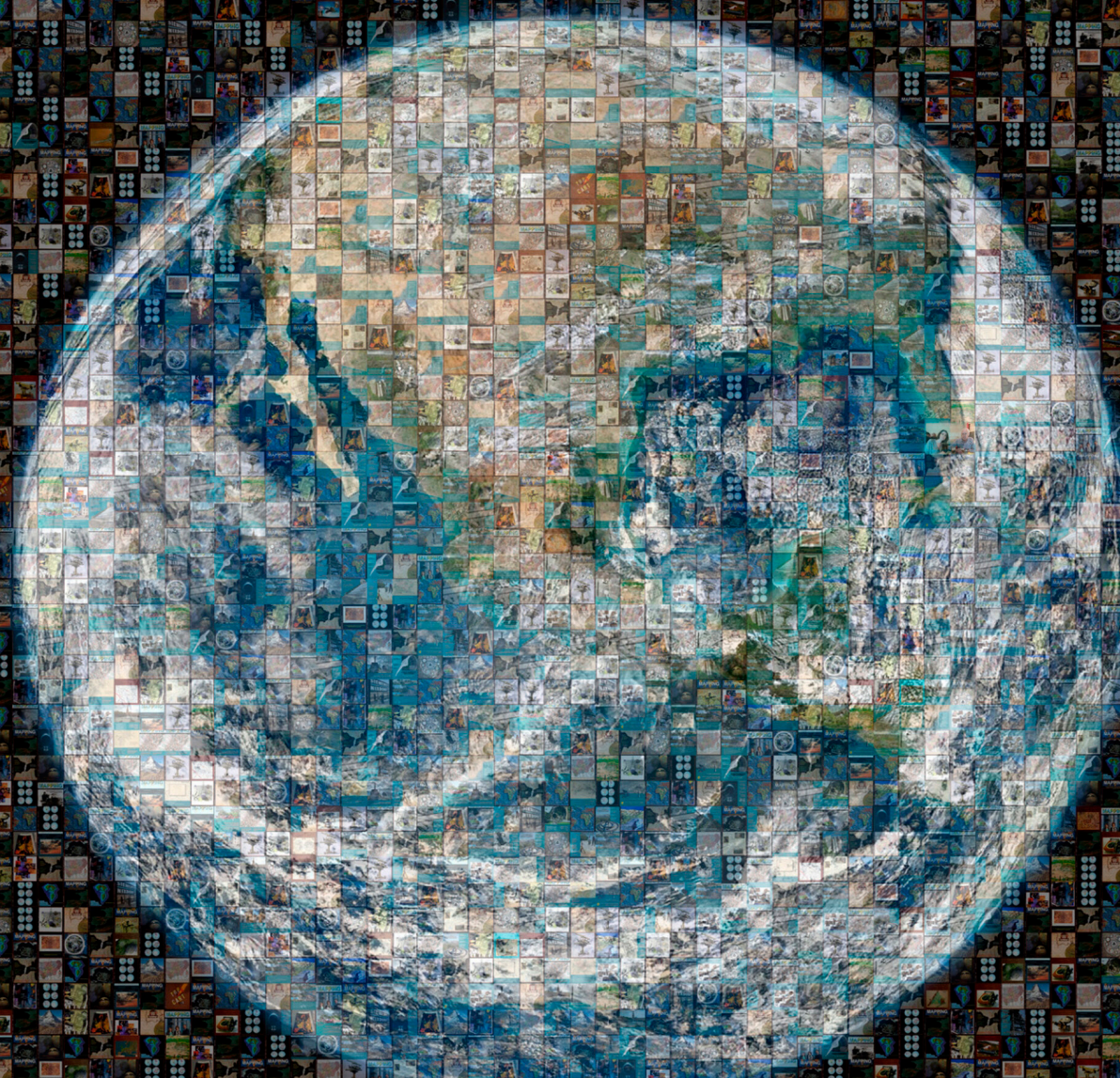


MAPPIING

VOL. 29 • Nº 200 • MARZO-JUNIO 2020 • ISSN: 1131-9100

2000



MAPPING

VOL.29 N°200 MARZO-JUNIO 2020 ISSN 1131-9100

Sumario

- 04** Editorial.
- 08** Benjamín Piña Paton. *Evolución en la captura y tratamiento de la información geográfica*
- 12** Manuel-G. Alcázar Molina. *Catastro 5RP*
- 14** Golgi Álvarez. *Geomática y Ciencias de la Tierra en 2050*
- 16** Alvaro Anguix. *Una mirada al ayer y un pronóstico del futuro desde el presente*
- 18** Ana Belén Anquela Julián. *La Geomática, facilitador clave en el nuevo modelo social*
- 20** Fernando de Aragón Amunarriz. *Pasado, presente y futuro de la cartografía catastral*
- 24** Maximiliano Arenas García - Francisco Javier Tormo López. *30 años de evolución geomática en la construcción*
- 26** Francisco Javier Ariza López. *Calidad de la información geográfica, avances, frustraciones y esperanzas*
- 28** Gersón Beltrán López. *Geografía 2020*
- 30** Emilio Chuvieco. *Revisión histórica y perspectivas de futuro de la Teledetección: desde el ERTS hasta los Sentinelas*
- 34** Antonio Crespo Sanz. *Historia de la cartografía. ¿De dónde venimos, dónde estamos, vamos a algún sitio?*
- 36** Isabel del Bosque González. *Las tecnologías geomáticas en la investigación en ciencias humanas y sociales: Las humanidades espaciales.*
- 38** Jorge Del Río San José. *Volvemos a navegar...*
- 40** Efrén Díaz Díaz. *Derecho Geoespacial: construcción de una interoperabilidad y transversalidad al servicio de ciudadanos y empresas*
- 44** Andrés Díez Galilea. *Hay que construir el colegio profesional desde el colegiado y los usuarios de los servicios*
- 46** Ignacio Durán Boo. *Territorios del pasado. Territorios para el futuro*
- 50** Mercedes Farjas Abadía. *La Topografía: un pensamiento de nuevas tecnologías a lo largo del tiempo*
- 54** Carmen Femenia-Ribera. *Cartografía catastral: pasado, presente y futuro...?*
- 56** Javier Fernández Lozano. *30 años que cambiaron lo que conocíamos del planeta*
- 58** Francisco Javier Galindo Mendoza. *Una triple perspectiva del impacto de las investigaciones espaciales en el conocimiento de nuestro planeta*
- 60** Coronel Francisco Javier Galisteo Cañas. *Treinta años de adaptación y mirada al exterior*
- 62** Lorenzo García Asensio. *Treinta años con Mapping*
- 66** Alfonso García-Ferrer Porras, Francisco Javier Mesas Carrascosa. *Generalización del uso y producción del dato geográfico*
- 70** Carmen García Calatayud. *La Biblioteca Nacional de España 1990-2020... 30 años después*
- 72** Diego Gonzalez-Aguilera. *Fotogrametría 4.0: una profesión de futuro*
- 74** Fco. Javier González Matesanz. *Sobre la evolución de la cartografía en las últimas décadas. Escalas medias*
- 82** José Daniel González-Aller Lacalle. *La Transformación Digital del IHM*
- 86** UNE/CTN 148 «Información geográfica digital». *Normalización de la información geográfica: de dónde venimos y a dónde vamos*
- 90** Emilio López Romero. *Un informático metido a geógrafo...*
- 92** Álvaro Mateo Milán. *Pasado, presente y futuro de la cartografía. Mi visión personal*
- 94** Dr. Ourania Mavrantza. *Evolution of modern cadastre during the period 1990 – 2020 – Future trends*
- 96** Francisco Maza Vázquez. *Cartografía, relación con otras disciplinas y su evolución*
- 98** Joan Navarro. *Dos generaciones con una misma Pasión*
- 100** Lola Ortiz Sánchez, Rafael Magro Andrade. *La Ingeniería de Caminos del siglo XXI: Innovamos Para Avanzar*
- 102** Pilar Sanz del Río. *Urbanismo, 30 años después. ¿Dónde vamos y dónde queremos ir?*
- 104** Antonio Prieto Cerdán. *30 años de historia compartida*
- 106** Israel Quintanilla. *Sobre los Drones y su interacción con el territorio*
- 110** Alejandro Robador y María Jesús Mancebo. *El mapa geológico, del papel al objeto tridimensional*
- 112** Antonio F. Rodríguez Pascual. *Pongamos que hablo de Geomática*
- 116** Roberto Rodríguez-Solano Suárez. *Geomática y Medio Ambiente*
- 118** César Rodríguez Tomeo. *¿Quiénes somos, dónde estamos, hacia dónde vamos?*
- 120** Antonio Miguel Ruiz Armenteros. *La Ingeniería Geomática, una profesión de futuro*
- 122** Fernando Sahuquillo Tudela. *La era de la digitalización*
- 124** Coronel D. Luis Alfonso Toledano Muñoz. *El Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire del siglo XXI*
- 128** Amalia Velasco. *Evolución del Catastro: Directrices Internacionales*
- 130** Jesús Velasco Gómez. *La revolución de la Ingeniería Topográfica*
- 134** Enrique Veloso Obregón. *Nuevas formas de captar y procesar el dato*
- 136** Ángeles Villaescusa. *Hacia una inteligencia geográfica imposible de imaginar por el cerebro humano*
- 140** Roberto Matellanes Ferreras, Juan Toro Rebollo. *¿Hacia dónde vamos? Tecnología, ciencia ciudadana y selectividad de datos*

El conocimiento de hoy es la base del mañana

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

La calidad de la geotecnología hecha revista

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

MAPPING

VOL.29 Nº200 MARZO-JUNIO 2020 ISSN 1131-9100

DISTRIBUCIÓN, SUSCRIPCIÓN Y VENTA

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

MAQUETACIÓN

elninjafluorescente.es

IMPRESIÓN

Podiprint

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

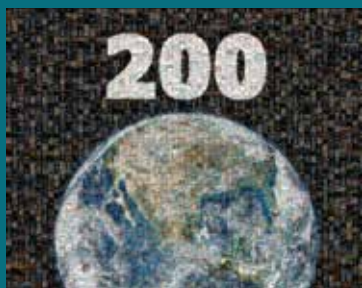


FOTO DE PORTADA:

Todas las portadas de nuestra historia.

Autor: Roberto Matellanes Ferreras.

Depósito Legal: M-14370-2015

ISSN: 1131-9100 / eISSN: 2340-6542

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

PRESIDENTE

Benjamín Piña Patón

DIRECTOR

Miguel Ángel Ruiz Tejada
maruiz@geomapping.com

REDACTORA JEFA

Marta Criado Valdés
mcriado@geomapping.com

CONSEJO DE REDACCIÓN

Julián Aguirre de Mata
ETSITGC. UPM. Madrid

Manuel Alcázar Molina
UJA. Jaén

Marina A. Álvarez Alonso
ETSII. UPM. Madrid

Gersón Beltrán
FGH. UV. Valencia

Carlos Javier Broncano Mateos
Escuela de Guerra del Ejército. Madrid

José María Bustamante Calabuig
Instituto Hidrográfico de la Marina. Cádiz

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

Antonio Crespo Sanz
Investigador

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

Mercedes Farjas Abadía
ETSITGC. UPM. Madrid

Carmen Femenia Ribera
ETSIGCT. UPV. Valencia

Javier Fernández Lozano
Fac. Ciencias. USAL. Salamanca

M^a Teresa Fernández Pareja
ETSITGC. UPM. Madrid

Carmen García Calatayud
Biblioteca Nacional de España

Florentino García González
Abogado

Diego González Aguilera
EPSA. USAL. Salamanca

Álvaro Mateo Milán
CECAF. Madrid.

Israel Quintanilla García
ETSIGCT. UPV. Valencia

Antonio Federico Rodríguez Pascual
CNIG. Madrid

Pilar Sanz del Rio
URBAZANZ S.L.

Roberto Rodríguez-Solano Suárez
EUITF. UPM. Madrid

Andrés Seco Meneses
ETSIA. UPNA. Navarra

Cristina Torrecillas Lozano
ETSI. US. Sevilla

Antonio Vázquez Hoehne
ETSITGC. UPM. Madrid

CONSEJO ASESOR

Ana Belén Anquela Julián
ETSICT. UPV. Valencia

Maximiliano Arenas García
Acciona Infraestructuras. Madrid

César Fernando Rodríguez Tomeo
IPGH. México

Ignacio Durán Boo
Ayuntamiento de Madrid

Francisco Javier González Matesanz
IGN. Madrid

Ourania Mavrantza
KTIMATOLOGIO S.A. Grecia

Julio Mezcua Rodríguez
Fundación J. García-Siñeriz

Ramón Mieres Álvarez
TOPCON POSITIONING SPAIN. Madrid

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

Jesús Velasco Gómez
ETSITGC. UPM. Madrid

«Se buscan hombres valientes»... Así empezó mi aventura en nuestra gran profesión. La lectura en los años 80 de un artículo publicado en la revista *Muy Interesante* sobre el anuncio del explorador **Ernest Shackleton**, buscando hombres para una expedición a la Antártida, orientó mi vocación aún no entendida desde que era pequeño: el conocimiento del territorio, la Cartografía.

«Se buscan hombres para viaje peligroso. Sueldo escaso. Frío extremo. Largos meses de completa oscuridad. Peligro constante. No se asegura el regreso. Honor y reconocimiento en caso de éxito.»



Aunque no se está seguro de si este anuncio se publicó o no en el año 1907 en el famoso periódico *Times*, es indudable que hoy en día levanta la misma expectación que si realmente se hubiera leído a principios del siglo XXI. De una u otra manera he podido comprobar que todos nos sentimos atraídos por la exploración, la aventura y, en definitiva, por una manera de vivir para descubrir lugares desconocidos. Si cambiamos la exploración de la Antártida por la exploración espacial el mensaje sigue siendo válido, no sólo en el presente, sino para las próximas décadas.

En el día a día, me gusta definirme como cartógrafo ante aquellos que me preguntan a qué me dedico, intentando proyectar ese halo de romanticismo que siempre rodea a esta bella profesión, aunque los que somos profesionales de la materia, bien sabemos que las cosas actualmente son muy diferentes. La tecnología, desde el mismo día que empecé a desarrollar mi labor como topógrafo de campo, ha marcado indudablemente mi desarrollo profesional y de esto ya han pasado más de 30 años.

Curiosamente, mi vida laboral empezó oficialmente en el mismo año que nació nuestra revista, en 1991. Aunque había hecho trabajos previos a esta fecha de manera esporádica y durante los primeros años de carrera, no fue hasta 1991 que tuve el primer trabajo con un contrato oficial en la empresa

Cubiertas y MZOV. Y hablar de mi pasado es hablar del pasado de nuestra profesión, de nuestras profesiones, que en mi caso, primeramente, fue la obra civil.

En aquel año, evidentemente no existía internet, pero tampoco existían cosas que hoy en día se nos hacen indispensables para poder trabajar o incluso vivir: la telefonía móvil, el GPS, el uso habitual de ordenadores, los planes de Seguridad e Higiene en las obras, la Ley de Protección de Datos, los cinturones de seguridad en los asientos traseros de los coches... Eso sí, ¡todo estaba a punto de aparecer! Y quiero aprovechar para pedir perdón, treinta años después, al técnico de aquella primera empresa conocida por todos, *Isidoro Sánchez*, que llevó aquel extraño equipo a nuestra obra de ferrocarril en el río Ebro, llamado GPS y que tras contarme que con «eso» se hacían mediciones sin mirar por ningún «agujero» y recibiendo unas invisibles «señales» de un satélite, haría en semanas, lo que tardamos meses para realizar la red principal de bases de la obra... Y sin dudarlo le eché. Mil perdones, muchas veces me avergüenzo de mi osadía. Dios me ha castigado.

Desde que acepté que volviera el técnico con la «paellera» GPS a la obra, llegaron posteriormente los colectores de datos de las estaciones topográficas, los softwares topográficos, los niveles digitales, los planes de Prevención de Riesgos Laborales a las obras, las cámaras fotográficas digitales, los móviles, el Windows 3.11 y cómo no, la obligatoriedad de los cinturones de seguridad en los asientos traseros de todos los coches. ¡Y muchas otras cosas más!

Dejada la obra civil y como Ingeniero en Geodesia y Cartografía (¡por fin ya me sentía cartógrafo!), los cambios también estaban surgiendo en pleno inicio del siglo XXI. Tuve la suerte de ver el paso de la cartografía analítica a la digital, de pasar de aerotriangular en el Traster de Matra a realizarlo con el Match-AT, de la reducción de los puntos de apoyo, pasando de varios cientos para dar orientación a los bloques fotogramétricos, a unas decenas en las cabeceras de las pasadas. Eso fue el principio de más cambios. ¡Muchos más cambios!

Los que teníamos experiencia como técnicos en obra civil y técnicos cartógrafos empezamos a unir los SIG con la cartografía y los proyectos de ingeniería. Ampliamos nuestras miras profesionales añadiendo la capa de Catastro y luego, seguimos añadiendo las capas de ortofotos actuales e históricas, los datos LiDAR a 2m y 5m de paso de malla del IGN, las fotografías aéreas georreferenciadas de los drones, e incluso nos hicimos pilotos profesionales de RPAs. Y empezamos a enseñar nuestro trabajo a terceros, en vez de con un «planito», en un «geoportal».

Y tuvimos más necesidad de procesar cada vez más datos, más rápidamente y hacer más metadatos. Y un día apareció otro técnico con un equipo que lanzaba millones de «rayos», registrando millones de puntos con su XYZRGB, tardando en hacer cualquier levantamiento en horas en lo que nosotros tardábamos semanas, realizando gemelos digitales casi perfectos. Y esta vez no lo eché, le escuché. Y nos pusimos a trabajar con láser escáner 3D y entramos en la tecnología BIM. Y luego a ese lanzador de «rayos» le pusieron ruedas y le llamaron Mobile Mapping. Y así llegamos, entre muchísima más Geotecnologías, al día de hoy. Entonces, podemos decir que hemos sido espectadores de una revolución en el ámbito geotecnológico. En realidad, yo lo fui sin darme cuenta en el momento en el que apareció el técnico de la «paellera» GPS. Por cierto, la primera publicidad de nuestra revista en 1991 era de un GPS.

Y un día de 2012, entre este mar de cosas en ebullición, surge la posibilidad de adquirir la revista MAPPING... Y viene de nuevo a la mente esa frase de la aventura «se buscan hombres valientes para un largo viaje...». ¡Y nos lanzamos a explorar este camino!

Mapping inicia una nueva andadura ese año bajo un nuevo equipo editorial. Es precisamente en los primeros días, donde nuestro recién nombrado presidente de la revista, Benjamín Piña Paton, nos dice en una reunión, la frase que marcará el viaje de nuestra aventura:

«No hay viento favorable sin rumbo fijo»...

...Y nos pusimos a definir nuestro rumbo.

Mapping es una publicación de difusión científica reconociendo la larga trayectoria que nos precede. Para ello, sólo hay que mirar las personalidades que aparecen en las portadas de los números anteriores publicados para entender qué ha significado Mapping en el pasado y, sobre todo, que no se puede olvidar, sin el apoyo y la estructura de la difusión de Internet.

