitat Valenciana. Valencia.
- GENERALITAT VALENCIANA-SERVEF (LABORA) (2019): *Áreas Funcionales y Mercado Laboral: Avalemterritori*. Generalitat Valenciana. Valencia.
- GINER PÉREZ, J.M. & SANTA MARÍA BENEYTO, M.J. (2017). Los Clústers Agroalimentarios: Identificación y Análisis para el caso de España. En: Melgarejo Moreno, J. y Abadía Sánchez, R. (eds.), *El sector agroalimentario: Sostenibilidad, cooperación y expansión*. Orihuela: Ayuntamiento; Alicante: Universidad.
- LÓPEZ-JIMÉNEZ, J.; MARTÍNEZ-PUCHE, A.; SANCHÍZ, D. (2018). *El Medio Vinalopó. Territorio y empleo. Desarrollo territorial y mercado laboral valenciano*. Comunidad Valenciana (España). Universitat de València, 679 – 694
- MARTÍNEZ-PUCHE, A. (1999): *Villena: Industrialización y cambio social (1740-1940)*. Alicante, Universidad de Alicante.
- MARTÍNEZ PUCHE, A. (2008). Los valores culturales como marca territorial en los municipios del Vinalopó. Singularización e identidad comarcal. *Revista del Vinalopó*, nº11, pp. 65-85.
- MARTÍNEZ PUCHE, A. (2012). Análisis de las redes empresariales y su incidencia territorial: transferencia tecnológica, aprendizaje e innovación. *Revista de estudios andaluces*, 29, 18-58. DOI: <https://doi.org/10.12795/rea.2012.i29.02>
- MARTÍNEZ PUCHE, A. (2014): La ruta del vino en la provincia de Alicante ¿Oportunidad u oportunismo?, en López Palomeque, F. y Cánoves Valiente, G. (Coords.), *Turismo y Territorio. Innovación, renovación y desafíos*, Tirant Humanidades, Barcelona, pp. 503-513
- MARTÍNEZ PUCHE, A. & MORALES YAGO, F.J. (2016). El vino, como recurso turístico para el fomento del desarrollo local. La oportunidad para las comarcas del Vinalopó (Alicante) y el Altiplano Yecla-Jumilla (Murcia). *Cuadernos de Turismo*, 38, 263-295. DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/turismo.38.271451>
- MARTÍNEZ PUCHE, A. (2016). Profesionales y herramientas para el desarrollo local y sus sinergias territoriales: evaluación y propuestas de futuro. *Coloquio Nacional de Desarrollo Local del Grupo de Trabajo de Desarrollo Local de la Asociación de Geógrafos Españoles*. 2013. Villena
- MARTÍNEZ PUCHE, A. (2016). Los sistemas locales de empresas y el desarrollo territorial: evolución y perspectivas actuales en un contexto globalizado. Asociación de Geógrafos Españoles Grupo de Trabajo de Desarrollo Local Jornadas (5ª. 2005. Alicante)
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (2020). Retrieved from: <https://www.mapa.gob.es/es/>
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (2008). Informe Datos de los Vinos de Calidad producidos en regiones determinadas-VCPRD- Campaña 2007/2008. Retrieved from <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2009/default.aspx?parte=3&capitulo=13&grupo=11&seccion=7>
- MIRANDA, B. & FERNÁNDEZ, M. (2011). Vino, turismo e innovación: las Rutas del Vino de España, una estrategia integrada de desarrollo rural. *Estudios de Economía Aplicada*, 29-1. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/301/30120835005.pdf>

- PILLET, F. (2008). *Espacio y ciencia del territorio. Proceso y relación global-local*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- PIQUERAS, J. (2009). La vid y el vino en Alacant: una síntesis histórica. La vid y el vino en Alicante. *Revista del Instituto Alicantino de Cultura Juan Gil-Albert*, Alicante, pp. 11-26.
- PLAN SECTORIAL DE LA ALIMENTACIÓN / PLAN ESTRATÉGICO DE LA INDUSTRIA VALENCIANA (2018). Retrieved from: <http://cindi.gva.es/documents/161328133/164106546/Plan+Sectorial+ALIMENTACION+2018.pdf/f7c62bbe-7bf8-4e10-be64-2b39d78a00ef>
- PONCE, G. (2016): El viñero alicantino como *terroir* en crisis. En J. Olcina y Antonio M. Rico (Coord.), *Libro Jubilar homenaje al profesor Antonio Gil Olcina* (pp. 513-532). Instituto Interuniversitario. Universidad de Alicante.
- RUTA DEL VINO ALICANTE (2020): Retrieved from <https://rutadelvinodealicante.com/>
- SÁNCHEZ, J.L. (2002). La renovación de las bases productivas en la industria vinícola de Rueda. En MÉNDEZ, R. y ALONSO, J.L. (eds.), *Sistemas locales de empresas y redes de innovación en Castilla-La Mancha y Castilla y León*. Ediciones Universidad de Salamanca. Salamanca: 231-257
- UNWIN, T. (1991). *Wine and Vine: An Historical Geography*. London, Routledge.
- UNWIN, T. (2001). *El vino y la viña. Geografía histórica de la viticultura y del comercio del vino*. Tusquets, Barcelona.
- UVA DE MESA EMBOLSADA DEL VINALOPÓ (D.O) (2020). Retrieved from <https://uva-vinalopo.org/>
- VINOS ALICANTE (D.O) (2020). Retrieved from: <https://vinosalicantedop.org/>



# ¿UN EUROMAIDÁN EN BELARÚS? LA “REVOLUCIÓN BLANCA” DE 2020 EN EL CONTEXTO DE LA ZONA GRIS EUROPEA

## A EUROMAIDAN IN BELARUS? 2020 ‘WHITE REVOLUTION’ IN THE EUROPEAN GRAY ZONE CONTEXT

---

Miguel Borja Bernabé-Crespo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geografía. Universidad Autónoma de Madrid. miguelb.bernabe@uam.es ORCID: 0000-0001-7269-3270

### RESUMEN

Sometida a tácticas de zona gris, se plantea la posibilidad de que Belarús pueda sufrir una fragmentación de naturaleza parecida a la crisis del Euromaidán de Ucrania, entre los que desean un acercamiento a la UE y los que pretenden una unión más estrecha con Rusia. Las elecciones de 2020 movilizaron al país en lo que se ha conocido como “Revolución Blanca”, con Svetlana Tijanovskaya como líder de la oposición. Se presenta un estudio geográfico sobre la distribución étnica, lingüística, económica y electoral; además de realizar un breve repaso de la historia del país y el medio físico, que permiten conocer mejor a Belarús. Los resultados no muestran una clara diferenciación del país en dos realidades opuestas, pero sí muestra que las mayores disparidades se dan entre el ámbito rural y urbano. Además, se señala la importancia de la minoría polaca. Se realiza un análisis de las protestas y la Revolución Blanca, concluyendo que la situación actual belarusa dista de ser un nuevo Euromaidán y, parece alzarse como una lucha por la democracia; pero puede servir como un primer paso hacia una posterior toma de decisiones en el ámbito geopolítico y constituir un precedente para una intensificación de las estrategias propias de la zona gris.