La primera labor importante que realizamos fue el escaneado de todos los números y su publicación en el sistema OJS implementado en la web de la revista, la creación del Consejo de Redacción, Consejo Asesor y Consejo Externo, e implantamos la revisión de los artículos por el método de dobles pares ciegos. Nos indexamos en todos los repositorios que pudimos y es así como Mapping empieza a ser una publicación también en formato digital.

A partir de aquí el rumbo está claro: «Mapping será una publicación de difusión científica de las materias que com-

ponen la Geomática y Ciencias de la Tierra, apoyando a los que empiezan a investigar y quieren publicar sus artículos técnicos».

Pero nos surgió la duda si dedicar todos nuestra estructura editorial en torno a la recepción de artículos y su revisión por parte de un Comité Científico que dedica su tiempo a una labor ingrata y no remunerada, en pro de profesionales cuya finalidad es **publicar** o si no, **perecer**. Y la respuesta vino con el tiempo. Mapping, además de ayudar a publicar los artículos científicos, sería, quería ser, el medio de comunicación de aquellos eventos y Congresos que no publicaran el Libro de Actas, facilitando así la difusión del mismo a nivel global. Y creímos haber encontrado nuestro sitio.

Pero en todo viaje, a veces, hay turbulencias. Y en esto que nos ha llegado la crisis del SARS-CoV-2, o pandemia por COVID-19. Esta etapa que estamos viviendo ha afectado mundialmente a todos los sectores de la sociedad y ha desatado muchos puntos débiles de la misma.

Este virus ha demostrado en el ya tensionado sistema de publicaciones científicas, que estas no pueden ser únicamente el camino habitual de comunicar resultados científicos. Viendo lo que está sucediendo en la comunidad científica médica, las investigaciones que se están produciendo en plena pandemia provocada por la COVID-19, no están siendo canalizadas por sus revistas científicas, que como poco, mostrarían los resultados de esta frenética investigación sobre el SARS-CoV-2 fuera de plazo. Así, este virus nos descubre que muchas revistas médicas son incapaces de recoger y publi-



car en tiempo todos los artículos, comentarios, discursos y resultados, afectando posiblemente, a una rápida solución y por consiguiente, a vidas humanas.

¿Y hacia dónde apunta la comunidad científica entonces? En una sociedad donde la comunicación no conoce límites, se abren nuevas plataformas de trabajo como medRxiv, OS-Fpreprints, ArXiv, entre otras, donde los investigadores dan a conocer los resultados de las investigaciones, sitios web donde los autores publican sus artículos para que puedan ser leídos mientras son revisados en las revistas científicas.

Pues sí, este virus que nos tiene confinados a todos durante la realización de este número, en este sentido pone sobre la mesa una idea que teníamos y que pusimos en marcha en el año 2017 con la comunidad GeoBloggers. Posiblemente ya tengamos las primeras respuestas a muchas preguntas que no sabíamos contestar. Ahora sí, seguramente tengamos también rumbo fijo para ella.

La coincidencia de la publicación de nuestro número 200, en el año 2020, en vísperas de cumplir 30 años de historia, nos llevó a buscar el lado positivo de esta confinación social que estamos obligados a cumplir. Se nos ocurrió invitar a personalidades de diferentes sectores profesionales relacionados con la Geomática y Ciencias de la Tierra, y conocer su punto de vista sobre dónde estábamos hace 30 años, dónde estamos ahora y dónde estaremos en los próximos 30 años, sabiendo que esto último es una previsión impenable. Alguien nos leerá dentro de 30 años y podrá hacer una retrospectiva interesante.

En este número participan más de cincuenta profesionales de muchos ámbitos que desarrollan su labor en las Fuerzas Armadas, organismos oficiales, centros universitarios, Asociaciones Profesionales, empresas privadas e investigadores independientes, abarcando sectores de la Geomática como el Catastro, Cartografía, Teledetección, Geografía, Geodesia, IDEs, Obra Civil, Fotogrametría, Drones, Geología, SIG, Normalización, Medio Ambiente, Urbanismo, Legislación, Formación... Como se puede ver y entender, la Geomática no es propiedad de nadie y es el medio de comunicación de todos los diversos profesionales que trabajamos en el entorno GEO.

Para finalizar, aprovechamos para comunicar que este número será el preámbulo del número que se publicará en el 2021 en nuestro 30 aniversario, y estará dedicado a dar voz a las instituciones y profesionales que nos siguen desde Iberoamérica.

Mapping ha logrado ser lo que es, gracias a los casi 50.000 seguidores online que tiene, a los autores que han participado publicando y confiando en nuestra revista, a

los suscriptores y partners que nos apoyan, al trabajo de los distintos Consejos de la revista, y a la ilusión de todos los que componemos el equipo de Mapping. Desde las directrices de nuestro Presidente a la incansable labor de nuestra Redactora Jefa, a la profesionalidad del equipo de maquetación, al riguroso equipo de redacción, y a la calidad del trabajo del personal de publicación e imprenta. A todos ellos, decirles que esto es un logro de todos ya que «nadie triunfa solo».

Nos vemos dentro de 30 años...

Cuaderno de bitácora:

Seguimos navegando sin novedad pese a las fuertes adversidades. Moral alta, tripulación ilusionada.

En España, en el décimoquinto día de confinamiento del mes de marzo, A.D. 2020.

Miguel Ángel Ruiz Tejeda

Ingeniero en Geodesia y Cartografía

Ingeniero Técnico en Topografía

Director Revista Internacional MAPPING



GEODRONE

CONYCA AERO



PRECISOS · VERSÁTILES · ROBUSTOS



Llega donde nadie ha llegado

Cartografía grandes áreas
de manera sencilla, rápida
y precisa.

GNSS PPK Y RTK A BORDO

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



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

WWW.GEODRONE.ES

info@geodrone.es

+34 91 382 40 72

Evolución en la captura y tratamiento de la información geográfica

REVISTA **MAPPING**

Vol. 29, 200, 8-10

marzo-junio 2020

ISSN: 1131-9100

Benjamín Piña Paton

Presidente de la Revista Internacional Mapping
Ingeniero Técnico en Topografía, Ingeniero en Geodesia y Cartografía,
Licenciado y Doctor en Ciencias Físicas, Ingeniero Geógrafo
ExDirector del Área de Fomento de la Delegación del Gobierno en Cantabria
ExProfesor asociado de la Universidad de Cantabria en el Departamento de Ingeniería Geográfica y Técnicas de Expresión Gráfica

Cuando el 1 de septiembre de 1991 se publica el primer número de MAPPING, revista de Cartografía, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección, muchos pensábamos que sería difícil mantenerse en el tiempo. Llegar hasta hoy, solo ha sido posible por el esfuerzo, dedicación y colaboración de muchas personas, pero quiero particularizar mi agradecimiento a José Ignacio Nadal, Miguel Ángel Ruiz y Marta Criado, a ellos mi felicitación más sincera y emotiva.

COMO ESTABAMOS EN EL NACIMIENTO DE MAPPING

El nacimiento de la revista está claramente orientado a la captura y tratamiento de la Información Geográfica, en una situación socio-laboral impulsada esencialmente por la Olimpiada de Barcelona y la Exposición Universal de Sevilla del año 1992. En los últimos años se había producido una verdadera revolución en la instrumentación y metodologías en todo el sector.

La medida de distancias a través de la radiación electromagnética, aunque ya se había utilizado en la década anterior, es a partir de finales de los ochenta, cuando se construyen distanciómetros de poco peso y volumen, con unos precios asequibles. En esos mismos años comienzan a aparecer los teodolitos electrónicos, que poco a poco van sustituyendo a los ópticos, y que integrados con los distanciómetros constituirán las Estaciones Totales.

La fotogrametría pasó en unas décadas del restituidor analógico, en los que se había llegado a una altísima precisión tanto en la óptica como en la mecánica, a la restitución numérica mediante la adaptación de unos codificadores que junto a un ordenador, con el software adecuado, permitían generar un fichero

con las coordenadas de los puntos. Como los rayos perspectivas seguían siendo ópticos o mecánicos, enseguida llegó la restitución analítica, en la que la materialización de los rayos perspectivas y la correspondencia entre puntos homólogos se hace por vía analítica. El proceso de restitución aún estaba lejos de la automatización total, así al final de la década de los ochenta y principios de los noventa se definen y complementan la nueva generación de restituidores; surgen así los restituidores digitales.

También en la década de los ochenta y principios de los noventa se pusieron en órbita diversos satélites con sensores para programas de Teledetección (Landsat-5, Spot-1, ERS-1 etc.) que junto con el software adecuado, permitieron obtener información topográfica y temática de muchas zonas del planeta.

El sistema de posicionamiento global GPS, aún sin la constelación completa, ya permitía en el ámbito esencialmente geodésico, obtener coordenadas durante las ventanas de tiempo adecuadas con unos receptores pesados y software primario.

Este es el escenario científico-técnico del momento en que sale la revista y cómo ya dije, en una situación laboral favorable. En el primer número se dice: «*la aparición de Mapping es un intento de poner*



en contacto a los profesionales del mundo de la cartografía, los Sistemas de Información Geográfica y la Teledetección, ya sea como usuarios ya como fabricantes de equipos». Una visión claramente comercial, con un primer ejemplar en el que el número de anuncios de receptores GPS, estaciones totales, restituidores analíticos y digitales, Sistemas de Información Geográfica, etc, era altísimo. De las 100 páginas de la revista, 41 eran anuncios de instrumentos y empresas del sector.

En el último número, el 199 de enero-febrero de 2020, el objetivo es: «La difusión de las investigaciones, proyectos y trabajos que se realizan en el ámbito de la Geomática y las disciplinas con ellas relacionadas...». El número de páginas dedicadas a anuncios de instrumentación y empresas del sector, no llegan a seis. Este simple dato puede ilustrar sobre la evolución de la revista a lo largo de estos 29 años.

TRES DÉCADAS DE AVANCES TECNOLÓGICOS

Durante los años noventa y primeras décadas de este siglo, se fue mejorando toda la instrumentación de captura y tratamiento de la información geográfica, equipos de más calidad, menos voluminosos y de menor precio.

Podemos destacar las siguientes fechas importantes en GNSS: 1993 cuando el Gobierno de EEUU informa que el sistema GPS había ya logrado la capacidad operativa inicial, (algo anecdótico pues ya se venía utilizando con mejor o peor suerte en todo el mundo). Otra fecha importante fue en mayo del año 2000, cuando eliminan la «disponibilidad selectiva». Mejores satélites; GPS II en 2012 y GPS III en 2019, junto con las constelaciones de GLONASS, Galileo y BeiDou, así como mejores receptores y mejor software de cálculo, han hecho que el posicionamiento por satélite sea hoy el método de obtener coordenadas, velocidades y medida de tiempo, más generalizado, por su altísima precisión y comodidad, utilizándose en muchísimas aplicaciones.

En los programas de Teledetección siguieron lanzándose nuevos satélites con sensores cada vez con más resolución y cubriendo más zonas del espectro electromagnético, que junto con software y hardware más potentes, hicieron que el análisis de imágenes se convirtiese en una herramienta fundamental en muchos campos de aplicación.

El desarrollo de las cámaras digitales y la orientación directa de fotogramas a través de equipos GNSS

y unidades de medida inerciales, junto con nuevos sensores aerotransportados, especialmente el Lidar, sensor capaz de obtener información espacial y espectral de puntos del terreno con altísima frecuencia. En tierra apareció el láser escáner 3D para modelizar objetos y el terreno tridimensionalmente. Los vehículos aéreos no tripulados aparecieron también en los últimos años con multitud de aplicaciones.

Los avances en informática, la generalización de los móviles y el acceso a Internet, junto con los servicios de cartografía e Información Geográfica vía web tanto del sector privado como público: Google Maps, agencias cartográficas nacionales o de otras Administraciones Públicas, con acceso gratuito para todos los usuarios, **cambiaron para siempre este sector.**

En el año 1991, todas estas herramientas, las que existían, estaban dedicadas en su mayoría a la cartografía temática y topográfica así como a la ingeniería civil. La mejora de todas las tecnologías, el fácil manejo de los equipos, la ampliación de servicios y productos así como los precios, han permitido que hoy se apliquen además a: estudios medioambientales, ordenación del territorio, urbanismo, recursos naturales, demografía, gestión de servicios públicos, planificación del transporte, arqueología, geomarkting, etc.

¿COMO SERÁN LAS PRÓXIMAS TRES DÉCADAS?

Evidentemente en los próximos años todas las tecnologías se harán más precisas, darán más servicios,



Primer anuncio publicitario en la revista Mapping nº 1

serán más amigables. La universalización de todas estas herramientas, prácticamente en todos los sectores de la sociedad, me hace pensar que el futuro (en esos 30 años que nos sugiere el Director de la revista) ya no vendrá sectorizado y de alguna manera será común a todos, así lo planteare en estas próximas líneas.

Los objetivos básicos consistirán esencialmente en mejorar: la salud, la sostenibilidad, la vulnerabilidad y la calidad de vida. En estos últimos años hemos sufrido los efectos de actos terroristas, desastres naturales y estamos sufriendo una pandemia, que aún no somos capaces de prever sus efectos, todo ello demandará una mejor planificación de la Salud Pública.

Para conseguir estos objetivos partimos de unas condiciones que marcaran el camino a seguir; una sociedad globalizada en la que la información y comunicación se consigue en tiempo real, con una educación virtual y un cambio climático que afectará al desarrollo de cualquier actividad. Será fundamental como recomienda la UNESCO, aprender de forma autónoma, aprender a vivir

juntos y aprender a transformarse con rapidez.

Mucho se ha escrito sobre cómo será el futuro, y como ha ocurrido a lo largo de la historia, los hay que tienen la sensación de que todo lo importante ya ha ocurrido y otros piensan que no ha ocurrido nada importante aún. Pienso que el «progreso» nos vendrá esencialmente de la mano de:

- 1.- La Robótica y la Inteligencia Artificial harán que la mayoría de las cosas y servicios se producirán con robots y sistemas automáticos, pero siempre bajo control humano.
- 2.- Big Data, las nuevas herramientas informáticas para tratamiento y gestión de estos datos masivos revolucionaran sectores en todos los ámbitos sociales.
- 3.- Biotecnología, nanotecnología, infotecnología y nanomáquinas.
- 4.- Cambio energético, se conseguirá que la energía solar sea sostenible y probablemente se consiga energía accesible a través de la fusión nuclear.





En primer lugar felicitar a los editores de la Revista Internacional MAPPING por su trabajo; esfuerzo que tiene como resultado más de 50.000 lectores y tres décadas de exitosa trayectoria.

Si hace doscientos números me hubiesen solicitado un artículo como el presente, estoy seguro que mis conjeturas habrían quedado lejos de los avances que hoy contemplo. Sospecho que cuando se publique el número cuatrocientos de Mapping, los avances científicos y tecnológicos superarán las aportaciones que yo pudiera -tan siquiera - imaginar en éste. Por este motivo pienso que lo más oportuno será exponer mi opinión sobre los datos y los profesionales.

Las bases de datos catastrales son un activo de primer orden, un «tesoro» del Gobierno, destinado a ser utilizado en una correcta gobernanza⁽¹⁾. Superaron su primigenia utilidad tributaria para convertirse en información de referencia en el diseño, aplicación, evaluación y control de políticas públicas. Los datos abiertos, como realidad y enfoque estratégico de Estado, arropados en tecnologías accesibles y una creciente demanda de información y conocimiento por parte de la sociedad, favorecen el desarrollo socioeconómico sostenible; dentro de un marco administrativo en el que se busca incrementar la eficiencia del servicio público (menores costes y mayor calidad). Los datos han de utilizarse para que la sociedad mejore, fomentando su uso responsable y persiguiendo el abuso empresarial y gubernamental.

En consecuencia, para una buena gobernanza la información del sector público ha de ser, en primer lugar, cierta; y estar accesible, estructurada, estandarizada, en formatos reutilizables, de tal manera que con una mejora permanente de la conectividad se fomente el intercambio de datos y conocimiento. No hay que olvidar que lo que conocemos y no conocemos evoluciona permanentemente, así como también lo hace el nivel de satisfacción; que no es otra cosa que la percepción (sensación) que tiene un cliente del grado de calidad de un producto o servicio, conforme con sus expectativas.

Y esta misión es especialmente importante en el ámbito catastral, dado que los inmuebles no pueden desplazarse. En cambio, los datos que los identifican si pueden hacerlo a la velocidad de la luz, siendo además reproducibles, reconvertibles, y agrupables para generar nuevos datos; estando muchos de sus usos aún por imaginar. En consecuencia, maquillar este cambio de paradigma, la Revolución en la que estamos inmersos, es un actitud -al menos- inquietante; máxime cuando una falta de concienciación y una actitud gubernamental pasiva favorecería la implantación de una «*dictadura digital*».

La tecnología, que incorpora técnicas permanentemente y que cuando lean este artículo ya serán obsoletas, no permite retrasos. La generación de modelos conceptuales de la realidad terreno, con ayuda de la Geomática, orientados cada vez más a prestar servicios y generar productos, presentan un crecimiento exponencial. Por lo tanto, si no se entiende su construcción, al menos habrá que intentar comprender sus usos y potencialidades; lo que requiere capacitación.

Es ahora el momento de explicar qué se quiere transmitir a través del título de este artículo. «5R» hace referencia a la próxima Revolución industrial, y «P» a que esta debe tener como elemento de referencia -y más nos vale que así sea- la persona.

La reestructuración de la sociedad en tres bloques es una visión disruptiva, quizá ya no futurista: dirigentes, tecnólogos y una ingente masa de población «no útil», «sobrante», que solo a través de ayudas podrá seguir consumiendo los productos y servicios que generan máquinas. En cierta medida, la existencia de los dos primeros grupos encuentran su razón de ser en el tercero; pero ¿es un futuro digno pasar de persona a mero consumidor teledirigido?

La población no se enfrentará a los dirigentes por demandas de trabajo, por nuevas conquistas sociales; es probable que lo haga para que no se la ignore, suplantándola por tecnología ininteligibles, decisiones adoptadas mediante Inteligencia Artificial (IA), así como productos y servicios robotizados. Personalmente creo que hay que intentar que no sea un algoritmo el que decida mi forma de vivir, de relacionarme con mis semejantes y con mi entorno (territorio). Aunque

⁽¹⁾<http://www.fao.org/3/a-i2801s.pdf>

ya llego tarde, pues las herramientas de seguimiento (espionaje) a través del móvil, la personalización de los mensajes con ayuda de los estudios de conducta del receptor, y el embrutecimiento social mediante mantras televisivos, son una realidad. Ciertamente es que no nueva, pues **panem et circenses** es una táctica antigua; ahora reconvertida y más eficaz, pues ni siquiera hay que ir al circo, este te lo llevan a casa.

Perseguir la cooperación efectiva y «leal» entre la persona y la IA es una alternativa, quizá ya no futurista. Aunar esfuerzos humano-máquina permitirá incrementar la conectividad con informaciones geo-actualizadas, para adoptar geo-decisiones en un marco de geo-gobernanza. Ello requiere por parte del humano dos actuaciones. La primera asumir esta realidad, y la segunda concienciarse de que ha de estar permanentemente mejorando sus habilidades y adquiriendo nuevos conocimientos y experiencias. Exposición que sintetiza magistralmente el refranero español «calamar

que se duerme, se lo lleva la corriente».

En consecuencia, cada vez es más acuciante la componente capacitación. La meritocracia ha sido una alternativa, no siempre plenamente reconocida, para ocupar una posición en la sociedad, en la Historia; favoreciendo el desarrollo como personas, como profesionales, sirviendo de estímulo a otros. La correcta (término que debe incluir ética) explotación del dato que articula el territorio, personas y bienes, ha de hacerse en beneficio de la sociedad, tomando como tesela de actuación la familia. Las perspectivas futuristas del Catastro y su aplicación inmediata en la gobernanza no son una mera cuestión científica ni tecnológica, que sin duda serán de crucial importancia; lo verdaderamente importante es actuar en beneficio de las personas: una gobernanza eficiente articulada sobre la cooperación humano-máquina, sustentada sobre la capacitación; pues no hay que olvidar que esta siempre forma parte de la solución.



Es fácil predecir lo que pasará dentro de una semana; la agenda suele estar trazada, por mucho se cancelará un evento y surgirá otro imprevisto. Predecir qué podría suceder en un mes e inclusive un año suele estar enmarcado en un plan de inversiones y gastos trimestrales varían relativamente poco, aunque es necesario abandonar el nivel de detalle y generalizar.

Predecir lo que podría pasar en 30 años, es simplemente temerario, aunque será interesante en la visión de conjunto de todos los artículos de esta edición 200 de la revista MAPPING. Desde el lado geomático podríamos plantear aspectos con relación a la tecnología, los medios de almacenamiento de información o la oferta académica; sin embargo, en el largo plazo existen variables no predecibles como el cambio cultural y la influencia del usuario en el mercado.

«Un ejercicio interesante es ver en retrospectiva, cómo eran las cosas hace 30 años, cómo son ahora y hacia dónde están caminando las tendencias de la industria, el rol del gobierno y la academia; para tener una aproximación del rol de la geomática en la gestión de información y operaciones en de la actividad humana en lo social, económico y ambiental».

RETROSPECTIVA 30 AÑOS ANTES

Hace 30 años era 1990. Entonces un usuario atrevido a la tecnología usaba una 80286, con pantalla negra y letras color naranja detrás de un filtro, Lotus 123, WordPerfect, Dbase, Print Master y DOS como sistema operativo. Para ese tiempo los usuarios con más acceso a software de diseño CAD/GIS se sentían reyes del universo; si contaban con una Intergraph porque las PC normales agotaban la paciencia y burla de los delineantes de papel.

- Hablamos de Microstation 3.5 para Unix, Generic CADD, AutoSketch y AutoCAD que ese año por primera vez se ganaba el premio de Byte Magazine, cuando los botones eran íconos simulados y el innovador paperspace que nadie entendía. Si esperabas entrar a 3D adicionalmente era necesario pagar ACIS.
- Faltaría un año todavía para que naciera la primera interfaz intuitiva de ArcView 1.0, así que en 1990 el que cono-

cía de GIS lo hacía con ARC/INFO en línea de comandos.

- En cuanto a software libre, faltarían 2 años para que apareciera GRASS 4.1, aunque todas estas tecnologías tenían la madurez de un recorrido desde 1982.

En cuanto a comunicación global, en 1990 formalmente desaparecería ARPANET con 100.000 computadoras conectadas; hasta 1991 aparecería el término world wide web. Lo más remoto en educación eran los cursos por correspondencia porque Moodle dio sus primeros pinitos hasta 1999 y la única forma de comprar algo era ir a la tienda o llamando por teléfono al número del catálogo impreso.

EL ESCENARIO ACTUAL DE LA GEOMÁTICA Y CIENCIAS DE LA TIERRA

Al ver cómo eran las cosas hace 30 años, somos conscientes que vivimos momentos gloriosos. Pero no solamente por el software libre y privativo que usamos, sino por toda la industria. La geolocalización y conectividad ha llegado a ser tan intrínsecos, que un usuario navega en un móvil, pide un servicio a domicilio, reservar una habitación en otro continente sin tener que entender cómo funciona una coordenada UTM.

Un aspecto interesante es la fusión del entorno completo de la Geo-ingeniería. Las disciplinas para gestionar datos que crecieron con rutas separadas se han visto obligadas converger en la gestión de la operación, debiendo simplificarse y a regañadientes aceptar la estandarización.

Esta convergencia de disciplinas en torno a flujos de trabajo exige que los profesionales amplíen su espectro de conocimiento en función de una empresa que busca ser eficiente. El geógrafo, geólogo, topógrafo, ingeniero, arquitecto, constructor y operador necesitan modelar su conocimiento profesional en un mismo entorno digital, con lo que se vuelve importante tanto el subsuelo como el contexto superficial, el diseño de volúmenes genéricos como el detalle de las infraestructuras, el código detrás de un ETL como la interfaz limpia para un usuario gerencial. Como consecuencia la academia

vive una etapa crítica para mantener una oferta que se acople a las necesidades de la innovación de la industria y evolución del mercado.

Hay ciclos de explosión en la innovación. Justo ahora estamos a punto de ver iniciar uno.

PERSPECTIVA 30 AÑOS A FUTURO

En 30 años nuestras mejores glorias podrían verse primitivas. Inclusive leer este artículo causará la sensación de un híbrido entre un episodio de los Jetsons y una película de los Juegos del Hambre. Si bien conocemos que tendencias como la conectividad 5G y la cuarta revolución industrial están a la vuelta de la esquina, no es tan simple determinar los cambios que sufrirán la cultura en las relaciones estudiante-maestro, ciudadano-gobierno, empleado-empresa, consumidor-productor.

Si nos referimos a tendencias que actualmente están conduciendo a la industria, gobierno y la academia, estas son mis perspectivas particulares.

La adopción de estándares será una norma de responsabilidad. No solamente para propósitos de tecnología o formatos de información, sino sobre la operación del mercado. Será muy normal estandarizar tiempos de cumplimiento para la prestación de servicios, garantías ambientales, garantías de la construcción. La industria geomática deberá incluir más el factor humano, pues tendrá un papel importante para conectar el mundo real con los gemelos digitales, más allá de modelar la representación, los contratos de la interacción de las personas, empresas y gobierno.

Para 2050 blockchain habrá sido el primitivo protocolo http, no como solución sino como la alerta a un problema más grande, donde la estandarización deberá ser una norma de responsabilidad.

La usabilidad será decidida por el cliente final. El usuario de una tecnología, producto o servicio tendrá un rol no solo de consulta sino de decisión; con lo que aspectos como el diseño urbanístico y gestión ambiental serán oportunidades para las disciplinas asociadas a la tierra. Esto implicará instrumentalizar conocimiento demasiado especializado de disciplinas como geografía, geología, topografía o ingeniería a soluciones donde el usuario final tome decisiones. La profesión deberá volcar su conocimiento a herramientas, para que un ciudadano decida dónde quiere su casa, elija un modelo arquitectónico, ajuste parámetros a su gusto y reciba de inmediato planos, licencias, ofertas y garantías. Desde el lado de la toma de decisiones, este tipo de soluciones

funcionarán tanto en una escala de activos, como una red de infraestructuras conectadas, un sistema regional o nacional; Con objetos geolocalizables, modelos matemáticos y de inteligencia artificial.

La conectividad e interacción con el tiempo real serán intrínsecos. En 30 años, la información geográfica como imágenes, modelos digitales, variables ambientales y modelos predictivos serán muy precisos y accesibles. Con esto, los sensores de recepción de información de satélites y dispositivos a menor altura pasarán a usos más cotidianos una vez que superen las complicaciones de privacidad y seguridad.

Toda la educación será virtual y se deprecia lo complejo. Muchas áreas de la interacción humana serán virtuales, de forma inevitable la educación. Esto llevará a la simplificación de conocimientos que son innecesarios para la vida práctica y a la estandarización de aspectos que hoy son barreras como las fronteras, la escala, el idioma, la distancia, el acceso. Si bien las fronteras continuarán siendo de mucha importancia, en el entorno virtual morirán como consecuencia del mercado y la caída del culto a lo absurdo. La geomática seguro que no podría morir, pero evolucionará de ser una disciplina de élite profesional a un conocimiento cercano a los nuevos desafíos de la humanidad.

Por ahora, a sentirnos satisfechos de haber sido parte del «30 años antes», presenciado el actual momento y la emoción de entrar a un nuevo ciclo donde solo sobrevivirán las ideas que faciliten la toma de decisiones y presenten una mejor experiencia en el usuario final.



Una mirada al ayer y un pronóstico del futuro desde el presente

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 16-17
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Alvaro Anguix

CEO en gvSIG Association



EL PASADO QUE HEMOS VIVIDO

Hace 30 años nació la Revista Internacional Mapping, precisamente en el año que fue designado por Naciones Unidas y la Unesco como el «año de la alfabetización».

Era el inicio de un decenio en el que el orden mundial iba a cambiar de forma radical con la caída del muro de Berlín y el derrumbamiento de la Unión Soviética. Concluía la política de bloques, los Estados Unidos se convertían en la única superpotencia y los más aventurados se atrevían a hablar del fin de la historia.

En el mundo de los mapas las tecnologías comenzaban a estar presentes. Aplicaciones como los CAD empiezan a ser herramientas utilizadas de forma habitual para el dibujo y los SIG van consolidando, poco a poco, su presencia entre ingenieros y cartógrafos. Se inicia el auge de nuevas tecnologías como la telefonía móvil e Internet, cuya influencia marcará la evolución de las ciencias de la Tierra a lugares nunca antes recorridos.

La década finalizaría con la explosión de la burbuja de las punto-com, llevando a la quiebra a numerosas empresas tecnológicas y aupando a posiciones casi monopolistas a un número de ellas. En el mundo de la Geomática ESRI consolida su posición de poder frente a sus rivales. Pocos años antes, en 1984, aparece el software GRASS, en 1994 se publicará la primera versión de Map-server; las primeras semillas de lo que acabará siendo el rico ecosistema de la Geomática libre. Pese a lo que pudiera parecer en aquellos momentos, en las tecnologías geográficas la historia tampoco había acabado.

Avanzamos a la década de los años 2000, marcada por la denominada guerra contra el terrorismo declarada

por los Estados Unidos y el auge de los países emergentes encabezados por China. Se inicia el proceso hacia un mundo multipolar. La Geomática sigue unas dinámicas similares, aparecen nuevos proyectos del software libre como gvSIG, PostGIS, Quantum GIS, Geoserver o Geonetwork que lograrán consolidarse con el paso de los años, junto a otros que acabarán desapareciendo. Se crea OS-Geo, una organización no gubernamental cuya misión es dar soporte y promover el desarrollo colaborativo de tecnologías geoespaciales y datos abiertos, sin olvidar que en su impulso inicial tiene un papel fundamental AutoDesk (que había perdido en favor de ESRI el control de la industria SIG). El mundo del conocimiento libre se ve impulsado, más allá del software, por iniciativas como las de las Infraestructuras de Datos Espaciales y los datos abiertos. La idea se asienta: **la información, el conocimiento, debe ser accesible a todo el mundo, no debería estar en manos de unos pocos.**

De forma general, el mundo de la tecnología se caracteriza por la implantación masiva de Internet y los teléfonos móviles que modificarán las relaciones sociales para siempre, convertirán en todopoderosas empresas a Google y Apple, y a su vez permitirán disponer de herramientas que facilitarán enormemente tanto el desarrollo de proyectos libres y colaborativos como su acceso.

La aparición de Google Maps y Google Earth pondrán la información geográfica al alcance de todos, provocando que sea considerada cada vez más impor-



tante y usada más allá de cualquier ámbito técnico. La Geomática empieza a ser considerada una de las tecnologías emergentes más importantes.

Los últimos años de la década quedarán marcados por el inicio de la crisis financiera mundial, que condicionó todo el desarrollo económico posterior y conllevó una concentración del capital nunca antes visto. En el ámbito de la tecnología, las transnacionales nunca habían sido tan poderosas. Pese a la expansión de la Geomática libre en todo el mundo, las grandes empresas del software privativo no se ven amenazadas. Las iniciativas libres se ocupan de la tecnología, pero no se crean estructuras que supongan amenazas a nivel económico, de mercado. Con esa idea, poner en marcha un nuevo modelo de producción, surge en 2009 la Asociación gvSIG. Consolidar una red de PYMES que puedan competir, también en los grandes proyectos, con las multinacionales tecnológicas. Conocimiento compartido y colaboración frente a rivalidad y especulación con el conocimiento adquirido; la solidaridad como eje central sobre el que pivoten la economía y la tecnología.

En pocos años la Asociación gvSIG se consolida, con clientes en más de 30 países; premios internacionales y nacionales, otorgados por entidades como la Comisión Europea o la NASA, que reconocen la relevancia del proyecto; tecnología utilizada en más de 160 países; decenas de eventos que se celebran por todo el mundo; aparecen nuevos productos como gvSIG Online y gvSIG Mobile que van conformando la Suite gvSIG, un catálogo de soluciones para abordar cualquier necesidad con Geomática libre...y llegamos al presente.

EL PRESENTE: AISLAMIENTO Y CONECTIVIDAD

La década ha comenzado con una pandemia de COVID-19 cuyo impacto socioeconómico es difícil de prever, pero sin duda tendrá efectos transversales de los que el mundo de la Geomática no se verá aislado. Las certidumbres sobre el futuro a corto plazo, nuestro siguiente presente, son complejas de vislumbrar.

La Geomática es cada vez más importante, los sistemas de información consideran la información geográfica como un atributo a tener en cuenta. La Revista Internacional Mapping cumple treinta años. El mundo se encuentra más confinado y, al mismo tiempo, más conectado que nunca en la historia de la humanidad. Es momento de reflexiones. ¿Queremos un mundo de rivalidad o de colaboración?. ¿Aposta-

mos definitivamente por construir soluciones, también tecnológicas, entre todos?. ¿Sumamos esfuerzos para resolver problemas comunes? El movimiento del software libre en general y proyectos como gvSIG en particular han apostado siempre por la solidaridad y la colaboración, por avanzar hacia modelos más sostenibles y eficientes en el desarrollo de tecnología, por transformar el gasto en licencias en inversión en conocimiento. Y tras 30 años, estamos más convencidos de que ese es el camino a construir.

UN FUTURO A CONSTRUIR

En la Asociación gvSIG siempre hemos pensado que el futuro no está escrito, que no es un camino a recorrer. El desarrollo tecnológico continuará, está claro, y nos llevará a escenarios no siempre imaginados. Veremos como cada vez más utilizamos términos como machine learning o big data, como se desarrolla el mundo de los drones o como se expande la Geomática mediante la integración con todo tipo de sistemas. ¿Pero hacia dónde se orientará ese desarrollo tecnológico, qué aspectos evolucionarán de la Geomática más que otros?. ¿Hacia dónde irá la industria del software?. ¿Se impondrán nuevos modelos de producción sobre los existentes?.

Las respuestas a estas preguntas las tenemos cada uno de nosotros y dependerán del mundo que queramos construir, y si ese mundo lo queremos construir juntos o no.



La Geomática, facilitador clave en el nuevo modelo social

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 18-19
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Ana Belén Anquela Julián

Directora de la ETSIGCT
Universitat Politècnica de València

La Cartografía y la Topografía son tan antiguas como la humanidad, pero el término Geomática fue empleado por primera vez por el geómetra canadiense Michel Paradís en el año 1981, justificando el nacimiento de esta nueva disciplina como consecuencia de la creciente necesidad y consumo de información geográfica, como posteriormente se constató a finales del s. XX, y donde se hizo necesario integrar los nuevos métodos de captación de información espacial, tratamiento de los datos y difusión de resultados.

Posteriormente, en el año 2004, la revista Nature publica el artículo *Mapping opportunities*, donde señala que el Departamento de Trabajo de los Estados Unidos identifica la Geotecnología como uno de las tres campos emergentes junto con la nanotecnología y la biotecnología, anunciando un gran incremento en las oportunidades de trabajo en éste área.

En 2013 un informe de Oxera preparado para Google estima un aumento anual del mercado «Geo» entorno al 30%, y, actualmente, se espera un aumento de valor de 21000 millones de dólares en 2019 a cerca de 31500 para el 2025, según Research&Markets.

Por otro lado la revista Forbes, en Diciembre de 2014 sitúa la Ingeniería Geomática como la sexta disciplina «desconocida» con más futuro.

Creo importante señalar el compromiso de la universidad con la sociedad, siendo conscientes de nuestro papel como motor de cambio social, de formar en conocimiento y en valores a las personas, por esto mi visión de la evolución de la Geomática en los últimos años está ligada a la evolución de la enseñanza universitaria de esta disciplina en la Universidad

Politécnica de Valencia.

Los estudios de ingeniería Técnica en Topografía se impartieron por primera vez en la Universitat Politècnica de València en el año 1989 con en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica en Topografía y Obras Públicas. Posteriormente y por Decreto 139/1994, de 18 de julio del Gobierno Valenciano, se transforma la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Topografía y Obras Públicas en Escuela Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica (ETSIGCT) para impartir los títulos de Ingeniero Técnico en Topografía e Ingeniero en Geodesia y Cartografía.

El Espacio Europeo de Educación Superior iniciado en 1999, con el proceso de Bolonia, conllevó grandes cambios en los sistemas educativos en España, entre ellos la nueva estructura grado/máster aprobadas por Real Decreto 26 de octubre de 2007 de ordenación de enseñanzas universitarias oficiales. En el año 2004 se publica el libro blanco del título de grado de ingeniero en Geomática y Topografía, coordinado por la Universitat Politècnica de València y contando con la participación de 11 universidades, el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía y la Asociación de Ingenieros en Geodesia y Cartografía. En el año 2010 las universidades españolas se adaptan a la nueva estructura aprobada.

Actualmente en la ETSIGCT se imparte el Grado en Ingeniería en Geomática y Topografía y el Máster Universitario en Ingeniería Geomática y Geoinformación, ambos referencia nacionales internacional, siendo la escuela con más número de alumnos nacionales e internacionales

El Grado en Ingeniería en Geomática y Topografía ha evolucionado en los últimos años. En el año 2014 fuimos la primera universidad Española en obtener el sello EUR-ACE®, certificado relativo a estándares de calidad, relevancia, transparencia, reconocimiento y movilidad contemplados en el Espacio Europeo de Educación Superior.

El Máster Universitario en Ingeniería en Geomática y Geoinformación inició sus estudios en septiembre de 2014, reformándose en el año 2018, e incorporando materias relacionadas con la gestión de las ciudades inteligentes, el big data y geomarketing.

Este dinamismo y constante revisión de nuestros planes de estudios, nos han colocado en el primer puesto, entre las universidades españolas, del u-ranking elaborado por la fundación BBVA en los últimos años.