**Palabras clave:** Belarús, zona gris europea, ampliación Unión Europea, fragmentación de Estados, democracia

### ABSTRACT

Subjected to gray zone tactics, there is the possibility that Belarus could suffer a fragmentation similar in nature to the Euromaidan crisis in Ukraine, between those who want a rapprochement with the EU and those who want a closer union with Russia. The 2020 elections mobilized the country in what was known as the “White Revolution,” with Svetlana Tijanovskaya as the leader of the opposition. A geographical study of the ethnic, linguistic, economic and electoral distribution

is presented; also, a brief review of the history of the country and the physical environment is presented, which allow us to know Belarus better. Results do not show a clear differentiation of the country into two opposite realities, but it does show that the greatest differences occur between rural and urban areas. In addition, the importance of the Polish minority is noted. An analysis of the protests and the White Revolution is carried out, concluding that the current Belarusian situation is far from being a new Euromaidan and, it seems to rise as a struggle for democracy; but it can serve as a first step towards further decision-making in the geopolitical realm, and constitute a precedent for an intensification of the strategies of the gray area.

**Keywords:** Belarus, European gray zone, EU enlargement, State fragmentation, democracy

## 1. INTRODUCCIÓN: BELARÚS Y LA ZONA GRIS

*Belarús* es el término que desde la Geografía resulta más adecuado para referirse a este país situado en el este de Europa, a pesar de que la Academia de la Lengua Española recomiende el tradicional “Bielorrusia”, por varias razones: primero, porque este es el nombre oficial reconocido por la Organización de las Naciones Unidas; segundo, porque las autoridades belarusas priorizan este término (por ejemplo, mediante la designación de su red diplomática); y, por último, por el mismo deber de la Geografía, con respecto a la responsabilidad de respetar la identidad belarusa y promover la popularización del término. Además, Karacsonyi, Kocsis y Bottlik (2017) relatan que *Belarús* (Беларусь) está relacionado con la Rus de Kiev (el primer Estado eslavo) y no con el término *Rusia*. En tiempos soviéticos, sí existía la denominación de RSS de Bielorrusia (Белоруссия). La simple reflexión sobre el nombre del país y su identidad hace pensar que *Belarús* se encuentra en una compleja encrucijada, entre la que destaca su categorización como “zona gris” (Bernabé-Crespo, 2020).

Este concepto de “zona gris” es de acuñación reciente, pues fue en 2010 cuando el Departamento de Defensa de los Estados Unidos lo incluyó en su *Quadrennial Defense Review* citando que “El panorama estratégico futuro presentará cada vez más desafíos en la zona gris ambigua que no es ni una guerra total ni una paz total” (US Department of Defense, 2010, p. 73). Por lo tanto, hace referencia a aquellos espacios situados entre la paz (blanco) y la guerra (negro), donde la paz no está asegurada, si bien no se trata de una guerra convencional y donde reina la ambigüedad (Schadlow, 2014; Kapusta, 2015; Hoffman, 2016; Wirtz, 2017). En la zona gris se desarrollan actividades como demostraciones de fuerza, desinformación, subversión política y propaganda, apoyo financiero, medidas de coerción económica, ciberataques, y otras que no incluyen la violencia armada, por lo que constituyen una alternativa a la guerra híbrida (Baqués, 2017, p. 1073). Siendo el objetivo desestabilizar el país, estas prácticas a menudo se realizan mediante *sliced salami tactics*, acciones de pequeño alcance e intermitentes en el tiempo, para evitar una clara percepción de las tácticas, y fomentando el descontento social. Estas acciones no lineales implican acciones múltiples y simultáneas, con

la finalidad de que algunas de ellas generen oportunidades que puedan ser explotadas por Moscú (Jordán, 2019, p. 919). Se incluyen otras herramientas de poder blando, como las operaciones para influir en la opinión pública en los a través de los medios de comunicación (Szostek, 2018), no solo para generar un discurso favorable al actor desestabilizador, sino también para difundir la desconfianza en los gobiernos y los medios de comunicación (Jordán, 2019). El descontento social prolongado y territorializado, puede constituir una división interna y conducir al dilema de estatalidad: la *estatalidad disputada* ocurre cuando una autoridad estatal reconocida internacionalmente no puede mantener un control efectivo sobre su territorio, como resultado de un conflicto en curso (Papadimitriou y Petrov, 2012, p. 749).

Esta situación encuentra un ejemplo próximo en tiempo y en espacio en el este de Ucrania, con la autoproclamación de las Repúblicas Populares de Donetsk (DPR) y Lugansk (LPR) en 2014 tras los sucesos del Euromaidán. En la construcción del Estado (*statebuilding*) es fundamental lograr el compromiso entre los ciudadanos y el Estado, sus demandas, obligaciones y expectativas, abordando temas de gobernabilidad democrática, derechos humanos, participación de la sociedad civil y construcción de la paz (Menocal, 2011, p. 1732). Al respecto, Maass (2020, p. 391) argumenta que “la legitimidad como el componente central de la construcción del Estado en Ucrania se vio socavada debido a su división interna”, y donde las actitudes con respecto a la Unión Europea fueron el núcleo central del debate público (Bürkner, 2020, p. 548).

En el contexto de las elecciones presidenciales de Belarús del 9 de agosto de 2020, desde los meses anteriores se fueron sucediendo manifestaciones multitudinarias encabezadas por la oposición belarusa, y se alertó sobre la posible desestabilización del país y la aparición de un nuevo Maidán –entre otros, la desinformación incluía la llegada de mercenarios rusos (Belta Novosti, 29/07/2020). El mismo presidente belaruso Alexander Lukashenko declaró en junio de ese año: “*Veo que ciertas fuerzas se han vuelto más activas, que comienzan a intensificarse, sacudiendo la situación en el país. Hemos observado esto durante mucho tiempo. Pero aun así logramos dar algunos pasos y anticiparnos y frustrar un plan a gran escala para desestabilizar a Belarús –esto no es una broma ni una intimidación– y llevar al país a un Maidán*” (Ria Novosti, 19/06/2020).

Después de los acontecimientos de Ucrania en 2014, algunas miradas se trasladaron a Belarús como el candidato con más probabilidades de repetir una experiencia parecida (Giles, 2019). El estudio de este proceso y el posible inicio de eventos similares en suelo belaruso no es solo un asunto interno, sino también relevante para la seguridad europea. En relación con esto, la UE como actor internacional, tiene la oportunidad de anticiparse a la gestión de conflictos y emplear métodos de prevención de conflictos (Bouris & Papadimitriou, 2020). Este trabajo intenta contextualizar a Belarús en la zona gris, sirviendo como una herramienta para los responsables políticos, ya que contempla consideraciones sobre la territorialización de los descontentos sociales, y cuya hipótesis es que la Revolución Blanca de 2020 puede constituir un precedente para una intensificación de las estrategias de desestabilización en la zona gris y una potencial deriva en guerra híbrida.