En los últimos tiempos, el mundo se ha visto beneficiado por la revolución tecnológica, revolución que, en el caso de la ingeniería geodésica, cartográfica y topográfica ha sido, si cabe, más acusada. El nacimiento de diferentes sistemas de posicionamiento global como el Europeo Galileo, los proyectos de observación de la tierra desde el espacio como el proyecto Copernicus, etc. son prueba de este hecho. La Geomática actualmente pivota sobre cuatro pilares fundamentales, la ingeniería del posicionamiento, con la importante contribución de los sistemas GNSS, el análisis espacial y los sistemas de información geográfica, la teledetección y proyectos de observación de la tierra, y la captura y la gestión de la información 3D.

A medida que los mercados globales entran en la Cuarta Revolución Industrial, la Geomática se encuentra alineada con el mercado, agregando dimensión espacial y contexto de ubicación a la infraestructura digital, sistemas interconectados y procesos de negocio.

La Geomática se está convirtiendo en un elemento imprescindible para todos los ciudadanos. En un escenario cambiante, donde la población mundial crece a un ritmo elevado, es necesario enfrentarse a los nuevos desafíos que están surgiendo. Ahora nos encontramos en una crisis sanitaria sin precedentes, el Covid-19 ha entrado en nuestras vidas anunciando un cambio en el comportamiento social, en el que la tecnología tiene y tendrá un protagonismo absoluto. Y ahí es donde la geomática juega un papel vital: mejorando la planificación, ayudando en la identificación de áreas problemáticas específicas, en la asignación de recursos, y el definitiva, dotando a la ciudadanía de soluciones cada vez más rápidas.

Todo lo que nos rodea se está digitalizando. La transformación digital es una realidad, y los análisis de ubicación y manejo masivo de información geoespacial juegan un papel fundamental en esta transformación. Todo existe en un momento y lugar particular, incluso los sentimientos. Entendiendo las interrelaciones de todos los elementos entre sí a través de un complejo análisis de ubicación, se pueden tomar decisiones que mejoran la eficacia y optimizan recursos, tanto para el sector público como para el privado.

La geomática se está volviendo indispensable en todas las esferas de la vida. Se está convirtiendo en un sinónimo de conectar personas para obtener mayores beneficios. Es necesaria para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible o proporcionar el tejido sobre el cual se pueden construir soluciones inteligentes.

Actualmente la evolución de la Geomática está integrando las nuevas tecnologías de la telecomunicación, democratizando su conocimiento y empleo en todo el espectro social.

La Geomática se ha convertido en un facilitador clave en el nuevo modelo social. Todo lo que se construye en una ciudad inteligente tiene que ser correcto, y para construirlo correctamente, se necesitan datos precisos, concisos, detallados y

localizados en tiempo y espacio.

En este escenario los datos se convierten en el «nuevo petróleo», y de su disponibilidad para la ciudadanía en bases de datos abiertas, comunes y armonizadas, dependerá la velocidad de avance de la Geomática. Son varias las fuentes que anuncian que las leyes de regulación de la información geoespacial formarán parte de la Ley de Protección de Datos, y esto previsiblemente obstaculizará el crecimiento del mercado, pero esta regulación es fundamental en aras de proteger la disponibilidad, autenticidad, integridad y confidencialidad de la información geoespacial, donde ciberseguridad y seguridad de los datos juegan un papel principal. Y en mi opinión este es uno de los más importantes retos que deberemos abordar.

REFERENCIAS

- <https://geog.utah.edu/pdf/careers/nature.pdf>
- https://www.oxera.com/wp-content/uploads/2018/03/What-is-the-economic-impact-of-Geo-services_1-1.pdf
- <https://www.u-ranking.es/analisis.php>
- https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2020.114.01.0007.01.SPA&toc=OJ:L:2020:114:TOC
- https://www.gsa.europa.eu/system/files/reports/market_report_issue_6_v2.pdf
- <https://www.gsa.europa.eu/market/market-report>
- <https://www.copernicus.eu/es>
- https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth
- <https://forbes.es/empresas/5789/10-profesiones-con-futuro-que-los-ninos-no-conocen/>



Pasado, presente y futuro de la cartografía catastral

Fernando de Aragón Amunarriz

Director General del Catastro, Ministerio de Hacienda

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 20-22
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

La Revista Internacional Mapping me invita a participar en el número 200, un número especial dedicado a la conmemoración del 30 aniversario de la creación de la revista. Se me pide, como Director General del Catastro, una breve reflexión de donde estábamos hace 30 años, donde estamos ahora y donde estaremos, posiblemente, los próximos 30 años.

Me gustaría comenzar felicitando al consejo editorial por esta magnífica iniciativa y agradeciendo la invitación, como estupenda oportunidad para dar a conocer la historia reciente de la cartografía catastral, los proyectos y trabajos que estamos llevando a cabo en estos momentos, y los planes de futuro. O, dicho de otro modo, un estímulo para recapacitar sobre de dónde venimos, donde estamos y hacia donde vamos, dónde queremos estar como organización.

HACE TREINTA AÑOS: LOS PRIMEROS AÑOS 90

La historia reciente del Catastro, y de su cartografía, se remonta mucho más allá de estos treinta años, y me parece de justicia recordar que en el punto de partida de este relato el Catastro contaba con una situación gracias a la cual se pudieron alcanzar los niveles de excelencia con que ahora cuenta, así desde los amillaramientos del siglo XIX, han existido varios hitos que propiciaron importantes progresos, como los croquis parcelarios del avance catastral del catastro topográfico parcelario de la ley de 1906, el retintado de fotografías aéreas, entre las que destacan las del «vuelo americano» del los años 1956 y 1957, o el catastro de implantación de los setenta en urbana, por citar alguno de ellos.

Limitándome a los treinta últimos años, a finales de los años ochenta y principios de los noventa del siglo pasado, el Catastro, entonces Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria y hoy Dirección General del Catastro, recibió un fuerte impulso institucional, organizativo, normativo, presupuestario, que estableció las bases para la creación de un Catastro moderno, actualizado e informatizado, y en definitiva, ha permitido que la sociedad española y las administraciones públicas dispongan de la infraestructura básica de información territorial que es el Catastro actual.

Con aquel impulso, se diseñó la estructura de la organización catastral que ha perdurado hasta nuestros días, distribui-

da entre unos servicios centrales, y unos servicios territoriales con Gerencias del Catastro en cada provincia. Se inició una importante incorporación progresiva de personal en parte procedente de otros organismos y en parte nuevos funcionarios por oposición. En general, éramos todos muy jóvenes.

Y se destinó una dotación presupuestaria que permitió disponer de los primeros equipos informáticos, y la contratación de los trabajos de actualización del catastro, mediante los dos grandes procedimientos de esta etapa, las renovaciones en el catastro rústica, y las revisiones de valores del catastro de urbana.

Por lo que respecta a la cartografía, me gustaría destacar que en esos años se incorporaron a Catastro grandes profesionales, de reconocido prestigio y gran experiencia, procedentes del Instituto Geográfico Nacional y otras organizaciones.

También se incorporaron expertos informáticos que trazaron el plan de informatización del catastro, definieron los primeros formatos de intercambio para la incorporación de la información digitalizada e implementaron las primeras aplicaciones informáticas del catastro.

Gracias a ellos se establece un Plan de Cartografía y se definen los pliegos de prescripciones técnicas para la contratación de los distintos trabajos de cartografía. Abordando iniciativas tan importantes como el primer plan de ortofotografías en España anterior a PNOA. Ortofotos analógicas, en papel, en blanco y negro, pero georreferenciadas y encuadradas o enmarcadas en la cuadrícula de hojas del Mapa Topográfico Nacional a escala 1/50.000.

Estas ortofotos servirían como base cartográfica de los trabajos de renovación del catastro de rústica que, más que una actualización de datos, supuso, en realidad, la creación del Catastro de muchos municipios, y para alguno de ellos, incluso su primera cartografía catastral.

Sobre la ortofotografías se volcaba, se delineaba y ajustaba el parcelario disponible en ese momento, que podía tener soportes o características tan diferentes como croquis catastrales, fotografía aérea (cónica) retintada (por ejemplo del vuelo americano), planos topográficos parcelarios, planos de concentración parcelaria o de colonización, y algunos otros.

La gestión de la cartografía así informatizada contaba con los avances tecnológicos del momento, cargas en cintas de carrete o cartuchos en estaciones de trabajo que manejaba una sola persona por gerencia, con la aplicación ArcInfo.

En cuanto al catastro de urbana, se encontraba en una si-

tuación similar, a partir de los primeros planos de implantación obtenidos en los años 70 por medio de vuelo fotogramétrico y restitución.

Con el plan de ortofotografía, se digitalizó la cartografía papel disponible, obteniendo nueva cartografía, se actualizaron los desarrollos urbanísticos. Además se verificó la correcta georreferenciación, mediante análisis métricos. Entre otros datos se tomaban los de la distribución interior y por plantas del edificio para conocer las superficies de cada vivienda y otros elementos (trasteros, garajes, locales comerciales, elementos comunes). Al principio, estos documentos se elaboraban en papel, el CCU1, al que se añadía al menos una fotografía de fachada identificativa del edificio, luego estos croquis de urbana se hicieron digitales con diferentes programas (DITACU1, por ejemplo), se escaneó y digitalizó los que estaban en papel, y finalmente se crearon directamente los actuales FXCC por plantas significativas, y se les adjuntaba foros igualmente digitales.

Eran los comienzos de una nueva cartografía, de un nuevo catastro, de una nueva época. Durante los diez años siguientes, la organización trabajó intensamente en los procesos de renovación de rústica y revisión de urbana, hasta conseguir a principios de los años 2000 tener la cartografía rústica y urbana de todos los municipios en formato digital.

Naturalmente durante esos diez años, las condiciones técnicas también se fueron adaptando a la evolución de la tecnología. Las ortofotos pasaron a ser en color, y luego, digitales. Las restituciones eran ya numéricas. No se volcaba o digitalizaba parcelario, se recodificaban líneas en la cartografía vectorial. Pero, además también evolucionaron los sistemas informáticos, las aplicaciones, los PC, de modo que en los años 2000 se creó la aplicación SIGCA (Sistema de Información Geográfico Catastral) que permitía la gestión de la cartografía por cualquier usuario de la organización desde su propio PC. Y un poco más adelante, en 2004, se creó la Oficina Virtual del Catastro, lo que hoy es la sede electrónica, que puso la información catastral, incluida la cartografía, a disposición de los ciudadanos, administraciones, empresas, profesionales y público en general.

Es en esta etapa donde se construye la gran estructura colaborativa del Catastro que nos permite el gran nivel de actualización para reflejar en la base de datos la realidad inmobiliaria. Ayuda y cooperación con muchas entidades e instituciones, desde los ayuntamientos, diputaciones, Notarios o Registradores, hasta el Ministerio de Agricultura o Instituto Geográfico Nacional, y muchos otros, bajo diversas fórmulas de colaboración y de intercambio de información.

En 2004, se aprobó el Texto Refundido de la Ley del Catastro Inmobiliario y se refuerza la idea de la cooperación al indicar que el Catastro colaborará con las Administraciones públicas, los juzgados y tribunales y el Registro de la Propiedad para el ejercicio de sus respectivas funciones y competencias.

Existen varios hitos a destacar fruto de esta política de co-

laboración. Con El Fondo Español de Garantía Agraria se llevó a cabo la convergencia con el SIGPAC, de modo que la información cartográfica parcelaria de este SIG es la catastral. Además, el FEGA comunica al Catastro otra información esencial como es el producto cultivado que declara cada agricultor, y el régimen de tenencia o explotación de la tierra. Por otro lado, junto a FEGA e IGN, El Catastro participa activamente en la producción de ortofotos y coberturas LIDAR del PNOA del que financia una parte mediante la formalización de encargos y convenios con IGN. También tuvo mucha importancia el convenio o acuerdo con el Colegio Oficial de Registradores de la Propiedad y Mercantiles de España, que permitió la completa digitalización de la cartografía catastral. Por otro lado, Notarios y Registradores suministran información que permite la actualización automática o semi-automática de la titularidad catastral, que, además, mejoró notablemente con el cruce de información con la Agencia Tributaria que permitió la incorporación de 14 millones de cotitulares catastrales. También se han firmado acuerdos de colaboración con otros colegios profesionales y entidades públicas. Por último, pero no por ello menos importante, hay que señalar los más de 800 convenios firmados con diputaciones, consejos y cabildos insulares, ayuntamientos y otras entidades locales para la gestión del Catastro y para el suministro y difusión de la información catastral por medio de los más de 3.750 Puntos de Información catastral.

MOMENTO ACTUAL: GRANDES PROYECTOS

Estos treinta años de historia nos han convertido, como ya se vaticinó en la Ley de Catastro de 2002, en una gran infraestructura de información sobre el territorio al servicio de los fedatarios, otras administraciones, y los ciudadanos.

El grado de actualización permite en la actualidad cumplir con los dos grandes principios inspiradores del Catastro, la generalidad y la justicia tributaria, mejor que nunca en nuestra historia.

Y nos permite abordar grandes proyectos muy ambiciosos. Destacaré sólo tres de ellos que son ya una realidad. La Coordinación Catastro-Registro, el Mapa de Gestión y el Valor de Referencia.

La Ley de Reforma de la Ley Hipotecaria y del texto refundido de la Ley de Catastro Inmobiliario de 2015, establece uno de los cambios más trascendentales para la Cartografía catastral en toda su historia. Así en el artículo 10 recoge, «La base de representación gráfica de las fincas registrales será la cartografía catastral». Para dar cumplimiento, el Catastro ha desarrollado toda una infraestructura de validación gráfica, y de puesta a disposición de la Cartografía para el Registro de la Propiedad, y para los ciudadanos, contribuyendo de forma decisiva a la seguridad jurídica en el tráfico inmobiliaria.

El mapa de gestión, se inició como un cuadro de mandos en el que georreferenciar la actividad inmobiliaria en tiempo real junto con la gestión catastral. Pero el enorme potencial que ofrece como herramienta, ha convertido el Mapa de Gestión en una plataforma de comunicación de doble sentido con todas las administraciones, con los ciudadanos, y con nuestros colaboradores. Donde se pueden condensar todos los aspectos que afectan a cada uno de los inmuebles.

En cuanto al Valor de Referencia, es el resultado de la combinación de varios elementos. Para empezar, la vocación fiscal del Catastro, función primigenia y fundamental, que ha sido motor del mantenimiento, que ha permitido la financiación de entidades locales hasta en los momentos más comprometidos de la economía, siempre buscando la justicia y la equidad. Por otro lado, el Catastro cuenta con un nivel de información sobre el mercado inmobiliario mayor que nunca en nuestra historia, y mayor que ninguna otra entidad pública o privada. Y el tercer elemento que ha intervenido ha sido la demanda de la sociedad en general de información sobre valores de inmuebles.

El Catastro ha desarrollado y próximamente pondrá a disposición de los ciudadanos un Valor de Referencia para cada bien inmueble y a partir de los datos obrantes en el Catastro, entendiéndolo por tal, el resultante del análisis de los precios comunicados por los fedatarios públicos en las transacciones inmobiliarias efectuadas.

DENTRO DE 30 AÑOS: LA CARTOGRAFÍA CATASTRAL EN 2050

Es difícil prever cómo será la cartografía catastral en 2050 porque es muy difícil imaginar siquiera la evolución de las tecnologías y su convergencia y hasta donde llegará la innovación, la creatividad humana en el campo de la cartografía, de la información espacial en general.

Pero si me atrevo a decir que la cartografía catastral jugará un papel principal a futuro. El Catastro ofrece un dato que ninguna otra cartografía puede facilitar de forma continua y para todo el territorio común, la estructura de la propiedad. Dato necesario para abordar cualquier política y toma de decisiones sobre el territorio, de toda índole; fiscal, medioambiental, desarrollo de infraestructuras, aprovechamientos óptimos, ordenación del territorio, etc.

El Catastro está en condiciones de incorporar en su base de datos, a su cartografía, información que abrirá una enorme cantidad de nuevas utilidades. Lo cual, nos permitirá poner al servicio de la sociedad, mejoras en la información catastral, nuevos servicios, una valoración más precisa.

Probablemente la cartografía en general, o las bases de datos espaciales, integrarán información de distintas fuentes y de distintos sensores, metodologías de captura y tecno-

logías: habrá una mezcla de cartografía vectorial e imagen, cenital, oblicua, de fachada, de interiores, de instalaciones, etc. Pero también podrán ser imágenes térmicas, que midan la eficiencia energética, o de infrarrojos que den información sobre el grado de humedad y el estado vegetativo de bosques y cultivos. Se añadirá información de medidas en campo, con puntos LIDAR aéreos y terrestres, puntos de coordenadas muy precisas que permitan la integración de estas fuentes. Seguramente, se incorporarán también datos del clima (lluvia, insolación) o incluso del tiempo atmosférico en tiempo real, e información del suelo (tanto por condiciones para la edificación como para la productividad agrícola y forestal). Y, además, en relación tanto con el cambio climático como con la calidad de vida, se podrán añadir mapas temáticos de ruido, y de contaminación del suelo y del aire. También habrá, deberá haber, mucha información sobre riesgos naturales o artificiales y su prevención: inundaciones marítimas y fluviales, actividad volcánica, terremotos, incendios forestales, lluvias torrenciales, episodios de contaminación y otros riesgos químicos, pero también biológicos (en humanos o en animales) como la pandemia del coronavirus nos está enseñando a la fuerza en estos momentos.

En este ejercicio de imaginación, dentro de 30 años la información sobre el territorio estará permanentemente actualizada de forma automática, incluso cuando se produzca una corta de árboles, una explanación, una preparación del terreno, o exista una obra en construcción. Habrá una detección temprana automatizada, pero también habrá colaboración social, cartografía colaborativa, uso de redes sociales que permitirán que la información llegue al lugar preciso con rapidez.

En resumen y como conclusión: la cartografía catastral cuenta con una larga historia gracias a la cual se ha convertido en imprescindible en la sociedad actual, y está en disposición de adaptarse a lo que nos depara el futuro para ponerse al servicio de los grandes retos que nos demande la sociedad, una valoración justa y equitativa, la lucha contra el cambio climático, el reto demográfico, o la agenda 2030.





TRIMBLE SX10

Estación Robótica 1"
1mm EDM con imagen.

Escáner de hasta
600 metros de alta
velocidad.



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

30 años de evolución geomática en la construcción

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 24-25
marzo-junio2020
ISSN: 1131-9100

Maximiliano Arenas García

Director Técnico UNE FF.CC. y Túneles de Acciona Construcción

Francisco Javier Tormo López

Coordinador de Topografía UNE FF.CC. y Túneles de Acciona Construcción

¡Cómo no! En el transcurso de estos últimos 30 años, en Acciona hemos sido testigos del avance tecnológico a pasos agigantados en la rama de la Topografía, Geodesia y ahora la bien llamada Geomática.

Solo tenemos que hacer un breve recuerdo al pasado para dar cuenta de lo sucedido hasta ahora.

Hace poco más de 30 años se inauguraba la nueva Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos en Topografía de Madrid y muchas otras más escuelas abiertas en el ámbito del territorio español y de ellas han salido hasta hoy, numerosos ingenieros que han sufrido en su piel el obligado reciclaje y renovación acorde con la velocidad que ha impuesto la revolución tecnológica y que, a su vez, esa renovación les ha funcionado como antídoto ante algunas crisis económicas.

En Acciona siempre hemos sido conscientes de la importancia del papel que representa la topografía, sobre todo, desde el punto de vista del impacto que un error topográfico pudiera acarrear al coste de la obra. Cuantas veces habremos oído frases tales como «La topografía no puede fallar» o «hacer dos túneles por el precio de uno», eran comentarios

muy habituales y que solo aquellos experimentados profesionales, saben del alcance real de las consecuencias. La preparación, responsabilidad y saber trabajar bajo presión para aguantar el ritmo de la producción han sido claves en los casos de éxito.

No es de olvidar que con los recursos de los que se disponían, éramos capaces de completar con éxito cualquier obra de cierta envergadura a base de implementar numerosos equipos de replanteo de campo, equipos de calidad y equipos de la Oficina Técnica con el propósito de minimizar errores accidentales a base de redundar las observaciones, replanteos, mediciones y plasmar en un plano el proyecto ejecutado. La aparición de Estaciones con distanciómetros integrados supuso un avance cualitativo. Fuimos pioneros en la implantación en obra de la técnica GPS. Parecía magia sacada de los bolsillos, un gran salto evolutivo de precisión y producción que se postraba imparable ante un futuro lleno de oportunidades. El GPS terminó siendo y es actualmente, una herramienta imprescindible para el sector de la construcción y para otros muchos sectores.



Con el paso de los años, en construcción hemos ido dejando atrás los cálculos en campo, las libretas electrónicas, el teodolito, la artesanal elaboración de planos y mediciones, interminables jornadas de replanteo y adquisición de datos, sustituyéndolas por las nuevas tecnologías que se fueron sucediendo sin parar hasta hoy en día, estando siempre en la vanguardia y generando con ello, numerosas áreas de especialización de nuestros ingenieros, nuevas herramientas y metodologías de trabajo, multiestaciones totales de alta precisión con software integrado, GPS, adquisición y tratamiento de datos geoespaciales, escáneres, giróscopos, drones, interferometría radar, monitorización de la auscultación, tecnología LiDAR para la captura masiva de datos, captura y tratamiento de ortoimágenes, múltiples herramientas de Software que no han parado de crecer y multiplicarse y que ya son capaces de trabajar en entornos colaborativos vía BIM.

La relación entre constructoras y fabricantes de equipos topográficos ha sido muy estrecha en estos años. Las necesidades expuestas por las constructoras y en particular de Acciona han sido entendidas y atendidas por la mayoría de fabricantes. Esto nos ha hecho muy fuertes a nivel productivo y además alcanzando unos extraordinarios niveles de calidad.

Ahora mismo estamos inmersos en la denominada «Transformación Digital». Siempre hemos mirado al futuro con gran entusiasmo por eso hemos invertido mucho tiempo y recursos en I+D+I y en colaboraciones y apoyos a distintas Startups de investigación en Geomática y otros campos.

En construcción, y en particular en la referente a obras

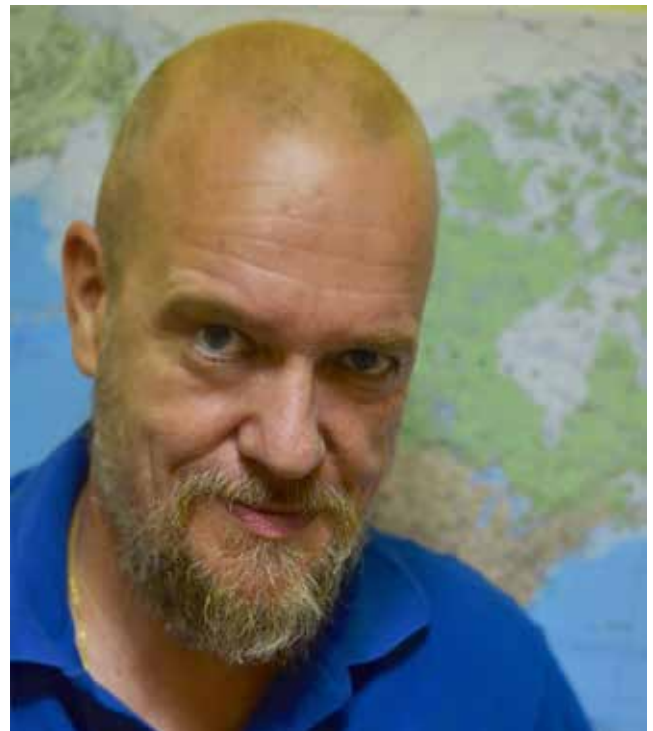
subterráneas y ferrocarriles, podemos asegurar que nos hemos visto beneficiados por esta llegada de tecnología por lo que la atención de la Geomática a los equipos de producción ha sido prácticamente inmediata y, sobre todo, muy fiable. Ojo con pensar que seremos capaces de prescindir de personal especialista en Geomática, todo lo contrario, la demanda del topógrafo en obra sigue y seguirá siendo una necesidad real. Tampoco debemos asegurar que hemos abandonado la topografía clásica que sigue siendo y será muy útil en muchas áreas de la obra ya que las bases de cálculo siguen siendo las mismas ahora que hace 30 años. Nuestras útiles bases de replanteo en el interior de larguísima túneles, leídas reiteradamente y calculadas para asegurarnos cierres milimétricos seguirán siendo vigiladas por esa metodología clásica, pero a su vez, apoyada por las nuevas y precisas herramientas del mercado.

Solo hace falta darse una vuelta por una de las obras y entrar en la oficina del «Jefe de Topografía» y observar como atiende a todas horas, a cada responsable de cada una de las distintas áreas de la obra, constatando que realmente, es una pieza fundamental del engranaje de la maquinaria, corroborando que prácticamente toda la definición, diseño y modificados del proyecto, pasan por sus manos.

En resumen, el Ingeniero en Geomática y Topografía se ha reinventado, pasando de ser un geómetra, a convertirse en una especie de matemático, cartógrafo, diseñador de modelos 3D, planificador, informático y dentro de muy poco, un experto del entorno BIM, que le deja muy bien posicionado ante la apasionante «Era Digital» que se avecina.



Maximiliano Arenas García



Francisco Javier Tormo López

Calidad de la información geográfica, avances, frustraciones y esperanzas

Francisco Javier Ariza López

Catedrático de Universidad
Dpto. Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Universidad de Jaén

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 26-27
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Indudablemente la celebración del 30 aniversario de la Revista Mapping, y la publicación de su número 200, es una oportunidad para revisar los avances que han tenido lugar y los nuevos retos a los que nos enfrentamos en el campo de la Geomática. En este caso, nos vamos a centrar en lo relacionado con la calidad de la información geográfica (IG).

De siempre los cartógrafos y técnicos que han usado los mapas fueron conscientes de sus imperfecciones y errores. A mediados del pasado siglo se empezó a evaluar la calidad de los mapas de una manera más científica y organizada, todo lo cual fue compendiado, integrado y expandido por Derek Maling cuyo magnífico manual (Maling, 1989) está justo en los inicios de nuestro periodo de análisis. También es éste el comienzo de la aplicación masiva de «nuevas tecnologías», entre las que se incluyeron los Sistemas de Información Geográfica y la Teledetección, para los que la calidad de los datos es una exigencia. Desde sus inicios la calidad de la IG ha sido una subdisciplina central de las ciencias de la información geográfica, y ha sido de interés para la comunidad científica, académica, las agencias gubernamentales y, más recientemente, para la industria.

El concepto de calidad de la IG, tal como lo conocemos hoy, se introdujo en la agenda Geomática internacional en 1982 cuando comenzaron los primeros estudios bajo los auspicios del *American Congress on Surveying and Mapping*. Se creó una propuesta de estándar (Moellering, 1987) que se refería a la idoneidad para el uso, informes de calidad y cinco categorías de elementos de calidad (linaje, exactitud posicional, exactitud de los atributos, coherencia lógica y compleción). Es relevante indicar que todavía estamos trabajando con estos elementos de calidad interna y con perspectiva de productor casi sin cambios. Desde entonces, la calidad de la IG está vinculada en gran medida a la evolución de los estándares que establecen los modelos a aplicar. Ya en la década de los 90, la Asociación Cartográfica Internacional promovió el manual titulado *Elements of Spatial Data Quality* (Guptill & Morrison, 1995) que podemos considerar como el catalizador de una mayor preocupación internacional con

respecto a este tema en los campos universitarios y de investigación. En 1992 se dispuso del primer estándar que consideraba la calidad de los datos geoespaciales: el *Digital Geographic Exchange Standard* (DIGEST); que algo modificado fue adoptado como *Federal Information Processing Standard* 173 en EEUU. Después, en 1998 llegó la norma experimental europea sobre calidad de datos geoespaciales y, algo más tarde, las normas internacionales ISO 19113:2002, ISO 19114:2003 e ISO/TS 19138:2006 que cubrían el modelo, los procedimientos de evaluación y las medidas de la calidad, respectivamente. Ya en 2013 estas normas se revisaron y fundieron dando lugar a la actualmente en vigor ISO 19157:2013. Hoy en día nos encontramos en fase de revisión de esta norma internacional. Por tanto, se dispone de un marco conceptual sólido y de bastantes años de aplicación, lo que nos permite conocer tanto sus fortalezas como debilidades. En este sentido una de las principales fortalezas del marco es su propia existencia como marco específico, pues no existen otros marcos para otros tipos de datos. No obstante, esta fortaleza se convierte en una debilidad si no es capaz de evolucionar para incorporar nuevas tipologías de datos (p.ej. datos BIM, datos enlazados, etc.) y hacerse más genérico y amplio para dar satisfacción a un mundo cada vez más datificado. Otra debilidad importante es que está casi exclusivamente centrado en una perspectiva de productor, olvidando la adecuación al uso. Además, presenta notables limitaciones para su implementación a nivel de instancias y para el aseguramiento de la trazabilidad y derivación de la calidad en integración de distintas fuentes de datos. Esperamos que muchas de estas limitaciones sean superadas con la revisión que está actualmente en marcha.

Además del marco conceptual, también es importante analizar qué es lo que ha ocurrido con su aplicación y qué ocurre en la comunidad. Vayamos por partes. En relación a la aplicación, consideramos que no se ha implementado masivamente por los productores de datos. Por ejemplo, los contenidos relativos a la calidad de los productos en las especificaciones de productos de datos y los metadatos son incompletos, mal formulados

o inexistentes, todo ello fiel reflejo de un bajo nivel de conocimiento y aplicación. Todo ello se debe, probablemente, a varias razones; por un lado, el marco no es sencillo de entender ni de aplicar, se requiere inversión y estabilidad, y sólo los productores más avanzados del mundo lo implementan. Consideramos que hay una gran inmadurez en todo lo relativo a la calidad de datos, tanto por parte de los productores (calidad interna), como de los usuarios (calidad externa). En muchas agencias cartográficas se produce como se puede, y se ofrecen productos con un enfoque de «tómalo como es», lo cual coincide con lo que realizan exitosos proveedores no oficiales (p.ej. *Google Earth*, *Open Street Map*, etc.), donde esta situación se equilibra con una gran usabilidad y calidad de servicio y, a veces, apertura y cobertura global. Además, las herramientas de producción no tienen en cuenta los aspectos de la calidad de los datos en sus flujos y procesos.

En relación a la comunidad, es tal vez donde mayores avances han tenido lugar. Existe una comunidad de interesados que abarca profesionales, docentes e investigadores, y que ha sabido establecer asociaciones y congresos específicos, así como generar notables avances en conocimientos estadísticos y de otra índole aplicados al campo de la calidad de datos (p.ej. comunicación visual, los aspectos semánticos que deben tenerse en cuenta, etc.), destacando de una manera relevante su inclusión en los productos derivados de la observación de la Tierra. Sin embargo, un aspecto no suficientemente tratado ha sido la adecuación al uso (calidad externa, calidad funcional o usabilidad). Es muy positivo que la calidad de los datos se han introducido en programas docentes universitarios y en los requisitos de contratación de personal y oposiciones. Además, en lengua española se dispone de bastantes recursos (manuales, guías, cursos cortos, maestrías, etc.) procedentes de la Universidad de Jaén, uno de los focos más activos en la difusión de esta temática, y que posee una perspectiva diferenciada de aplicación al mundo profesional y de los productores oficiales.

En la actualidad, un reto inmediato es conseguir un modelo general adecuado para la gran diversidad de tipologías de datos que incorporan geolocalización (p.ej. Big Data, datos BIM, datos enlazados, datos estadísticos, datos generados por voluntarios, datos de IoT, etc.), tal permita la gestión de la calidad a lo largo del tiempo, e integración de datos y de procesos (trazabilidad). Todo ello muy importante para permitir el despliegue completo de los territorios inteligentes, los vehículos sin conductor, etc. Además, otro reto fundamental es conseguir que la calidad llegue de manera efectiva a las organizaciones productoras, profesionales, usuarios y

herramientas. Modelos de madurez y comparativas (*benchmarks*) extendidas a productores, productos de datos y herramientas, así como la certificación de profesionales y productos podrían ayudar a mejorar en esta línea.

Como indicaban Devillers y col. (2010), la calidad de los datos geoespaciales solo se convertirá en un tema crítico si existe un incentivo económico o legal significativo para que la industria y los gobiernos vayan en esta dirección. Consideramos que la economía datos (Wikipedia, 2020) va a propiciar cambios positivos en esta línea.

REFERENCIAS

- Devillers R, Stein A, Bédard Y, Chrisman N, Fisher P, Shi W. (2010). Thirty Years of Research on Spatial Data Quality: Achievements, Failures, and Opportunities. *TGIS*, Vol 14(4): 387-400
- Guptill, S.C.; Morrison, J.L. (1995). *Elements of Spatial Data Quality*. Pergamon Press
- Maling D 1989 *Measurements from Maps: Principles and Methods of Cartometry*. Oxford,
- Moellering, H. (1987). A draft proposed standard for digital cartographic data. National Committee for Digital Cartographic Data Standards. <https://doi.org/10.3133/ofr87308>
- Wikipedia (2020). Data economy. https://en.wikipedia.org/wiki/Data_economy



Año 2020. Crisis del Covid-19. La geografía sigue siendo tan esencial como invisible en muchos ámbitos de la sociedad. El mundo ha cambiado y la geografía con él. De repente, los mapas lo invaden todo como forma de intentar ver qué sucede, alimentados por datos geolocalizados por todo el planeta. La geografía adquiere una importancia enorme, aunque siempre ha estado ahí, es ahora cuando aparece en los medios y es que, uno de los principales problemas de esta ciencia ha sido ese, aparecer, tener visibilidad, lo que implica reconocimiento: lo que no se comunica no existe.

LA GEOGRAFÍA EN EL FINAL DE UNA ERA: AÑO 1990

Hace 30 años comenzaba a perfilar lo que quería estudiar en la Universidad y valoraba muy seriamente la geografía, tras pensar también en filosofía y sociología. Al final me decanté por la geografía y fue una gran decisión, ya que, años después, se convirtió en mi profesión y en mi pasión. Cuando acabé la carrera, me dijeron que muy pocos podían trabajar profesionalmente como geógrafos más allá de la educación en cualquier de sus vertientes, pero nunca he dejado de hacerlo. Entonces el mundo estaba lleno de ordenadores personales, los móviles comenzaban a aparecer en escena, la tecnología ya estaba en la empresa y se imponía cada vez más en los hogares y en las personas. La formación seguía siendo muy similar a la del siglo pasado, con clases presenciales y conferencias magistrales. No había demasiados turistas en nuestras ciudades y los estudiantes erasmus comenzaban a verse con más asiduidad. La geografía profesional luchaba por hacerse un hueco en la sociedad poco a poco, conscientes de que constituíamos una masa crítica muy pequeña, pero uniéndonos para defender nuestros derechos y comunicar nuestras aportaciones a la sociedad.

LA GEOGRAFÍA AL COMIENZO UNA NUEVA ERA: AÑO 2000

Hace 20 años, ya llevaba unos años ejerciendo de geógrafo profesional y como activista en el recién creado Colegio Profesional de Geógrafos con mi número 0147. Tras superar el supuesto apocalipsis informático del año 2000 que nunca llegó, entrábamos de lleno en una nueva era, con Internet como líder de la «Era de la Información» y enarbolando la bandera de las Nuevas Tecnologías en este nuevo campo de juego de aldea global. Desde entonces, las cosas han sucedido con gran celeridad, tras el Internet de las páginas web, unidireccional (web 1.0.), llegó el de los blogs y las redes sociales (web 2.0.), bidireccional y conversacional, hasta llegar al de la inteligencia artificial (¿web 3.0.?), automatizado y conectado. Fue el comienzo de una era de Internet que ha tenido y tendrá un impacto profundo en la historia de la humanidad y donde la geotecnología se convertirá en una de las industrias más potentes del mundo. Hay que tener claro que estamos al comienzo de esta era y las generaciones futuras dispondrán de la suficiente perspectiva histórica como para valorar dicho impacto.

LA GEOGRAFÍA EN RED: AÑO 2010

Hace 10 años empecé a aparecer por las redes sociales, abrí un perfil de Twitter, un blog y comencé a desarrollar lo que sería mi marca personal, siempre con la geografía como bandera y realizando una labor divulgativa y comunicativa que me ha permitido acercarme y conversar con cientos de geógrafos del planeta, incorporando términos como geocomunicación, geografía informal y emprendedurismo. Estos diez últimos años he combinado mi labor como profesor asociado en la Universitat de València (que finalizó el pasado 2019) con la de consultor con diversos proyectos propios (actual-

mente en Play&go experience). Eso me ha hecho tener cierta equidistancia entre ambos mundos: aportar a la empresa el método científico, tan necesario, de la Universidad y, a ésta, el pragmatismo y marketing de la empresa privada aunque, he de reconocer, que es complejo nadar entre dos mundos en ocasiones tan separados por barreras invisibles.

LA GEOGRAFÍA EN EL CONTEXTO ACTUAL: AÑO 2020

Visto con la distancia que ofrece el presente, durante estos 30 años la geografía informal y la neogeografía (social) han avanzado enormemente como un complemento a la geografía académica y científica y, ambas, han evolucionado de forma divergente. La geografía sigue siendo una ciencia, pero depende desde dónde se analice su grado de evolución o disrupción es distinto. El problema no es que en la Universidad no se den contenidos aplicados al mundo empresarial, ni que en la empresa se usen metodologías poco científicas, no es que la gente siga más los blogs que los artículos científicos, no es que Google indexe más que la más grande de las revistas, sino que no haya un análisis conjunto de todo ello. La vida es poliédrica, con muchas caras, visiones y percepciones y, por tanto, para acercarnos a la realidad e intentar objetivarla lo más posible, hemos de integrar todas las visiones porque ninguna es la correcta y todas lo son integradas y complementadas. Al mismo tiempo, las profesiones se están desdibujando y la transversalidad en las ciencias es más necesaria que nunca: hoy en día un mapa lo hace igualmente un geomático o topógrafo, que un geógrafo, pero también un biólogo, un arquitecto, un periodista o una ciudadano con inquietudes. La riqueza viene dada por la integración de las Ciencias de la Tierra sin importar tanto etiquetas profesionales como hechos funcionales, no importa tanto el ideal como el hacer, como se suele decir: no existe la profesión del futuro, sino el profesional del futuro.