## 2. CONTEXTO GEOPOLÍTICO DE BELARÚS

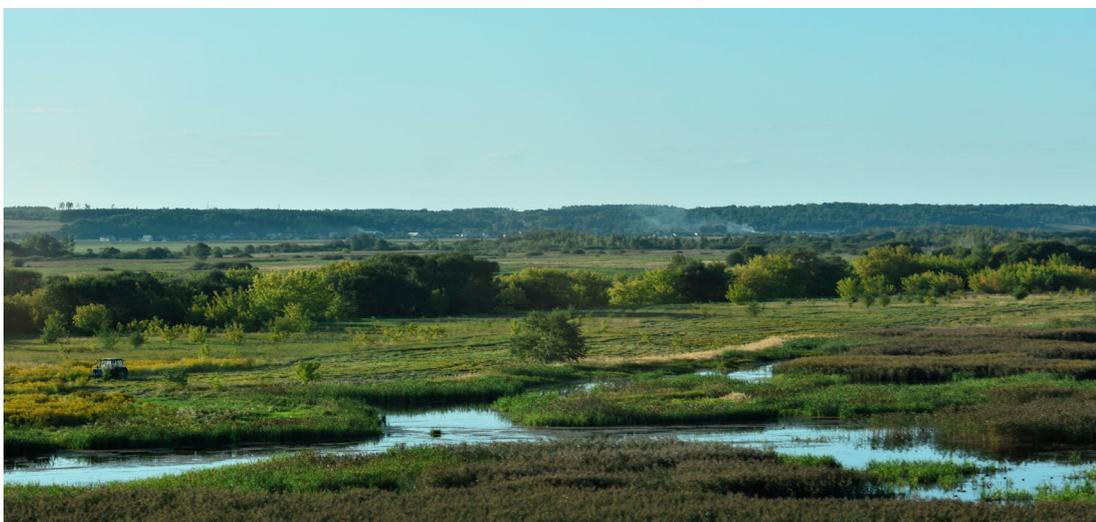
Belarús a menudo es definida como la puerta entre Europa y Rusia (Karacsonyi, Kocsis y Bottlik, 2017), y su medio físico, ocupado por la máxima extensión de la Gran Llanura Europea –sin grandes obstáculos– ha ayudado a la fácil dispersión de los pueblos, avances bélicos e histórica volatilidad de las fronteras. En su parte oeste, el terreno es casi absolutamente plano, donde la actividad agrícola encuentra sus mayores extensiones (Figura 1). Aunque la altitud media es de 160 metros sobre el nivel del mar, y el punto más alto no llega a los 350 m (una colina a las afueras de Minsk), hacia el este el terreno comienza a ondularse suavemente y se encuentran algunas colinas y más espacios boscosos (Figura 2).

**Figura 1.** Paisaje belaruso cerca de Grodno/Hrodna (oeste del país)



Fuente: elaboración propia.

**Figura 2.** Paisaje belaruso entre Vitebsk y Mogilëv/Mahilioŭ (noreste del país)



Fuente: elaboración propia.

La historia de Belarús está vinculada a la Rus de Kiev, el primer Estado eslavo que se fundó alrededor de la actual capital ucraniana, compuesto por una mezcla de población eslava y las incursiones vikingas. Cuando se desmoronó y los mongoles invadieron estos territorios, algunos de los que se encontraban en la actual Belarús se incorporaron al Ducado de Lituania. Desde el siglo XIV perteneció a la unión lituano-polaca, que en el siglo XVI se conformó en la República de las Dos Naciones. En el siglo XVIII, este Estado se disolvió y los territorios belarusos fueron anexionados por el Imperio ruso, en el periodo de expansión de Catalina la Grande. En 1918 se proclamó la República Popular de Bielorrusia, primera vez que la nación era independiente, aunque solo duró unos meses. En este periodo se adoptó la bandera blanca-roja-blanca y su escudo de armas de *Pahonia*, más vinculado con su pasado polaco-lituano. Después de este breve periodo sería integrada en la URSS como la República Socialista Soviética de Bielorrusia. En 1991, Alexander Lukashenko fue el único parlamentario bielorruso que votó en contra del Tratado de Belavezha (que significó la disolución de la URSS). Finalmente, Shushkévich lo firmó y la república accedió a su independencia adoptando los símbolos de su precedente nacionalista de 1918. En 1995, cuando Lukashenko ya se encontraba en el poder, un referéndum sustituyó la bandera rojiblanca por la actual, similar a la de la RSS de Bielorrusia – a la misma vez que se reconocía el idioma ruso como oficial y se reforzaba el poder presidencial. La identidad nacional belarusa se ha sustentado en la consolidación de una estatalidad independiente, por lo que la identificación cultural, etnolingüística y los vínculos históricos han sido explotados por Rusia para ejercer control; mientras que la recuperación de la identidad nacional constituye un ejercicio de supervivencia estatal (López, 2020, p. 67).

Desde entonces, Belarús ha transitado entre una dependencia de Rusia y una búsqueda de neutralidad, por lo que su política exterior ha sido multifactorial y ha permitido la supervivencia de Lukashenko (López, 2020). Tradicionalmente considerado el aliado más cercado a Rusia, la estrecha relación se materializó en 1997 con el llamado Tratado de la Unión de Belarús y Rusia, el *Union State*, que todavía espera ser firmado para configurar la organización supranacional. La integración con Rusia se asocia profundamente a la economía, ya que Belarús depende en gran manera de los descuentos de hidrocarburos y otros subsidios rusos (Newnham, 2020); lo que a menudo se utiliza como medida de coerción a cambio de lealtad, como atestiguan las declaraciones de Medvedev en 2018: “la reanudación de los subsidios estaba condicionada a que Bielorrusia aceptara una integración más profunda dentro del *Union State*” (Sivitski, 2019).

La política exterior de Rusia, enmarcada dentro de un neoeurasianismo, tiene como uno de sus principales objetivos mantener el control del espacio postsoviético (Lanoszka, 2016), a menudo llamado “extranjero cercano” (*near abroad*) o “vecindario en disputa” (*contested neighbourhood*). En un área de fuerte competencia geopolítica, las acciones de Moscú han incluido el socavo de la estatalidad de algunos de sus aliados tradicionales, como Ucrania o Belarús, para no alejarlos de la esfera de influencia rusa (Tsygankov, 2015, p. 298). Por tanto, el pensamiento geopolítico ruso parece inclinarse al orden multipolar de Dugin, lo que resulta en el aumento progresivo de los poderes regionales, y en el que las grandes potencias tienen derecho a un papel privilegiado sobre sus regiones adyacentes (Raik,

2019). Esto último significa que, si Rusia se siente amenazada su cercano exterior, es de esperar que desarrolle acciones de guerra no lineales sobre aquellos países incluidos en su eventual zona de seguridad (Morales, 2015, p. 101).