LA GEOGRAFÍA DEL FUTURO: AÑO 2050

¿Y dentro de 30 años?. Si hoy en día el mundo no se parece mucho al de hace treinta años en muchos aspectos, el mundo de dentro de otros tantos años será muy distinto, ya que los cambios se aceleran de forma geométrica, multiplicados de forma exponencial

e impactando de lleno en la sociedad. Estamos a las puertas de la 5ª Revolución Industrial y en plena Crisis del Covid-19, que marcará un antes y un después en la historia de la humanidad y en el que los datos se han afianzado como la nueva energía que mueve el mundo, si se me permite el símil ni se crean ni se destruyen, sólo se transforman y todo se convierte en datos: somos los datos que generamos.

Recientemente se ha publicado una conferencia que di en el TEDxUPValència en la que, precisamente, me preguntaba «¿La geografía del futuro depende de la tecnología?». Y en ésta me planteaba que, si queremos saber cómo será el futuro de la geografía, debíamos imaginar cómo sería la geografía del futuro. Para ello exploraba 10 tecnologías: datos geolocalizados, localización Inteligente, Inteligencia Artificial, blockchain, Internet de las Cosas, 5G, realidad aumentada, realidad virtual, robots, chatbots. La respuesta a la pregunta de cuál será la geografía del futuro que daba es que la base de la geografía sigue siendo la misma: los ríos, las montañas y los países, nuestro querido planeta tierra, pero el futuro de la geografía dependerá del equilibrio entre lo físico y lo digital, entre personas y robots, entre emociones y algoritmos.

Me gustaría acabar esta reflexión precisamente con la frase que cerraba mi conferencia y que resume muy bien la evolución de mi querida profesión: la tecnología dice que estamos hechos de bits, pero la geografía nos dice que estamos hechos de lugares.



Revisión histórica y perspectivas de futuro de la Teledetección: desde el ERTS hasta los Sentinels

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 30-32
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Emilio Chuvieco

Grupo de Investigación en Teledetección Ambiental, Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Alcalá.

El afán de remontar la limitada perspectiva de la visión humana es evidente ya desde los inicios de la aeronáutica y jugó un destacado papel en la investigación espacial. Junto a los aspectos estratégicos de esa observación, pronto se comprobó su enorme utilidad para mejorar nuestro conocimiento del planeta y del uso que hacemos de sus recursos. Desde las primitivas cámaras instaladas sobre globos, hasta los equipos de aerofotografía y finalmente los sensores óptico-electrónicos instalados sobre satélites, la observación de la Tierra ha experimentado un enorme desarrollo en el último siglo, y muy particularmente en las últimas dos décadas. Resumir esa trayectoria en unas pocas líneas es tarea complicada, que intentaré abordar ante el amable requerimiento de quienes promueven este número monográfico de la revista *Mapping*. En medio de esta situación tan anómala, producida por el impacto en nuestras actividades cotidianas del COVID-19, reflexionar sobre las contribuciones pasadas y las previsibles de la teledetección puede ser una pequeña aportación a estimular nuestra respuesta ante un reto tan inesperado. Ciertamente no es una tarea sencilla, pero creo que no podemos perder de vista nuestra capacidad de sobreponernos a situaciones críticas. También ésta, además de un problema es una oportunidad. Una oportunidad para repensar nuestro modelo de desarrollo, basándolo en la mejor información de que dispongamos, en una visión holística que considere todas las facetas en beneficio del conjunto de los seres humanos y de las demás formas de vida que nos acompañan en esta Casa común. La teledetección nos ayudará a conocer mejor los problemas ambientales, pero la solución a los mismos dependerá de nuestra capacidad para superar nuestros egoísmos, de reforzar nuestra conciencia de que somos seres sociales, dependientes de los demás seres humanos, y parte del ecosistema que nos acoge y al que tenemos necesariamente que adaptarnos.

MISIONES DE TELEDETECCIÓN DESDE 1970 HASTA 2020

La teledetección es una técnica aplicada, y como tal muy dependiente del estado de desarrollo tecnológico

existente en cada momento. Por cuanto conjuga aspectos muy variados —óptica y detectores del sensor, plataforma que lo sustenta, sistemas de transmisión, equipos de tratamiento, etc.—, las formas de teledetección han variado ostensiblemente en las últimas décadas (Chuvieco, 2020).

Sin entrar ahora en la aerofotografía, que ha sido el medio más común de teledetección, la decisión del presidente Eisenhower a fines de los años 50 de promover el desarrollo de un sistema de reconocimiento militar basado en satélites fue el principal prolegómeno de la teledetección espacial. Al lanzamiento de esas primeras misiones de espionaje (CORONA KH, ARGON, LANYARD, GAMBIT, entre otras), siguieron los primeros proyectos orientados a la observación de recursos naturales, comenzando por las fotografías adquiridas por los astronautas de las misiones GEMINI y Apollo. Esos desarrollos condujeron al lanzamiento del ERTS (*Earth Resources Technology Satellite*) en julio de 1972. Este proyecto, bautizado Landsat con la puesta en órbita del segundo satélite en 1975, resulta el más fructífero hasta el momento para aplicaciones civiles de la teledetección, con una serie que ha venido funcionando ininterrumpidamente desde entonces. A la serie Landsat siguieron otras misiones de la NASA (Skylab, Seasat o HCMM) y de otras agencias espaciales, como la franco-belga con la serie SPOT, la japonesa (MOS, JERS), india (IRS) o europea (ERS-1, Envisat). A esta lista se han ido añadiendo otras a fines del pasado siglo o inicios de éste, incluyendo las de Canadá, Brasil, Argentina, China, Corea del Sur, o Israel. En 2018, España se unió a la lista de países con satélites propios de teledetección con el lanzamiento del Paz, que gestiona el Ministerio de Defensa. Además, nuestro país participa como socio de cierto peso en la Agencia Espacial Europea, que ha desarrollado recientemente el programa más ambicioso de observación terrestre en el marco de la iniciativa Copernicus (<https://www.copernicus.eu/es>). Es programa de la Comisión Europea ha desarrollado, junto a la ESA y EUMETSAT, seis familias de satélites (Sentinel-1 a 6), orientados a complementarse mutuamente para generar una información detallada sobre las condiciones ambientales del planeta. Cada uno de ellos está formado por dos satélites funcionando simultáneamente en órbitas complementarias, con otros dos de reemplazo, lo que garantiza la continuidad de la misión hasta 2030. Todos

los datos adquiridos por las misiones Sentinels son de libre descarga. Se han desarrollado además una serie de servicios Copernicus basados en los datos adquiridos por las misiones Sentinel y otros satélites civiles, incluyendo servicios de cambio climático, atmósfera, tierra, océano, seguridad y emergencias.

En el otro lado del atlántico las misiones siguen siendo más puntuales, en parte como consecuencia de las derivas políticas en EE.UU. sobre la relevancia de las cuestiones ambientales. NASA mantiene el programa Landsat-8, del que existe continuidad garantizada, transfiriendo la gestión al USGS. La NOAA ha incorporado en sus últimas misiones de observación meteorológica polar (JPPS y NOAA-20) un sensor similar al MODIS (activo en los satélites Terra y Aqua desde 1999 y 2001), que ha dado magníficos resultados en la observación del cambio global, lo que garantiza la continuidad de estos datos de media resolución (250-1000 m). Además, se han lanzado varias misiones científicas para detectar parámetros relevantes de la atmósfera (OCO, Calipso, GMP, Aura, Cloudsat...).

Los satélites geostacionarios también han experimentado un gran desarrollo en los últimos años, tanto en Europa (Meteosat de segunda generación), como en USA (GOES-16) y Japón (Himawari). Se están mejorando mucho tanto la resolución espacial (llegando a 1 km en algunas bandas) y la espectral (12 canales en el MSG).

En 1999 se lanzó el primer satélite comercial de observación de la Tierra, que ahora constituye un sector de gran dinamismo, con múltiples misiones. La mayor parte de las misiones comerciales se han orientado hacia sensores de muy alta resolución, que abren nuevos campos de aplicación para la teledetección espacial (gestión de emergencias, medios de comunicación, sector inmobiliario, infraestructuras, o seguros). Después de varias fusiones y adquisiciones en las compañías implicadas, en este momento los proyectos más extendidos son las que lideran la empresa estadounidense Planet Labs, que posee 120 satélites con sensores de alta resolución (entre 40cm y 5 m) y la francesa Pleiades, que retiene los satélites de mayor resolución de la familia SPOT y añade otros de diseño propio.

PRINCIPALES LÍNEAS DE DESARROLLO

Como consecuencia del gran desarrollo de las plataformas y sensores de teledetección, el tipo y calidad de los datos generados y el rango de aplicaciones no ha hecho más que incrementarse en los últimos años. La creciente potencia de cálculo de los sistemas informáticos, incluyendo la computación compartida, permite también

acceder a servicios que hasta hace pocos años eran poco menos que ciencia ficción. Entre las líneas de desarrollo que me parecen más destacables citaré:

- Tratamiento más automatizado, gracias a la mayor estabilidad de las plataformas y a la complementariedad entre los sensores, ahora pueden abordarse correcciones geométricas y radiométricas de modo casi automático, lo que permite desarrollar aplicaciones temáticas con mayor consistencia y fiabilidad.
- Sinergia entre sensores. El trabajo complementario entre distintas técnicas de teledetección es muy común actualmente. Integrar sensores activos (radar o lidar) y pasivos (espectro-radiómetros) para completar las carencias de información de unos y otros es de gran importancia para obtener productos más robustos. Por ejemplo, los sistemas radar complementan a los ópticos en áreas de frecuente nubosidad, mientras los lidar permiten obtener información tridimensional que facilita una estimación más atinada de la dinámica vegetal o la morfología urbana.
- Observación multibanda. Adquirir información en los sensores complementarios de la misma misión permite mejorar la fiabilidad de las estimaciones. Por ejemplo, incorporar una banda en la región de absorción del vapor de agua permite mejorar las correcciones atmosféricas, mientras el contraste entre temperaturas en el infrarrojo medio y en el térmico permite diferenciar focos de calor del «fondo».
- Observación multiescala. En los últimos años se han desarrollado distintas técnicas para mezclar imágenes de distintas resoluciones, facilitando el escalado de distintos fenómenos. Por ejemplo, la observación de la densidad vegetal con imágenes Sentinel-2 MSI (10 m) pueden extenderse a sensores de resolución más baja (Sentinel-3 OLCI, 300 m) para extender análisis locales a escalas regionales y globales.



- Series temporales. La creciente disponibilidad (y gratuidad) de las imágenes de resolución media-alta (Landsat-8 y Sentinel-2) permite realizar estudios que requieren una gran frecuencia a niveles de detalle antes impensables. Un ejemplo claro es el seguimiento de cosechas, antes solo disponible para grandes superficies, que ahora puede ajustarse a ámbitos de detalle.
- Énfasis en validación y análisis de la incertidumbre. Cada vez es más evidente la necesidad de evaluar rigurosamente la fiabilidad de cualquier producto de teledetección. En los últimos años se han desarrollado distintos estudios que desarrollan métodos estándar para realizar estas tareas. Se requiere una selección estadística de las muestras, la generación de matrices de confusión y el cálculo de métricas que estimen si la fiabilidad obtenida está dentro de los márgenes de confianza de la requerida.

Se trata solo de algunos de los desarrollos más recientes. Seguramente el inmediato futuro nos deparará muchos otros desarrollos, en mi opinión a través de la mayor

integración de distintos sensores y de información digital disponible a través de otras fuentes. Creo que veremos una transición desde los métodos de extracción de información a los que pongan más énfasis en el análisis de esa información, sobre todo hacia el desarrollo de servicios operativos. Esto será posible porque la teledetección se convierta en un método de observación estable, garantizada a medio plazo. Los servicios Copernicus son solo un ejemplo de los que pueden proponerse en el próximo futuro, desde la predicción meteorológica hasta la agricultura de precisión, el inventario forestal, los servicios urbanos o la gestión de emergencias.

REFERENCIAS

- Chuvieco, E. (2020). *Fundamentals of Satellite Remote Sensing: An Environmental Approach*. 3rd Ed. Boca Raton (FL): CRC Press.
- Lizundia-Loiola, J., Otón, G., Ramo, R. y Chuvieco, E. (2020). A spatio-temporal active-fire clustering approach for global burned area mapping at 250 m from MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, 236, 111493.

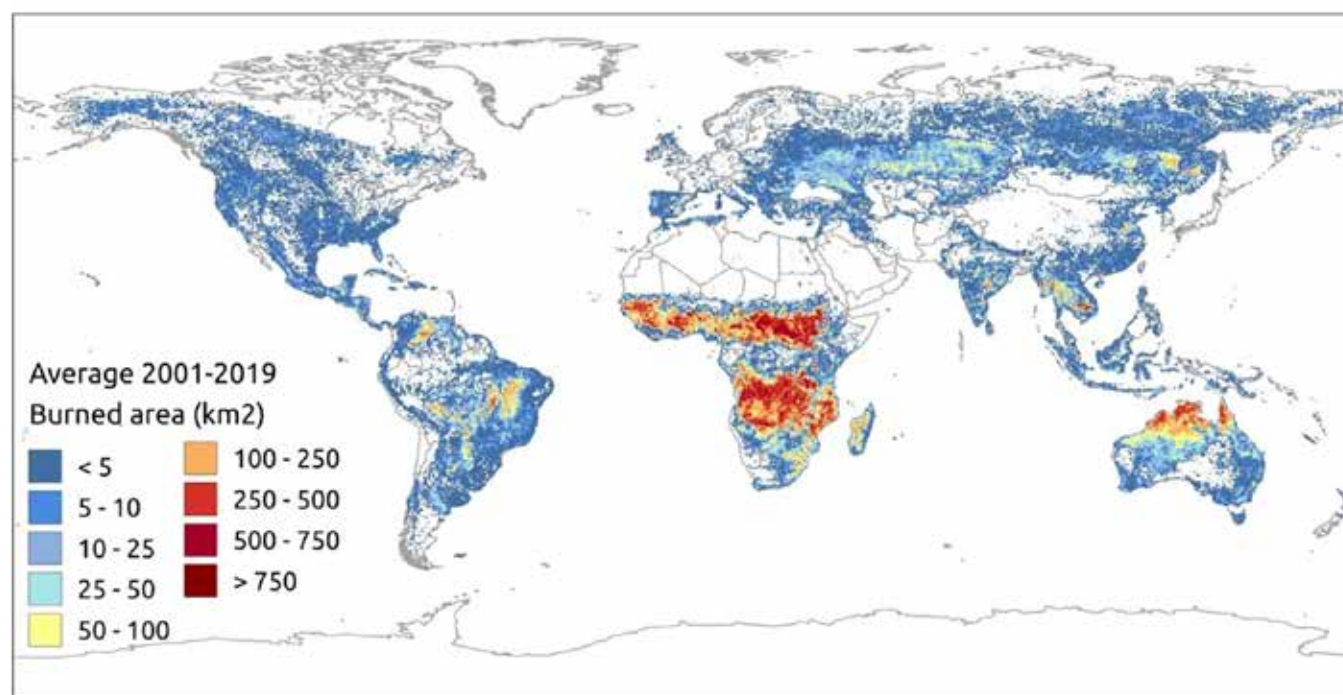


Fig. 1: Promedio anual de área quemada en el periodo 2001-2019 a partir de imágenes de sensor Terra-MODIS (250m): Lizundia-Loiola et al., 2020



Historia de la cartografía. ¿De dónde venimos, dónde estamos, vamos a algún sitio?

Antonio Crespo Sanz

Ingeniero Técnico en Topografía y Dr. en Geografía. Investigador independiente

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 34-35
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Los niños habían de recordar por el resto de su vida la augusta solemnidad con que su padre se sentó a la cabecera de la mesa, temblando de fiebre, devastado por la prolongada vigilia y por el encono de su imaginación, y les reveló su descubrimiento.

–La tierra es redonda como una naranja–

Úrsula perdió la paciencia. «Si has de volverte loco, vuélvete tú solo –gritó– pero no trates de inculcar a los niños tus ideas de gitano».

G. García Márquez. Cien años de Soledad (1967)

La **historia de la cartografía** es la encargada de estudiar los mapas antiguos y aunque contemplarlos es motivo de agrado para todo el mundo, pocos son los que se dedican a investigar en esta disciplina. Se encuentra semiabandonada, su soporte teórico apenas es conocido y necesita revisar algunos conceptos obsoletos. Hace treinta años fue calificada como un territorio deshabitado (no-man's land), situado entre la cartografía, la geografía, la historia, la historia de la ciencia y otras disciplinas que se han ido incorporando progresivamente. Diez años después, Harley recurría a la biblia para resumir el estado del arte: «la viña es mucha y los obreros pocos». Las sagradas escrituras completaban su irónico mensaje con un consejo: «rogad pues al dueño de la viña que envíe más trabajadores» (Mt 9.37). En 2020 la situación sigue igual; el número de investigadores no puede ser más reducido y la nula rentabilidad que ofrece aleja a todos aquellos que se acercan con interés y hasta pasión. Los contados textos que ven la luz ofrecen nuevos enfoques y aportan temporalmente savia fresca al escaso elenco de investigadores, compuesto por un exquisito grupo adscrito a bibliotecas, universidades y organismos oficiales. A ellos se suman un puñado de entusiastas, fanáticos, jubilados y diletantes.

La historia de la cartografía ha evolucionado con los investigadores, quienes han ido incorporando las novedades tecnológicas que van apareciendo. Si antaño teníamos serias dificultades para localizar mapas y trabajábamos con tiñosas fotocopias ampliadas, hoy podemos consultar cientos de cartotecas digitales que publican en la red las reproducciones de numerosos

mapas, aunque queda trabajo pendiente. En muchos casos sería mejorable la catalogación y la resolución de los documentos, pero por un puñado de euros se adquieren copias digitales de la mejor calidad. Actualmente, las tareas de análisis son más sencillas gracias a las hojas de cálculo, los sistemas de información geográfica, los programas de dibujo asistido o de georreferenciación. Estos últimos están de moda y permiten dar coordenadas a los mapas antiguos para superponerlos sobre la cartografía actual, lo cual podría ser muy interesante para analizar las distorsiones de los viejos mapas. Sin embargo su actividad se reduce a tareas casi exclusivamente informáticas (desplazamientos y giros) que no contemplan el análisis cartográfico de los documentos. La georreferenciación masiva de documentos suele venir auspiciada por proyectos de investigación que terminan muertos de risa cuando se acaba el dinero de la subvención. Un caso singular es el de la British Library, que desde 2012 acepta la participación de «aficionados» para dar coordenadas a los viejos mapas. Su iniciativa fue seguida por algunas bibliotecas de forma que, mediante procesos colaborativos, han avanzado mucho más que otras instituciones oxidadas.