Las relaciones entre Belarús y Rusia han sufrido vaivenes, como el no reconocimiento de Crimea como territorio ruso (tampoco ocurrió este apoyo durante la invasión de Georgia en 2008 ni con el reconocimiento de Abjasia y Osetia del Sur); y un cierto acercamiento a Occidente, que mejoró la anterior imagen del régimen de Lukashenko (apodado por los EE. UU. como uno de los países del “eje del mal”) a representar un espacio de diálogo dentro de los Acuerdos de Minsk. Su pragmatismo practicado y condición de Estado neutral amortiguador supusieron que Bruselas levantara las sanciones impuestas (Kłysiński, 2018) y su inclusión dentro del *Eastern Partnership* (Asociación Oriental). A finales de 2018 se estableció un nuevo formato de compromiso bilateral en la relación entre Belarús y la UE, el Grupo de Coordinación UE-Belarús (Melyantsou, 2019, p. 76). Incluso el ministro de Defensa belaruso declaró que “se estaba considerando la posibilidad de ejercicios conjuntos de mantenimiento de la paz con la OTAN” (Tass, 31/12/2019), además de los acuerdos bilaterales en materia de seguridad firmados con países vecinos como Polonia, Ucrania y Lituania. Su apertura también miró hacia China, que invirtió en infraestructura y servicios del país, e ideó el proyecto del *Belt & Road Initiative*, para conectar China con Europa. A pesar del cambio de enseña y su lealtad a Rusia, uno de los medios explotados por Lukashenko para incrementar su neutralidad y contrarrestar la influencia tanto de Rusia como de la UE, ha sido desarrollar el nacionalismo belaruso, algo a lo que Marin (2020) se refiere como “suave *belarusanización*”. Un ejemplo de ello fueron las declaraciones de Lukashenko sobre que “Bielorrusia comprará petróleo a otros países para evitar arrodillarse todos los años” (Belta Novosti, 14/02/2020), o cuando advirtió a Medvedev que “la soberanía belarusa no estaba en venta” (Belta Novosti, 10/07/2020).

El valor estratégico de Belarús se acrecienta al ser un Estado tampón entre la UE/OTAN y Rusia, una vez que los Estados Bálticos se han incorporado a la alianza noratlántica y Ucrania lo persigue tras su enfrentamiento directo con Rusia. Pero, además, el llamado *Suwałki Gap* (espacio de Suwalki, área fronteriza entre Polonia y Lituania) es uno de los puntos con mayor potencial conflictivo entre la OTAN y Rusia (Veebel y Sliwa, 2019). La razón es que permitiría conectar el enclave de Kaliningrado con Belarús, y separaría los territorios de la OTAN, aislando a los Bálticos (Kofman, 2016). Las tensiones son latentes, con el despliegue de batallones a uno y otro lado de la frontera, incluyendo misiles Iskander. En 2017, Rusia y Belarús realizaron los ejercicios Zapad donde simulaban un ataque contra Kaliningrado por parte de tres Estados anónimos, lo que sugería que se trataba de Estonia, Letonia y Lituania (Jordán, 2019). La importancia geoestratégica de Kaliningrado es tal que representa un interés defensivo central para Rusia, y una de las debilidades de seguridad más importantes (Challis, 2020), por lo que una crisis en Belarús representa un riesgo para Rusia y un potencial desencadenante de un conflicto a mayor escala (Frear y Kearns, 2017).

### 3. FRONTERAS OCULTAS EN BELARÚS

Anteriormente se ha argumentado que Belarús está sometida a tácticas de desestabilización de zona gris, y que estas buscan generar el descontento social y disturbios civiles para socavar la estatalidad, como ocurrió en Ucrania entre 2013 y 2014. Por tanto, parece interesante atender a la situación belarusa, con objetivo de averiguar si existen grandes diferencias territoriales que sean susceptibles de ser aprovechadas y que den lugar a una guerra híbrida.

En un trabajo anterior, las conclusiones del estudio de “fronteras ocultas” en Belarús (Bernabé-Crespo, 2020, p. 271) arrojaron que los polacos eran la minoría más significativa, ya que la distinción étnica entre ruso y belaruso se antojaba complicada. Los polacos se encuentran principalmente en el oeste del país, cercanos a la frontera lituana, y representaban más del 80 % en ciudades como Grodno/Hrodna o Lida. El idioma ruso parecía predominar en el ámbito urbano (más del 80 % lo usaba habitualmente en Brest, Borisov o Vitebsk), mientras que el belaruso era más frecuente en áreas rurales (sobre todo, en el oeste y sur, más del 80 % lo empleaba en Sharkaushchyna, Iuje o Valozyn), aunque también parecía tener acomodo en entornos urbanos en sectores o comunidades de fuerte sentimiento identitario y nacionalista. Además, también se constata la existencia de un dialecto mezcla de belaruso y ruso (llamado *trasianka*) que se habla en las partes rurales del país. Los salarios más altos de Belarús se registran en la capital, Minsk. En el resto del país, los salarios suelen ser más bajos, únicamente aliviados en áreas urbanas como Mozyr, Gomel y Saligorsk, con fuerte presencia de la actividad industrial. La industria es escasa y su producción más notable es la maquinaria agrícola (los tractores bielorrusos fueron particularmente conocidos en la época soviética); la agricultura es una actividad de destacada importancia, ya que las exportaciones del país consisten principalmente en productos primarios (Hrechyshkina & Samakhavets, 2019) y las mayores producciones se encuentran en el oeste, centro, suroeste y sureste del país, siendo Grodno/Hrodna la región con más importancia agrícola.

Debido a las acusaciones de fraude electoral, las elecciones presidenciales de 1994 se consideran las últimas libres. En ellas, Lukashenko, que representaba una mayor continuidad del socialismo y alianzas con Rusia, consiguió sus mejores resultados en las regiones del este y sur de Belarús. El Frente Popular Belaruso (FPB), nacionalista belaruso y más proeuropeo, obtuvo la mayor parte de sus votos en el oeste, en aquellos territorios que históricamente habían pertenecido a la mancomunidad polaco-lituana. El FPB llegó al 30 % en Iuje, Smarhon o Stolin, y más del 20 % en Minsk, porcentaje similar al que Lukashenko consiguió en la capital. Sin embargo, no superó el 5 % en el este del país. Desde 1994, Lukashenko ha ganado todas las elecciones con más del 80 % de los votos.

A tenor de lo expuesto, se aprecia que la parte occidental de Belarús, históricamente relacionada con la influencia polaco-lituana, alberga una comunidad importante de polacos, donde el belaruso se suele utilizar más frecuentemente, una región eminentemente agrícola y donde Paznyak, el candidato del FPB –exiliado en los EE. UU.– fue más votado. Sin embargo, se trata de una diferenciación sutil, a lo que se suma la división entre el ámbito rural y urbano.

#### 4. LA REVOLUCIÓN BLANCA DE 2020

Hasta 2020, el régimen de Lukashenko había encontrado una oposición limitada, en gran parte, por la represión (hacia las reuniones en torno a la bandera rojiblanca). En 2015 se observó cierta movilización debido a la promulgación de la “Ley de los parásitos sociales”, que obligaba a los desempleados a pagar impuestos, y que Lukashenko tuvo que cancelar (RFE/RL, 26/01/2018). En 2020, Siarhei Tijanovski (un famoso bloguero) se postuló como candidato con el lema “*Throw away the cockroaches*” y consiguió movilizar determinadas protestas a las que se les llamó como la “revolución de las zapatillas o chanclas” tras su detención. Otro candidato fue Viktor Babaryka, quien reunió las firmas necesarias, pero fue desautorizado por “recibir ayuda financiera del extranjero” y fue también arrestado en junio. También se rechazó el 53 % de las firmas de Tsepkala, quien fuera el exjefe del Parque Tecnológico de Minsk (Wilson, 2020). Finalmente, la esposa de Tijanovski, Svetlana Tijanovskaya, se postuló como candidata ante una sociedad frustrada por las detenciones e inhabilitaciones de otros candidatos. Tijanovskaya consiguió movilizar a la sociedad y ser admitida en la carrera, contando con un amplio apoyo reflejado en numerosas manifestaciones con miles de personas, que tomaron la bandera blanca-roja-blanca como enseña.