Los procesos colaborativos pueden ser fundamentales en el devenir de la historia de la cartografía. Significaría la incorporación de cientos de entusiastas a las tareas de exploración, en una viña donde siempre han faltado trabajadores. Estos benditos friquis, con formación y estudios variopintos, dedican su tiempo de ocio a escrutar mapas, textos, artículos, citas o documentos y suelen publicar los resultados de su esmerado trabajo en blogs o webs que en muchas ocasiones son tan rigu-

rosos como las más respetadas publicaciones tradicionales. Es cierto que en la red podemos encontrar terraplanistas camuflados, pero es sencillo descubrir quiénes son investigadores y quienes son impostores: solo hay que comprobar los enlaces de las referencias bibliográficas o de los documentos referidos. Bienvenidos amigos.

Hay muy pocas revistas dedicadas a la cartografía antigua, ninguna española. Este panorama se mantiene estable desde hace 30 años y no es probable que cambie a mejor. Algunas publicaciones nacionales incorporan artículos sobre historia de la cartografía, pero tengo la impresión de que cada vez son menos frecuentes. Suelen incluirse como textos de menor importancia o relleno, y son los primeros que sufren los ajustes de maquetación. *Imago Mundi*, la estrella de la historia de la cartografía, tarda en publicar un artículo entre tres y cuatro años, incluyendo los procesos de reescritura tras las correcciones propuestas. Colocar algo en una revista nacional «con impacto» puede llevar un año, pues están colapsadas por el gremio docente y su sistema de puntos. Los autores tenemos la posibilidad de colgar nuestros artículos ya publicados en internet a través de blogs, webs o redes sociales con motores de búsqueda (tales como Researchgate, Academia.edu, etc). Lo que en principio es fácil, se complica cuando las revistas se consideran propietarias del texto. De momento disponemos de un interesante fondo documental relacionado con la cartografía antigua y seguirá aumentando.

En lo que respecta a publicaciones internacionales cabe reseñar la evolución del proyecto “History of Cartography” que comenzó en 1987 y terminará en un par de años cuando vea la luz el tomo dedicado al siglo XIX. En los primeros volúmenes se recurría a expertos extranjeros para redactar los capítulos dedicados a España y el resultado de sus pesquisas quedó tremendamente obsoleto. A partir del siglo XVIII los encargos han recaído en investigadores españoles, quienes disponen de una información más actualizada y global de la historia de la cartografía de su país.

Durante el boom económico, cuando nos sobraba el dinero, empresas poderosas financiaban congresos en los que participaban expertos en historia de la cartografía, pagaban la publicación de las actas, libros y hasta tesis doctorales, pero tras la crisis de 2008 se acabó lo que se daba. Ahora es difícil imprimir un libro y menos si es de investigación. El mundo editorial también nos ofrece sorpresas y están apareciendo colecciones monográficas sobre mapas antiguos significativos. Algunas son resúmenes redactados por periodistas –bien documentados– que sin aportar nada nuevo, deleitan a los curiosos. Otras son refritos cartográficos cuya aburrida redacción –copiada de textos ya veteranos– poco ayuda a la divulgación. Mención

especial a los magníficos atlas geográficos y temáticos que se vienen publicando desde hace un decenio, con elaborados textos acompañando a unas imágenes que causan admiración entre profanos y expertos. Si estos proyectos editoriales ven la luz, quiere decir que hay un mercado interesado en los mapas viejos. Cada vez hay más exposiciones de cartografía antigua destinadas a lucir los fondos de archivos y bibliotecas públicos o privados, lo que nos ha permitido contemplar joyas que no habíamos visto nunca. A destacar las muestras y encuentros organizados por la Biblioteca Nacional de España. En la de 2017 pudimos contemplar mapas muy poco conocidos, entre ellos el confeccionado por los Jesuitas Martínez y de la Vega, aunque algunas cartelas no estaba a la altura de los documentos enseñados.

La universidad española no muestra interés por la historia de la cartografía, no hay equipos de investigación ni prosperan las asignaturas relacionadas con el tema. Tampoco se esmeran mucho los organismos cartográficos oficiales, que se limitan a exposiciones oportunistas de sus archivos sin coordinar equipos de investigación ni atender a los debates epistemológicos que van surgiendo: ¿es lo mismo un mapa antiguo que un mapa histórico?, ¿cuándo se puede considerar que un mapa es antiguo?, etc. Sin nadie que afronte una revisión de los conceptos básicos y que coordine a los investigadores, esta disciplina desaparecerá del mapa. Cabe esperar que aplicando procesos similares a los de la cartografía colaborativa se mantendrá el interés por la historia de la cartografía.



Las tecnologías geomáticas en la investigación en ciencias humanas y sociales: Las humanidades espaciales

Isabel del Bosque González

Jefa de la unidad de SIG y Humanidades Digitales (SIGyHD)
Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CCHS).
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 36-37
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Cada vez son más numerosos los investigadores de humanidades, de distintas disciplinas, que son claramente conscientes de la importancia de la construcción social, cultural y política del territorio y la conveniencia de introducir la variable geográfica (o espacial) en los diferentes enfoques de la investigación científica.

El territorio, no es solo un escenario donde se producen los acontecimientos históricos, sino que también es un factor determinante en los cambios. Es el medio para el desarrollo de la vida, las actividades humanas y para la cultura; el lugar dónde se dan esas historias, tanto individuales como colectivas, de las que se encargan las ciencias humanas y sociales.

Vivimos en un mundo físico y utilizamos conceptos geográficos para movernos. Pero esta dimensión envolvente del espacio, no es la que más les importa a los humanistas. Estos persiguen no tanto el dónde y el qué, sino el cómo, el cuándo y el por qué, y el espacio geográfico les ofrece una manera de entender fundamentalmente cómo se estructura nuestro mundo, facilitando el marco intelectual para el estudio de las relaciones humanas y sociales en el presente y el pasado.

Esta visión compleja y culturalmente relativista del espacio, puesta de manifiesto por algunos académicos como el historiador David Bodenhamer de la Universidad de Indiana, ha favorecido la perspectiva geográfica entre los estudiosos de las humanidades: «Vemos el espacio como la plataforma para la multiplicidad, un ámbito donde todas las perspectivas son particulares y dependen de experiencias únicas de un individuo, una comunidad o un período de tiempo» (Bodenhamer, 2010).

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Las aplicaciones de las tecnologías de Información Geográfica en Humanidades datan de finales de los años 70.

Los arqueólogos implementaron de una forma muy temprana las tecnologías geomáticas, fundamentalmente los SIG, pero también el GPS, la fotogrametría o la teledetección; y más recientemente, las imágenes con drones y el LiDAR. Esto ha sido debido, en gran medida, porque proporcionan un conjunto de herramientas muy útiles para gestionar una ingente cantidad de datos, así como para el estudio de los distintos

hábitats humanos o los objetos arqueológicos, que poseen una clara referencia espacial y que son fundamentales para interpretar el pasado.

Los historiadores, y otros humanistas, se han ido incorporando más tarde a la tecnología geo-TIC, utilizándolas fundamentalmente para el manejo y el estudio cuantitativo de conjuntos de datos georreferenciados, como los censos históricos.

A principios de los años 2000, surge un movimiento intelectual que pone el foco en la centralidad del «lugar y el espacio» dentro de los estudios académicos y de investigación en las ciencias sociales y humanidades. Se produce, lo que se ha denominado el «giro espacial» (spatial turn), término acuñado por el profesor de historia David N. Livingstone, de la Universidad de Queen de Irlanda del Norte, a raíz de la publicación de su obra "Putting Science in its Place, Geographies of Scientific Knowledge" (2003).

Este movimiento, estrechamente relacionado con la incorporación de los estudios geocuantitativos por parte de los historiadores, se ha extendido a todas las disciplinas humanísticas, desde la literatura a la antropología, pasando por la demografía, los estudios medievales o la historia del arte. Buena prueba de ello, es el gran número de proyectos que se están llevando a cabo en el Centro de Ciencias Humanas y Sociales, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), apoyados en la tecnología de la georreferenciación.

SITUACIÓN ACTUAL

Las Humanidades Digitales (HD) implican la aplicación de las TIC para explorar problemas, plantear nuevas preguntas, visibilizar distintas conexiones, sensibilidades, etc., en las disciplinas de humanidades, de tal modo que se ha configurado un nuevo espacio de conocimiento en el ámbito de la investigación, la docencia y la transferencia. Cuando introducimos una nueva variable, la dimensión «espacial» además de la «temporal», hablamos de Humanidades Digitales Espaciales o simplemente Humanidades Espaciales (Spatial Humanities).

Las humanidades espaciales son, por tanto, un nuevo campo interdisciplinar que va más allá de los SIG. Son el resultado de la imbricación de la Geomática con las Humanidades, con un enfoque espacial y cuantitativo.

Hemos pasado de ver la tecnología como una herramienta para la investigación, a generar una colaboración entre iguales, en la que la investigación en humanidades está transformando sus objetos de estudio a través de las nuevas tecnologías digitales, y la tecnología se adapta a las necesidades de los humanistas.

De esta forma, las humanidades van abandonando su carácter individualista tradicional para convertirse en un trabajo en equipo, con la asunción de estándares híbridos, metodologías replicables, datos y procesos estructurados, documentados y descubribles, de acceso abierto y reutilizables. Este carácter interoperable permite producir resultados científicos y tecnológicos innovadores, cambiando el modo de investigar y desarrollando nuevas herramientas digitales para avanzar en la generación del conocimiento en estas disciplinas.

Enmarcadas por las nuevas perspectivas derivadas de la ciencia de la información geográfica, algunas de las más destacadas innovaciones se están produciendo en el entorno de la modelización de datos, geoetiquetado de textos y mapeado de narrativas, big data y data mining, análisis espacial y textual, webmapping, visualizaciones dinámicas, generación de gazetteers históricos, web geo-semántica o datos abiertos enlazados.

Por otro lado, las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) han sido pioneras y han abierto camino en otros campos colaterales, como es el de la investigación científica, con una misma filosofía replicable, ahora dentro de la ciencia: es el movimiento de la apertura de datos. Este objetivo es todavía uno de los retos dentro de las humanidades espaciales, pero empuja a practicar la «Ciencia Abierta».

Con el objetivo de desarrollar esta filosofía, la Comisión Europea requiere, desde el 2017, que todos los proyectos financiados con fondos europeos, garanticen el acceso libre a los datos de investigación bajo los Principios FAIR (acrónimo de Findable, Accessible, Interoperable y Reusable)

Los principios FAIR para investigación científica, cuyo lema es: «tan abierto como sea posible, tan cerrado como sea necesario», ya son un mandato institucional en algunas organizaciones como en el CSIC. Estos se basan en los mismos principios INSPIRE para datos espaciales y consisten en un conjunto de cualidades para conseguir que los datos científicos sean:

1. Encontrables: asignando un identificador único y persistente, describiendo los datos con metadatos, incluyendo el identificador asignado e indexándolos en un recurso de búsqueda.
2. Accesibles: utilizando protocolos estandarizados de comunicación que sean abiertos y gratuitos.
3. Interoperables: los metadatos deben utilizar formatos, lenguajes y vocabularios estandarizados y contener enlaces a información relacionada mediante identificadores.
4. Reutilizables: asignando metadatos con atributos que proporcionen información contextual y sobre su proce-

dencia. Deben utilizar una licencia abierta y legible por ordenador y estándares normalizados.

PERSPECTIVAS FUTURAS

El ritmo acelerado de los avances tecnológico-científicos, fundamentalmente de los últimos diez años, hace que resulte muy complicado prever a medio y largo plazo.

Lo que sí resulta evidente es que ciencia y tecnología van más de la mano que nunca, y en este sentido, las tecnologías geomáticas deben de ser capaces de reinventarse constantemente y cubrir las necesidades de las disciplinas de investigación científica, también de las Ciencias Humanas y Sociales, con un enfoque postmoderno y post-estructural.

En este campo, las tecnologías geomáticas presentan un futuro prometedor combinadas con la inteligencia artificial. Adoptando criterios multimodales (imágenes, sonido, visión o tacto) en la creación, por ejemplo, de modelos inmersivos de realidad virtual, realidad aumentada o las técnicas 4D (donde el tiempo no sea un atributo de la información temática, sino una dimensión en si misma).

Las geo-TIC, tendrán también futuro en el camino iniciado para la creación de narrativas espaciales, minería y mapeado de textos, geoparsing, redes espacio-temporales, etc. Creación de API a demanda de los investigadores, desarrollos webmapping, mashups, etc.

Pero donde la tecnología geomática presentará, a mi entender, un mayor desarrollo será en el campo de la visualización geospacial de los datos, con el desarrollo de técnicas dinámicas, interactivas y multimodales, como procesos de interpretación y acercamiento de los resultados de la investigación científica a los ciudadanos.



Venimos del mundo del papel, vivimos perdidos en un océano de datos y navegamos hacia la tierra de las geo-comunidades. Esta crónica sobre los datos espaciales resume de manera muy personal el viaje de transformación digital en el que estamos inmersos y del quiero destacar cuatro desafíos que condicionan nuestro futuro más cercano: la industrialización del dato espacial, la movilización del conocimiento tácito, el impulso de la geo-comunicación y la creación de geo-comunidades. Desde luego no son los únicos retos, pero las decisiones que se adopten van a condicionar quiénes encabezarán las clasificaciones internacionales de economía digital.

LA INDUSTRIALIZACIÓN DEL DATO RESULTA IMPRESCINDIBLE PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

La transformación digital nos dirige a la industrialización de la toma de decisiones informadas por datos espaciales. Este proceso requiere de la puesta en funcionamiento de fábricas de datos que convierten observaciones en información y conocimiento, mediante una cadena de algoritmos que añaden valor económico al dato. La imagen de «fábrica de datos geográficos» evoca la visión de herramienta tecnológica y organizativa, de solución que permite adquirir inteligencia artificial o disponer de cerebros tecnológicos a organizaciones y personas. Pero la aproximación es incompleta porque ofrece una visión de instrumento que equivale a simplificar la revolución industrial centrándola exclusivamente en la máquina, sea esta (por poner algunos ejemplos) un barco, un tren o una bombilla sin considerar todos los factores que dieron lugar a su origen y desarrollo, ni las consecuencias que el transporte marítimo, ferroviario o la electrificación desencadenaron en la sociedad, educación y economía. Si se quiere ganar perspectiva y un cierto control sobre el futuro, se debe enmarcar la aparición y consolidación de las factorías de datos en un fenómeno más amplio de industrialización. El tiempo dirá, y

lo hará a gran velocidad, si la crónica de la industrialización del geo-dato matiza las líneas maestras de lo que ha sucedido en la historia de la industria manufacturera en los últimos doscientos años.

La puesta en funcionamiento de las fábricas de datos lleva pareja profundos cambios en las organizaciones que retan las habilidades de liderazgo de los equipos directivos y técnicos. El primer obstáculo que se debe superar es la mentalidad clásica de proyecto o de inversión económica, sustituyéndola por el concepto de línea de montaje. Además, se debe derrotar la falsa percepción de sencillez que provoca la «magia del botón» sin olvidar que detrás existe una maquinaria o unos operarios, como ocurre en toda factoría. También se debe desterrar la idea de que los datos ya existen y/o están listos para ser usados: tenemos que atender a su creación dado que, utilizando un símil, nos alimentamos de tornillos, pero necesitamos acero que cumpla con unas garantías de calidad y seguridad jurídica. En último lugar, debemos desterrar la visión finalista de la fábrica como un visualizador, sea un geo-portal o un cuadro de mando, e integrar la decisión como la salida del proceso productivo. Estos pasos construyen el camino para crear verdadero valor económico a partir de los datos. Competimos por recursos escasos por lo que demostrar el valor de las fábricas (de datos) es crítico para asegurar su desarrollo.

Estas «fábricas» las diseñan, construyen, mantienen y dirigen personas con nuevos roles o funciones profesionales. Estamos asistiendo a una paradoja dado que se necesita un talento que solo se puede conseguir con una proporción adecuada de especialistas y generalistas. El «profesional capaz de trabajar en todos los puestos» es una idea romántica que, además, ahorra costes, pero la realidad de la producción industrial superó hace tiempo esta forma de actuación.

La polémica envuelve a los nuevos roles profesionales. El mito de la equifinalidad de las titulaciones, el desconcierto por la oferta formativa, la preocupación por ajustarse a las necesidades del mercado laboral, aderezado por el desconocimiento de las operaciones que se llevan a cabo en las fábricas de datos y las certificaciones son algunos de los ingredientes que añaden profundidad a un debate alrededor de un tema que a menudo se simplifica en una cuestión corporativa y compe-

tencial de titulaciones universitarias, cuando la realidad nos enseña que el aprendizaje es a día de hoy permanente, formal e informal y sobretodo efímero. La gestión del conocimiento en las organizaciones es un activo al alza.

La gestión de las fábricas de datos necesita de los métodos de la ingeniería, respaldados por equipos directivos con una formación amplia que les permita disponer de un lenguaje común en distintas áreas para comprender y optimizar el funcionamiento de la fábrica y alinearlo con los objetivos de la organización en un entorno económico y legal concreto.

MOVILIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO TÁCITO

El conocimiento tácito es la capacidad de «saber hacer» de una sociedad para resolver una necesidad; no estamos ante una noción abstracta, sino que podemos observarla a diario en los productos y servicios que elaboramos y utilizamos. La invención de productos y servicios constituye una medida de la cantidad de conocimiento tácito que poseen países y organizaciones. El lanzamiento de mensajes como «belleza total» o «salud dental» van más allá de recurrir a nuestra competencia académica, industrial, o nuestra capacidad de empaquetar y lanzar al mercado ceramidas o pasta dental con flúor: son discursos que visibilizan ese conocimiento tácito. De igual manera alrededor de los datos espaciales contemplamos, y participamos, en una proliferación de términos que intenta movilizar ese conocimiento tácito. Algunos ejemplos aparecen en conceptos como «BIM», «ciudades inteligentes», «territorios inteligentes», «redes inteligentes», «geoingeniería», «infraestructuras de datos espaciales», «smart mapping», «inteligencia de la ubicación» o «ciencia del dónde» entre otros.

El mercado terminológico alrededor de los datos espaciales se puede apreciar en las políticas públicas, en las empresas y en los medios de comunicación. Los términos no son neutrales ya que las palabras tienen una connotación y generan un discurso que apela al imaginario científico y tecnológico para provocar la afinidad a un producto o servicio. Quizá por este motivo la terminología alrededor de la geolocalización es tildada de «publicidad», «producto del marketing» y de «redefinir la rueda», pero destaco que también son un indicador del conocimiento tácito que ha sido capaz de aglutinar ciencia, técnica y organizaciones para satisfacer las necesidades de una sociedad y ofrecer un servicio a ciudadanos, consumidores, clientes o usuarios con el fin de incrementar nuestra calidad de vida.