Lukashenko acusó tanto a Rusia como a Polonia de interferir en las elecciones a través de propaganda y noticias falsas (The Moscow Times, 25/06/2020). La campaña se centró en cuestiones de política interna, fundamentalmente la democratización (Rácz, Gherasimov & Nic, 2020), pero no faltaron referencias a la política exterior. Tijanovskaya declaró que estaba “en contra de la integración con Rusia, pero manteniendo buenas relaciones con Moscú” (RFE/RL, 02/08/2020), lo que evidenciaba la búsqueda de neutralidad y la transversalidad de las demandas democratizadoras. Finalmente, Lukashenko fue proclamado ganador con más del 80 % de los votos, lo que desató nuevas protestas en las que se acusaba a las elecciones de ser amañadas. Rusia reconoció a Lukashenko como presidente, pero la UE lo consideró ilegítimo y exigió elecciones nuevas, justas y supervisadas internacionalmente; y en apoyo a la oposición democrática belarusa le otorgó el Premio Sájarov 2020. Lituania acogió a la exiliada Tijanovskaya y organizó una cadena humana desde la frontera con Belarús hasta Vilnius, en apoyo al pueblo belaruso en su lucha por la dignidad contra la opresión. En suelo belaruso, las protestas siguieron sucediéndose a pesar de la represión policial, tomando el blanco como color representativo y con la bandera rojiblanca como reivindicativa. El término “Revolución Blanca” se propone para estos sucesos, el empleado en estas manifestaciones y que, en esencia, constituye la “ausencia de color” – en contraposición a las revoluciones de color, más asociadas al estrechamiento de lazos con occidente. Estas protestas surgieron, aparentemente, de forma espontánea y sin influencia extranjera, con el objetivo primordial de traer la democracia a Belarús. En estas protestas, el papel de la mujer fue notorio, con marchas organizadas por las mujeres, y por su labor en impedir las detenciones, ya que los policías evitaban golpearlas cuando formaban cadenas humanas y abrazaban a los hombres (Figura 3). Las manifestaciones se sucedieron a lo largo de todo el país, aunque con mayor frecuencia y afluencia en la capital y el oeste de Belarús. La internacionalización de las protestas llegó cuando Lukashenko pidió ayuda a Putin para reestablecer el orden (Novaya Gazeta, 27/08/2020), y Tijanovskaya pidió la mediación internacional,

incluyendo a Rusia (Euronews, 28/08/2020). Se sucedieron huelgas nacionales, y el régimen comenzó a sustituir a los trabajadores de los medios de comunicación belarusos por personal llegado de Rusia. Aprovechando el apoyo prestado por Lituania y otros miembros europeos, Lukashenko etiquetó las protestas como una revolución de color. La represión llevada a cabo ha dilapidado los avances realizados en los últimos años, y la UE ha impuesto nuevas sanciones contra el régimen de Lukashenko. Esto ha empujado a Belarús a una órbita más cercana a Rusia, olvidando la pretendida neutralidad ansiada años atrás. Diversos analistas argumentan que es probable que se produzca un relevo de Lukashenko, por un candidato que cuente con el apoyo de Rusia, apuntando a Babaryka como bien posicionado debido a su condición de exdirector de Belgazprombank, una subsidiaria de la rusa Gazprom.

Figura 3. Cartel de llamada a una marcha de mujeres el 29 de agosto de 2020



"¡Minsk! ¡Ya hoy! Gran marcha de las mujeres".

Fuente: <https://charter97.org/ru/news/2020/8/29/391184/>

Después de la invasión rusa de Georgia en 2008, los belarusos que apoyaban la integración en la UE (42,2 %) superaron por primera vez a los que abogaban por la integración con Rusia (34,9 %) (Melyantsou, 2019; Belo & Carment, 2020). Según el *Informe de la encuesta anual de la UE sobre Bielorrusia* (2020), la neutralidad es la actitud más común hacia la UE (46 %), y asocia un apoyo más amplio a la UE en las mujeres, más educadas y jóvenes, que se encuentran más comúnmente en el norte y el centro del país, mientras que los belarusos "neutrales" estaban vinculados a un nivel de educación inferior, de mediana edad o mayores y que se encuentran en el este de país. Otra encuesta realizada por Okunev, Shestakova y Bibina (2020) encontró un apoyo ligeramente mayor para la integración de Belarús con Rusia (mediante la *Union State*) entre los rusos étnicos que entre los belarusos. En lo que respecta al territorio, no pudo detectar un patrón claro, aunque identificó una actitud más positiva hacia la integración en Gomel y menor en Minsk. De igual manera, aquellos que utilizaban medios rusos eran más propensos a

tener una relación aliada con Rusia (65,1 %) que aquellos que utilizaban medios belarusos (54,8 %). En conclusión, reveló que la región de Minsk es donde los medios rusos se usan menos y la gente es menos optimista sobre el Union State, mientras que en la región de Gomel la gente usa los medios rusos y apoya la unificación. El escenario antes mencionado de diferentes actitudes hacia las alianzas geopolíticas podría resultar en una polarización y disturbios civiles en un escenario de zona gris.

La UE tiene el potencial de asistir a la oposición y contribuir a su apoyo financiero. Dado que el objetivo principal es evitar conflictos e impedir la guerra híbrida, la UE debería aclarar que no tiene como objetivo expandir sus fronteras, sino establecer relaciones con un socio comercial estratégico soberano. Esto implica evitar un apoyo con una retórica desmesurada de Lituania o Polonia, que debería alzarse como una única voz europea. El apoyo particular de un país vecino podría verse como una intromisión en los asuntos internos, provocando el rechazo en el este de Bielorrusia, teniendo en cuenta la minoría polaca residente en el país y las diferencias comentadas en el presente trabajo. Por ello, no conviene que se produzca una asociación entre las protestas y las regiones del oeste, donde se atribuya el carácter nacionalista belaruso (con tintes históricos polaco-lituanos), lengua belarusa, minoría polaca, etc., que pueda provocar el rechazo de otras regiones belarusas con características diferentes. Como medio para prevenir el conflicto, las reivindicaciones deben conservar su carácter prodemocrático y transversal, autóctonamente belarusas y neutrales en su política exterior; y la UE apoyar y respetar estas premisas, con un liderazgo fuerte y único. Sin embargo, y al respecto, Lukashenka ya acusó a la oposición de “destruir el idioma ruso” (Ria Novosti, 22/08/2020), lo que sugiere una búsqueda del apoyo de los rusoparlantes, y un indicio de que las tácticas de desestabilización propias de la zona gris pueden incrementarse en un territorio que se encuentra disputado.

## 5. CONCLUSIONES

La zona gris corresponde al área de ambigüedad pretendida, al margen entre la paz y la guerra, que no constituye una paz absoluta ni una guerra abierta. Estas áreas pueden ser consideradas como precursoras de la guerra híbrida si las tácticas de desestabilización tienen éxito, convirtiéndolas en áreas disputadas, espacios de confrontación y de potenciales enfrentamientos. La política exterior de Rusia con respecto a su exterior cercano es un claro ejemplo en la búsqueda de un orden multipolar, con el objetivo de ejercer un control claro de su vecindario. Este fue el caso de la crisis del Euromaidán de Ucrania, donde un país sufrió escenarios de guerra civil ocasionada por la decisión de estrechar sus compromisos con la UE o con Rusia. Los eventos de 2014 que tuvieron lugar en Ucrania revelaron un país fragmentado en dos realidades opuestas, que desembocó en la pérdida de estatalidad con la anexión rusa de Crimea y la autoproclamación de dos repúblicas populares en la cuenca del Donbás.

Belarús adquiere una gran relevancia geopolítica, por su condición de aliado de Rusia, su pretendida neutralidad entre Rusia y Occidente, y su posición estratégica en el Suwalki Gap. Este espacio es de particular importancia para la seguridad de Moscú: su naturaleza de paso entre Kaliningrado y Belarús entre los países de la OTAN (Polonia y Lituania) lo convierte en un espacio de tensión y potencial enfrentamiento.

A pesar del progreso referente a las relaciones más cordiales entre Belarús y la UE en los últimos años, los sucesos acaecidos durante el transcurso de las protestas conocidas como la "Revolución Blanca" se han disipado y han aislado más al régimen, acercándolo de nuevo de forma más estrecha a Rusia. Cabría esperar en el futuro un relevo por un candidato afín al Kremlin, que pudiera ser elegido por las urnas. La Revolución Blanca de 2020 parece no ser una revolución de color en sí misma, y no está vinculada a la naturaleza del Euromaidán de Ucrania, ya que no demanda un cambio de política exterior ni un compromiso más amplio con la UE, sino que debe considerarse como protesta por la democracia. Sin embargo, estas demandas de la sociedad belarusa hacen pensar que las tácticas desestabilizadoras podrían incrementarse en el futuro. Si la Revolución Blanca ha sido un precedente de movilización en un país represivo, podría esperarse que tanto Rusia como países vecinos (Lituania, Polonia) intenten influenciar la opinión pública; lo cual debe prevenirse para evitar un aumento de la confrontación. Si esto sucediera, sería de gran interés estudiar las diferencias internas de Belarús a fin de prever el traslado al plano territorial e identificar puntos sensibles en cuanto al socavamiento de la estatalidad. Por el momento, no parece que en Belarús pueda existir una fragmentación del país como ocurrió en el Euromaidán de Ucrania, pero se debe prestar atención al discurso opositor y la distinción entre áreas rurales y urbanas, centrándose especialmente en Minsk, en ciudades occidentales como Grodno/Hrodna o Lida, y del sureste como Gómel. En conclusión, las protestas de la Revolución Blanca no constituyen un Euromaidán, pero sus logros podrían llevar a intensificar las acciones de la zona gris que pueden conducir a futuros enfrentamientos. Teniendo esto en cuenta, los responsables políticos deben asumir políticas de prevención de conflictos en lugar de esperar para aplicar las herramientas de gestión de conflictos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANNUAL SURVEY REPORT: BELARUS. 5TH WAVE (SPRING 2020). *EU Neighbours East. OPEN Neighbourhood – Communicating for a stronger partnership: connecting with citizens across the Eastern Neighbourhood*. ECORYS. European Union. [https://www.euneighbours.eu/sites/default/files/publications/2020-06/EUNEIGHBOURS\\_east\\_AS2020report\\_BELARUS.pdf](https://www.euneighbours.eu/sites/default/files/publications/2020-06/EUNEIGHBOURS_east_AS2020report_BELARUS.pdf)
- BAQUÉS, J. (2017). Hacia una definición del concepto de Gray Zone (GZ). *Documento de Investigación. Instituto Español de Estudios Estratégicos*. 02/2017, 1045-76. [http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs\\_investig/2017/DIEEINV02-2017\\_Concepto\\_GaryZone\\_JosepBaques.pdf](http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_investig/2017/DIEEINV02-2017_Concepto_GaryZone_JosepBaques.pdf)
- BELO, D., & CARMENT, D. (2020). Unilateralism and competitive multilateralism in gray-zone conflict. *Wild Blue Yonder*. <https://www.airuniversity.af.edu/Wild-Blue-Yonder/Article-Display/Article/2292990/unilateralism-and-competitive-multilateralism-in-gray-zone-conflict-a-compariso/>
- BELTA NOVOSTI, 14/02/2020. "ЧТОБЫ КАЖДЫЙ ГОД НЕ СТОЯТЬ НА КОЛЕНЯХ" - ЛУКАШЕНКО ПОЯСНИЛ, ЗАЧЕМ БЕЛАРУСЬ ПОКУПАЕТ НЕФТЬ В ДРУГИХ СТРАНАХ. [HTTPS://WWW.BELTA.BY/PRESIDENT/VIEW/CHTOBY-KAZHDYJ-GOD-NE-STOJAT-NA-KOLENJAH-LUKASHENKO-POJASNIL-ZACHEM-BELARUS-POKUPAET-NEFT-V-DRUGIH-379666-2020/](https://www.belta.by/president/view/chto-by-kazhdyj-god-ne-stojat-na-kolenjah-lukashenko-pojasnil-zachem-belarus-pokupaet-neft-v-drugih-379666-2020/)
- BELTA NOVOSTI, 10/07/2020. LUKASHENKO: SOVEREIGNTY AND INDEPENDENCE ARE NOT FOR SALE. [HTTPS://ENG.BELTA.BY/PRESIDENT/VIEW/LUKASHENKO-SOVEREIGNTY-AND-INDEPENDENCE-ARE-NOT-FOR-SALE-131630-2020/](https://eng.belta.by/president/view/lu-kashenko-sovereignty-and-independence-are-not-for-sale-131630-2020/)

- BELTA NOVOSTI, 29/07/2020. ПОД МИНСКОМ ЗАДЕРЖАНЫ 32 БОЕВИКА ИНОСТРАННОЙ ЧАСТНОЙ ВОЕННОЙ КОМПАНИИ (ПОДРОБНОСТИ). <https://www.belta.by/incident/view/pod-minskom-zaderzhany-32-boevika-inostranoj-chastnoj-voennoj-kompanii-dopolne-no-400500-2020/>
- BERNABÉ-CRESPO, M. B. (2020). Fronteras ocultas en la zona gris europea. *Geopolítica(s), Revista de Estudios sobre Espacio y Poder* 11(2), 259–285. <https://doi.org/10.5209/geop.64580>
- BOURIS, D., & PAPADIMITRIOU, D. (2020). The EU and contested statehood in its near abroad: Europeanisation, actorness and state-building. *Geopolitics* 25(2), 273–293. <https://doi.org/10.1080/14650045.2019.1643162>
- BÜRKNER, H. J. (2020). Europeanisation versus Euroscepticism: Do borders matter? *Geopolitics* 25(3), 545–566. <https://doi.org/10.1080/14650045.2020.1723964>
- CHALLIS, B. (2020). *Belarus beyond 2020: Implications for Russia and the West*. Euro-Atlantic Security Policy Brief. London: European Leadership Network. <https://www.europeanleadershipnetwork.org/wp-content/uploads/2020/07/Belarus-policy-brief-1.pdf>
- EURONEWS, 28/08/2020. СВЕТЛАНА ТИХАНОВСКАЯ: “ДВОЕВЛАСТИЯ БЫТЬ НЕ МОЖЕТ”. [HTTPS://RU.EURONEWS.COM/2020/08/28/INTERVIEW-BELQURUS-OPP](https://ru.euronews.com/2020/08/28/interview-belarus-opp)
- FREAR, T., & KEARNS, I. (2017). Defusing future crises in the shared neighbourhood: can a clash between the West and Russia be prevented? *European Leadership Network*, 27 March 2017. <https://www.europeanleadershipnetwork.org/wp-content/uploads/2017/10/170320-Defusing-future-crises-in-the-shared-neighbourhood.pdf>
- GILES, K. (2019). What Next for Russia’s Front-Line States? *The Letort Papers, Strategic Studies Institute and US Army War College Press*, 4–15. <https://press.armywarcollege.edu/monographs/287>
- HOFFMAN, F. G. (2016). The contemporary spectrum of conflict: protracted, gray zone, ambiguous, and hybrid models of war. In: *2016 Index of U.S. Military Strength*. The Heritage Foundation, 25–36. [https://www.heritage.org/sites/default/files/2019-10/2016\\_IndexOfUSMilitaryStrength\\_The%20Contemporary%20Spectrum%20of%20Conflict\\_Protracted%20Gray%20Zone%20Ambiguous%20and%20Hybrid%20Modes%20of%20War.pdf](https://www.heritage.org/sites/default/files/2019-10/2016_IndexOfUSMilitaryStrength_The%20Contemporary%20Spectrum%20of%20Conflict_Protracted%20Gray%20Zone%20Ambiguous%20and%20Hybrid%20Modes%20of%20War.pdf)
- HRECHYSHKINA, O. & SAMAKHAVETS, M. (2019). Foreign Trade of the Republic of Belarus in the International Business Environment. *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*, 44, 47–55. <http://doi.org/10.2478/bog-2019-0014>
- JORDÁN, J. (2019). Rusia y el conflicto en la zona gris en la región báltica. *Revista General de Marina*, 276, 913–930. Retrieved from: <https://armada.defensa.gob.es/archivo/rgm/2019/06/RGM%20Junio%202019.pdf>
- KAPUSTA, P. (2015). The Gray Zone. *Special Warfare Magazine*, October–December 2015, 19–25. Retrieved from: <https://www.soc.mil/SWCS/SWmag/archive/SW2804/October%202015%20Special%20Warfare.pdf>
- KARÁCSONYI, D.; KOCSIS, K., & BOTTLIK, Z. (EDS.) (2017). *Belarus in maps*. Budapest: Geographical Institute. Retrieved from: [http://www.mtafki.hu/inmaps/pdf/Belarus-in-Maps\\_17.pdf](http://www.mtafki.hu/inmaps/pdf/Belarus-in-Maps_17.pdf)
- KOFMAN, M. (2016). Fixing NATO deterrence in the East or: How I learned to stop worrying and love NATO’s crushing defeat by Russia. *War on the Rocks*, May 12. <https://warontherocks.com/2016/05/fixing-nato-deterrence-in-the-east-or-how-i-learned-to-stop-worrying-and-love-natos-crushing-defeat-by-russia/>
- KŁYSIŃSKI, K. (2018). (Un)realistic Neutrality. Attempts to Redefine Belarus’ Foreign Policy”, *OSW Commentary, Centre for Eastern Studies*, Warsaw, July 2, 2018. <https://www.osw.waw.pl/en/publikacje/osw-commentary/2018-07-02/un-realistic-neutrality-attempts-to-redefine-belarus-foreign-o>

- LANOSZKA, A. (2016). Russian hybrid warfare and extended deterrence in Eastern Europe. *International Affairs* 92(1), 175-195. <https://doi.org/10.1111/1468-2346.12509>
- LÓPEZ, J. A. (2020). Bielorrusia existe: equilibrio inestable entre una política exterior multivectorial y el Tratado de Unión con Rusia. *Revista Española de Derecho Internacional* 72(2), 61-88. doi:10.2307/26927911
- MAASS, A. S. (2020). The actorness of the EU's state-building in Ukraine – Before and after Crimea. *Geopolitics* 25(2), 387-406. <https://doi.org/10.1080/14650045.2018.1559149>
- MARIN, A. (2020). Belarusian Nationalism in the 2010s: A Case of Anti-Colonialism? Origins, Features and Outcomes of Ongoing 'Soft Belarusianisation'. *Journal of Belarusian Studies* 9(1), 27-50. <https://doi.org/10.30965/20526512-12340003>
- MELYANTSOV, D. (2019). Belarus: From discord to humming the same tune? In *The Eastern Partnership: A decade on*, ed. S. Secieru and S. Saari, 71-83. Luxembourg: EU Institute for Security Studies. [https://www.iss.europa.eu/sites/default/files/EUISSFiles/cp153\\_EaP.pdf](https://www.iss.europa.eu/sites/default/files/EUISSFiles/cp153_EaP.pdf)
- MENOCAL, A. R. (2011). State building for peace: A new paradigm for international engagements in post-conflict fragile states. *Third World Quarterly* 32(10), 1715-1736. <https://doi.org/10.1080/01436597.2011.610567>
- MORALES, S. (2015). Herramientas de modificación y ampliación del área de influencia estratégica de Rusia. *Revista de Estudios en Seguridad Internacional* 1(2), 85-107. <http://dx.doi.org/10.18847/1.2.4>
- NEWNHAM, R. (2020). Russia and Belarus: Economic Linkage in a Patron-Client Relationship. *Journal of Belarusian Studies* 9(1), 3-26. <https://doi.org/10.30965/20526512-12340002>
- NOVAYA GAZETA, 27/08/2020. ПУТИН: СФОРМИРОВАН РЕЗЕРВ ИЗ СОТРУДНИКОВ ПРАВООХРАНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ДЛЯ «ПОМОЩИ» БЕЛАРУСИ. [HTTPS://NOVAYA-GAZETA.RU/NEWS/2020/08/27/163957-PUTIN-SFORMIROVAN-REZERV-IZ-SOTRUDNIKOV-PRAVOOHRANITELNYH-ORGANOV-DLYA-POMOSCHI-BELARUSI?UTM\\_SOURCE=TW&UTM\\_MEDIUM=NOVAYA&UTM\\_CAMPAIGN=VLADIMIR-PUTIN-ZAYAVIL--CHTO-V-ROSSII-SO](HTTPS://NOVAYA-GAZETA.RU/NEWS/2020/08/27/163957-PUTIN-SFORMIROVAN-REZERV-IZ-SOTRUDNIKOV-PRAVOOHRANITELNYH-ORGANOV-DLYA-POMOSCHI-BELARUSI?UTM_SOURCE=TW&UTM_MEDIUM=NOVAYA&UTM_CAMPAIGN=VLADIMIR-PUTIN-ZAYAVIL--CHTO-V-ROSSII-SO)
- OKUNEV, I., SHESTAKOVA, M., & VIBINA, E. (2020). Минск и вся остальная страна: Территориальная дифференциация электорального поведения жителей Белоруссии. *Россия в глобальной политике (Russia in Global Affairs)* 19/08/2020). Retrieved from: <https://globalaffairs.ru/articles/differenciatsiya-belorussii/>
- PAPADIMITRIOU, D., & PETROV, P. (2012). Whose rule, whose law? Contested statehood, external leverage and the European Union's rule of law mission in Kosovo. *Journal of Common Market Studies* 50(5), 746-763. <https://doi.org/10.1111/j.1468-5965.2012.02257.x>
- RÁCZ, A., GHERASIMOV, C. & NIC, M. (2020). *Four scenarios for the crisis in Belarus*. DGAP Policy Brief 16. Berlin: Forschungsinstitut der Deutschen Gesellschaft für Auswärtige Politik (German Council on Foreign Relations). [https://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/69725/ssoar-2020-racz\\_et\\_al-Four\\_Scenarios\\_for\\_the\\_Crisis.pdf?sequence=1&isAllowed=y&lnkname=ssoar-2020-racz\\_et\\_al-Four\\_Scenarios\\_for\\_the\\_Crisis.pdf](https://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/69725/ssoar-2020-racz_et_al-Four_Scenarios_for_the_Crisis.pdf?sequence=1&isAllowed=y&lnkname=ssoar-2020-racz_et_al-Four_Scenarios_for_the_Crisis.pdf)
- RAIK, K. (2019). The Ukraine Crisis as a Conflict over Europe's Political, Economic and Security Order, *Geopolitics* 24(1), 51-70, DOI: 10.1080/14650045.2017.1414046
- RFE/RL RADIO FREE EUROPE – RADIO LIBERTY, 26/01/2018. LUKASHENKA CANCELS 'PARASITE TAX' ON UNEMPLOYED IN BELARUS <HTTPS://WWW.RFERL.ORG/A/BELARUS-LUKASHENKA-CANCELS-PARASITE-TAX/28999724.HTML>
- RFE/RL RADIO FREE EUROPE – RADIO LIBERTY, 02/08/2020. BELARUSIAN PRESIDENTIAL CANDIDATE TSIKHANOUSKAYA SAYS SHE IS AGAINST INTEGRATION WITH RUSSIA. <HTTPS://>

[WWW.RFERL.ORG/A/BELARUSIAN-PRESIDENTIAL-CANDIDATE-TSIKHANOUSKAYA-SAYS-SHE-IS-AGAINST-INTEGRATION-WITH-RUSSIA/30762686.HTML](http://WWW.RFERL.ORG/A/BELARUSIAN-PRESIDENTIAL-CANDIDATE-TSIKHANOUSKAYA-SAYS-SHE-IS-AGAINST-INTEGRATION-WITH-RUSSIA/30762686.HTML)

- RIA NOVOSTI, 19/06/2020. ЛУКАШЕНКО ЗАЯВИЛ О ПРЕДОТВРАЩЕНИИ “МАЙДАНА” В БЕЛОРУССИИ (LUKASHENKO ANNOUNCED THE PREVENTION OF “MAIDAN” IN BELARUS). <https://ria.ru/20200619/1573177287.html>
- RIA NOVOSOTI, 22/08/2020. ОППОЗИЦИЯ В БЕЛОРУССИИ ХОЧЕТ УНИЧТОЖИТЬ РУССКИЙ ЯЗЫК, ЗАЯВИЛ ЛУКАШЕНКО. [HTTPS://RIA.RU/20200822/YAZYK-1576144149.HTML](https://RIA.RU/20200822/YAZYK-1576144149.HTML)
- SCHADLOW, N. (2014). Peace and War: The Space Between. *War on the Rocks*, August 18, 2014. <https://warontherocks.com/2014/08/peace-and-war-the-space-between/>
- SIVITSKI, A. (2019). Belarus-Russia: From a Strategic Deal to an Integration Ultimatum. *Russia Foreign Policy Papers*, Foreign Policy Research Institute, Philadelphia, December 16, 2019. <https://www.fpri.org/article/2019/12/belarus-russia-from-a-strategic-deal-to-an-integration-ultimatum/>
- SZOSTEK, J. (2018). The Mass Media and Russia’s “Sphere of Interests”: Mechanisms of Regional Hegemony in Belarus and Ukraine. *Geopolitics* 23(2), 307-329, DOI: 10.1080/14650045.2017.
- TASS NEWS AGENCY, 31/12/2019. MINSK DISCUSSES WITH NATO POSSIBILITY OF JOINT PEACEKEEPING EXERCISES. [HTTPS://TASS.COM/DEFENSE/1105221](https://TASS.COM/DEFENSE/1105221)
- THE MOSCOW TIMES, 25/06/2020. BELARUS PRESIDENT ACCUSES RUSSIA, POLAND OF ELECTION INTERFERENCE. [HTTPS://WWW.THEMOSCOWTIMES.COM/2020/06/25/BELARUS-PRESIDENT-ACCUSES-RUSSIA-POLAND-OF-ELECTION-INTERFERENCE-A70700](https://WWW.THEMOSCOWTIMES.COM/2020/06/25/BELARUS-PRESIDENT-ACCUSES-RUSSIA-POLAND-OF-ELECTION-INTERFERENCE-A70700)
- TSYGANKOV, A. (2015). Vladimir Putin’s last stand: The sources of Russia’s Ukraine policy. *Post-Soviet Affairs* 31(4), 279-303. <https://doi.org/10.1080/1060586X.2015.1005903>
- US DEPARTMENT OF DEFENSE. (2010). *Quadrennial Defense Review Report*. Washington D.C.: Department of Defence. Retrieved from: [https://history.defense.gov/Portals/70/Documents/quadrennial/QDR2010.pdf?ver=vVJYRVwNdnGb\\_0oixFoUfQ%3d%3d](https://history.defense.gov/Portals/70/Documents/quadrennial/QDR2010.pdf?ver=vVJYRVwNdnGb_0oixFoUfQ%3d%3d)
- VEEBEL, V., & SLIWA, Z. (2019). The Suwalki Gap, Kaliningrad and Russia’s Baltic Ambitions. *Scandinavian Journal of Military Studies* 2(1), 111-121. DOI: <http://doi.org/10.31374/sjms.21>
- WILSON, A. (2020). An election in Belarus: How the West could support a marginalised opposition. *European Council on Foreign Relations, Commentary* 21/07/2020. [https://ecfr.eu/article/commentary\\_an\\_election\\_in\\_belarus\\_how\\_the\\_west\\_could\\_support\\_a\\_marginalised/](https://ecfr.eu/article/commentary_an_election_in_belarus_how_the_west_could_support_a_marginalised/)
- WIRTZ, J. J. (2017). Life in the ‘gray zone’: observations for contemporary strategists. *Defense and Security Analysis* 33(2), 106-114. <https://doi.org/10.1080/14751798.2017.1310702>