GEO-COMUNICACIÓN

Se emplean cuantiosos esfuerzos tecnológicos en afinar

los canales de geo-comunicación dado que sin ellos resulta complejo satisfacer al usuario final. Pero surge una cuestión ¿La eficacia de la comunicación en el ámbito de los geodatos se ve favorecida exclusivamente por nuestra destreza tecnológica? La respuesta es no. La infonomía apela a nuestras expectativas y afectos, comunica mediante géneros y canales no tradicionales, muy cercanos a la literatura gris, al discurso y a la literatura de las ideas. Algunos conjeturan que, en el futuro, la salida de las fábricas de datos serán disparadores de las IA pero incluso en ese escenario, habrá comunicación entre humanos.

Mucho se habla de alfabetización digital, de capacitación geoespacial de la sociedad, de culto a lo amateur, de los bulos, de la infoxicación, de la seguridad y de la privacidad. Estos temas muestran que hay una pugna en la emisión y recepción de mensajes donde criterios tradicionales como calidad y autoridad han demostrado ser insuficientes para conseguir relevancia y eficiencia en el mundo digital. Estamos en un momento en el que se está escribiendo un nuevo contrato de comunicación.

GEO-COMUNIDADES

Tenemos muchas formas de organizar y materializar redes de trabajo y conseguir llegar a los usuarios: alianzas, acuerdos, normalización, metadatos, unidades de obra, pmbok, lean, agile, portales y api, estos son solo algunos medios de una lista más amplia. Sin embargo, el punto central no son los métodos, sino la facultad de gestionar geo-comunidades, espacio donde se relacionan fábricas de datos, organizaciones y usuarios. La negociación de datos y tecnología en el ciberespacio es el modo de trabajo habitual de la aldea global, donde nadie es autosuficiente para transformar la información en conocimiento. Recordemos el símil de la teoría actor-red: «no vuelan los aviones» sino un complejo entramado que incluye, entre otros, las líneas áreas, aeropuertos, refinerías, agencias de viajes, autoridades y legislación internacional.

En el momento actual debemos afrontar los retos expuestos en esta nota. De no ser así, otros lo harán por nosotros y pudiera ocurrir que no lleguemos al puerto que estamos buscando o que, aun llegando, no nos dejen desembarcar.



Derecho Geoespacial: construcción de una interoperabilidad y transversalidad al servicio de ciudadanos y empresas

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 40-43
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Efrén Díaz Díaz

Abogado, Doctor en Derecho
Responsable de las Áreas de Tecnología y Derecho Espacial del Bufete Mas y Calvet.

¿Podíamos pensar en los años 90 que llegaríamos a ver la actual realidad del Derecho Geoespacial? ¿Se puede confirmar que el Derecho Geoespacial comprende hoy día una importante dimensión de interoperabilidad jurídica de los datos espaciales? ¿Es aplicable en la práctica y resulta transversal en el servicio a los ciudadanos, empresas y entidades de toda clase?

Afortunadamente, la respuesta a cada una de estas preguntas es afirmativa, particularmente en el caso de España, donde la *evolución*, casi *revolución*, experimentada en este campo es a la vez técnica y jurídica, multidisciplinar y tecnológica.

REALIDAD DEL DERECHO GEOESPACIAL EN EL MUNDO Y EN ESPAÑA

La Tierra y su distancia a la Luna fue medida desde la antigüedad. En Egipto. Se atribuye a Eratóstenes de Cirene, astrónomo, geógrafo y matemático griego, en el año 235 antes de Cristo. Pero para medir la Tierra desde el espacio ultraterrestre, y así de forma objetiva y exterior, se ha tenido que esperar casi veintidós siglos, hasta que en julio de 1969 se logró un hito de la Historia de la Humanidad: que el Hombre pisara la Luna.

Los astronautas Buzz Aldrin y Neil Armstrong dejaron en nuestro único satélite natural algo más que famosas pisadas en el llamado Mar de la Tranquilidad. Como informó la NASA, una hora antes del fin de su último paseo lunar, colocaron la matriz retrorreflectora de medición láser lunar, transportada en el Apolo 11, que permitiría mediciones más precisas de la Tierra y, de este modo, avances sin precedente en el conocimiento topográfico. Más de cuarenta años después, es el único experimento científico del Apolo 11 que aún funciona. Hoy día, no sólo es conocido el WGS 84 (siglas en inglés de *World Geodetic System 84*, que significa Sistema Geodésico Mundial 1984), sino también el ETRS89 (siglas en inglés de *European Terrestrial*

Reference System 1989), sistemas geodésicos de coordenadas geográficas usados para localizar cualquier punto de la Tierra por medio de tres unidades dadas, las fascinantes "x,y,z".

En el año 1980 el mundo vio aparecer el sistema operativo MS-DOS, siglas de Sistema Operativo de Disco de Microsoft. Pero poco más tarde, ya en España, precisamente en el inolvidable año 1992, olímpico en Barcelona y de Exposición Universal en Sevilla, se aprobó el Texto Refundido de la Ley sobre el Régimen del Suelo y Ordenación Urbana (Real Decreto Legislativo 1/1992, de 26 de junio). Era el esfuerzo del Legislador para acometer la necesaria regularización, aclaración y armonización de las disposiciones estatales vigentes sobre suelo y ordenación urbana, tras las Leyes de 1976 y 1990, nacidas en escenarios sociales y económicos muy diversos.

En esta evolución histórica, y en el breve marco de tiempo que medió entre las versiones del Sistema Operativo de Windows'95 y Windows XP del 2001, aparecieron en España dos disposiciones jurídicas relevantes: una, para aprobar «*las normas complementarias al Reglamento para la ejecución de la Ley Hipotecaria sobre inscripción en el Registro de la Propiedad de actos de naturaleza urbanística*» (Real Decreto 1093/1997, de 4 de julio), y otra, la esperada nueva *Ley sobre Régimen del Suelo y Valoraciones* (Ley 6/1998, de 13 de abril).

Estas importantes normas recibirían el nuevo Milenio con el Euro como nueva moneda de Europa y sin hacer estallar la «Burbuja puntocom», fuerte corriente económica especulativa que se dio entre 1997 y 2001, debido al avance de las empresas vinculadas al nuevo sector de *Internet* y a la llamada *nueva economía*. Sin embargo, antes de que acabara el año 2001, se modificó el angular artículo 9 de la Ley Hipotecaria (Decreto de 8 de febrero de 1946) para asegurar que toda inscripción en el Registro expresara, entre otras circunstancias, «*la naturaleza, situación y linderos de los inmuebles objeto de la inscripción, o a los cuales afecte el derecho que deba inscribirse, y su medida superficial, nombre y número, si constaren, del título*» (Ley 23/2001,

de 27 de diciembre, de Presupuestos Generales del Estado para 2002).

Esa norma no imaginaria que el paso del papel y de lo analógico en la representación geoespacial estaba a punto de experimentar una transformación sin precedente: en el año 2005 no es que el mundo viera nacer a "Google Earth", sino que desde ese momento el mundo sería visto a través de ese globo virtual, que permite visualizar cartografía múltiple, con base en la fotografía satelital y en la carga de capas de geoinformación.

INTEROPERABILIDAD JURÍDICA DE LA DATOS ESPACIALES

Esta nueva herramienta de visión global, con un potente visor y un zoom capaz de adentrarnos en el Planeta Tierra desde el espacio, rompería numerosos paradigmas. En ese año 2005 a la vez que el mundo hiperconectado podía visualizar cualquier rincón del Globo Terrestre, algunos países no alejados de Europa, como Marruecos, o incluso España respecto del *Mapa de la parte Norte de Marruecos a escala 1:500 000* con un significado especial dentro de la cartografía colonial española, habían mantenido parte de su cartografía nacional declarada como secreto de estado.

Como reseñan algunas fuentes históricas, también Napoleón ordenó eliminar los caminos de los mapas por considerarlos arma de guerra y para impedir el avance del enemigo. Así, años más tarde, el convenio hispano-francés de otoño de 1904 nunca fue comunicado al sultán Mulay Abdelaziz, ni al gobierno de Marruecos, y se mantuvo en secreto hasta 1912. Sin embargo, menos de cien años después, en 2005, el mundo era un mapa digital y sus caminos visibles desde una pantalla, en las grandes e incluso en las pequeñas de los *smartphones*.

Con esos incipientes mimbres, en el año 2006 tuvimos que asumir la defensa judicial y la preparación de la representación gráfica ante el Tribunal Supremo en una ejecución de sentencia relativa a la identificación de un sector urbanístico de 2 millones de metros cuadrados. ¿Cómo «representarlo» ante el Tribunal? Para nosotros como Abogados no había duda de que con papel era ya imposible: lo hicimos mediante Google Earth y nuevas herramientas geoespaciales digitales.

Pasarían sólo dos años, fruto quizá de la exponencial velocidad a la que nos han malacostumbrado los albores del Siglo XXI, hasta que Europa promulgara en 2007 su Directiva INSPIRE (Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de marzo de

2007), para establecer una *infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea*. Basada en principios de interoperabilidad, disponibilidad, calidad, organización, accesibilidad y puesta en común de información espacial, es contundente en sus principios: «*La infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (Inspire) debe servir de ayuda para la adopción de medidas relativas a políticas y actuaciones que puedan incidir directa o indirectamente en el medio ambiente*», dado que esta norma se anclaba principalmente en la competencia europea medioambiental.

Por si no hubiera sido suficiente esa formulación, el Considerando 6 de INSPIRE incide así en la plena usabilidad, accesibilidad y gratuidad de la geoinformación: «*Las infraestructuras de información espacial de los Estados miembros deben concebirse de forma que se garantice el almacenamiento, disponibilidad y mantenimiento de datos espaciales al nivel más adecuado; que sea posible combinar, de forma coherente, datos espaciales de diversas fuentes en toda la Comunidad, y puedan ser compartidos entre distintos usuarios y aplicaciones; (...) que pueda darse difusión a los datos espaciales en condiciones que no restrinjan indebidamente su utilización generalizada; que sea posible localizar los datos espaciales disponibles, evaluar su adecuación para un determinado propósito y conocer las condiciones de uso*».

TRANSVERSALIDAD GEOESPACIAL AL SERVICIO DE CIUDADANOS Y EMPRESAS

Desde el año 2007, nuestro Bufete fue uno de los primeros en utilizar nuevas herramientas digitales que nos permitían «trazar y medir», desde Sketchup Pro hasta gvSIG y otras muchas. En noviembre de 2008 participamos en las que para nosotros fueron las primeras Reuniones del Grupo de trabajo de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) en Tenerife. Lo aprendido allí nos ayudó a fundamentar prioritariamente en prueba geoespacial la defensa judicial de una reclamación de responsabilidad patrimonial administrativa, contra un Ayuntamiento, por los daños derivados de unas inundaciones acaecidas aquel octubre de 2008 y que afectaron a más de 60 personas.

Esas experiencias ganadas en sede administrativa y judicial nos permitieron participar activamente en el borrador de la nueva «Ley Geoespacial» española, la

ley de Transposición a España de la Directiva INSPIRE de 2007: sería la futura Ley 14/2010, de 5 de julio (LISIGE en su acrónimo). Ya desde entonces propusimos enmiendas para fomentar la interoperabilidad jurídica y la reutilización de los datos espaciales.

El ejercicio de la Abogacía en ámbitos geoespaciales nos mostraba diversos problemas de privacidad, acceso a la geoinformación y transparencia. En ese marco de trabajo, el 6 de octubre de 2009 participamos en la primera reunión de Derecho Geoespacial organizada en Washington DC por el Spatial Law Centre. Allí surgió la confirmación de denominarlo «Derecho Geo-Espacial» y no sólo “Spatial Law”, a propuesta de Canadá, ya que lo «espacial» podía referirse no sólo al espacio *ultraterrestre*, sino también al propiamente *terrestre o geoespacial*.

Un gélido 27 de enero de 2010, mientras nevaba copiosamente, tuvo lugar la práctica de la prueba tecnológica geoespacial que nos había admitido el Tribunal Superior de Justicia de Burgos para la impugnación del Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de una de las castellanas capitales de provincia. Pocos meses después se promulgó la Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España, que nos habría permitido fundamentar legalmente lo que antes sólo podíamos sostener tecnológicamente. Así, pudimos compartir las conclusiones de la LISIGE sobre privacidad e interoperabilidad como experiencia piloto en Vancouver, en la conferencia global GeoWeb2010.

Por entonces ya estaba en trámite ante la Audiencia Nacional de España el Caso Google, cuya Cuestión Prejudicial ante el Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE) se plantearía desde aquella mañana del 5 de abril de 2011 y acabaría en la Sentencia de la Gran Sala, de 13 de mayo de 2014 (C-131/12 - Google Spain y Google), que reconocería el Derecho al Olvido, también aplicable a la geoinformación.

Casi paralelamente, en el año 2012, se conoció en Europa la Propuesta del que acabaría siendo el Reglamento General de Protección de Datos, con la implicación del Parlamento, del Consejo y de la Comisión Europeas, en un proceso normativo de *triálogo*, poco frecuente pero muy relevante. Entretanto, también en ese 2012 terminamos uno de los primeros expedientes de coordinación catastral-registral en Jaén, basado en los principios de interoperabilidad jurídica de INSPIRE y la LISIGE, los mismos que acabarían luego en la Ley 13/2015, de Reforma de la Ley Hipotecaria y del texto refundido de la Ley de Catastro Inmobiliario.

Aunque no habían pasado siete años desde el 2008, muy largos para los afectados pero cortos para la evo-

lución geoespacial que recorreremos en estas líneas, aquel antiguo asunto de inundaciones que afectó a tantísimas personas culminó en una sentencia del año 2015 (Sentencia de la Sala de lo Contencioso-Administrativo del Tribunal Superior de Justicia de Madrid, núm. 380/2015, de 29 mayo), condenatoria de un Ayuntamiento por responsabilidad patrimonial. Lo crucial fue que admitió y reconoció en sede judicial toda la prueba geoespacial. A diferencia de Burgos, entonces sí pudimos invocar la LISIGE con toda la vigencia legal de una norma que supo mirar más allá de lo estrictamente medioambiental y ser plenamente interoperable en lo jurídico y multidisciplinar en lo tecnológico.

La alegría de leer, en menos de un mes desde aquella Sentencia, la Ley 13/2015, de 24 de junio, no fue pequeña, más al constatar que esa norma reconoce en España la Coordinación Catastro-Registro también mediante la *representación gráfica georreferenciada alternativa*. Ciertamente el nuevo art. 10.1 de la Ley Hipotecaria es histórico, al afirmar que «*la base de representación gráfica de las fincas registrales será la cartografía catastral, que estará a disposición de los Registradores de la Propiedad*».

Y no tardaría en llegar la primavera del año 2016 y, con ella, la entrada en vigor del citado Reglamento (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016 (Reglamento general de protección de datos, RGPD). Poco después, en el verano de ese mismo año 2016, pudimos compartir interesantes sesiones sobre el RGPD en Londres y en la sede del “Ordnance Survey” Británico, además de en el Open Data Institute británico, para repensar cuáles eran los temas jurídicos relevantes en geoinformación, los de mayor interés para los ciudadanos y empresas.

Con esas ideas en mente y tras haber realizado la medición de un olivar con drones, para un complejo caso jurídico de uso catastral y judicial de geoinformación, pudimos presentar conclusiones de los trabajos geoespaciales bajo el título de «Drones y Derecho» en la Conferencia europea INSPIRE de 2017, en Estrasburgo. Allí se podía comprobar cómo lo geoespacial tiende, desde el rigor técnico y jurídico, a servir a los ciudadanos y a las empresas.

Un hito significativo del año 2018 fue la entrada en aplicación del RGPD en toda Europa, más tras la inclusión de los datos de geolocalización en el concepto de dato personal protegido. La relevancia práctica de que un dato geoespacial pueda ser también personal y, por ello, jurídicamente protegido se ha puesto de manifiesto con la aplicación de la *California Consumer Privacy Act* de 2018 (en vigor desde el 1/1/2020), que mira más al *consumidor* que al *ciudadano*.

El resultado del análisis sistemático y contractual

que realizamos durante una estancia en septiembre de 2018 en Silicon Valley (San Francisco), en colaboración con una empresa geoespacial dedicada a métricas de movilidad urbana, ha sido plasmado en la tesis doctoral que defendimos a finales de 2019 sobre «*relevancia jurídica de los datos geoespaciales y su incidencia en la privacidad*», centrada también en formular la «*interoperabilidad jurídica de los datos geoespaciales*» en estos términos: es «*la dimensión de la interoperabilidad relativa a la relación e interacción entre los agentes jurídicos y operadores técnicos implicados en actuaciones, procesos y procedimientos jurídicos, administrativos, judiciales o extrajudiciales, que, con soporte en sistemas de información interpretable de forma automática y reutilizable por aplicaciones, comparten datos y servicios integrados, accesibles, fiables y sostenibles en el tiempo, e intercambian conocimientos para el objeto específico requerido por su actividad*».

Finalmente, observamos una evolución tecnológica y jurídica de la geoinformación y, por tanto, del Derecho Geoespacial, en servicio del ciudadano y de las empresas. Sin embargo, también en esta época marcada por el coronavirus SARS-CoV-2, la localización debe ser correctamente interpretada en situaciones de seguridad y emergencia, al igual que se ha hecho hasta ahora en su utilización social, económica y política. Como muestra la actual situación sanitaria mundial, casi todos los datos también mantienen un tiempo y un espacio que puede ser reflejado o representado geográficamente. Es de plena actualidad que «*allí donde hay sociedad hay Derecho*». No obstante, este aforismo romano puede ser reformulado en el

ámbito geoespacial, ya en pleno Siglo XXI: *allí donde hay Derecho hay «espacio»*.

SOBRE EL AUTOR

Abogado, Doctor en Derecho por la Universidad de Navarra. Asociado Senior del Bufete Mas y Calvet (Madrid). Responsable de las Áreas de Tecnología y Derecho Espacial del Bufete Mas y Calvet. Delegado de Protección de Datos en Europa en sectores financiero, legal, sanitario, geoespacial y educativo. Especialista en Derecho Administrativo, Tecnológico y Geoespacial. Máster Internacional Universitario en *Protección de Datos, Transparencia y Acceso a la Información* (Universidad San Pablo CEU).

Profesor en Programas Máster de la Universidad de Navarra (Máster de Derecho de Empresa, Fiscal y Acceso a la Abogacía; y Máster Ejecutivo en Reputación Corporativa, MERC). Professor of Law en el Programa Superior de Analítica Digital, IDMS School by MSL.

Miembro del Grupo de Trabajo de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE). Experto *INSPIRE Maintenance and Implementation* en la *Infrastructure for Spatial Information in the European Community* (European Commission). Secretario General de la Asociación Española de Derecho Aeronáutico y Espacial. Board Member de *Sci The World*, área de *Legal and Compliance on Artificial Intelligence*. Miembro del Geovation Hub del Ordnance Survey en Londres. Investigador del Open Data Institute (Reino Unido). Colaborador en *Future Privacy Forum* (Washington DC).



Hay que construir el colegio profesional desde el colegiado y los usuarios de los servicios

Andrés Díez Galilea

Decano del COIGT
Vicepresidente del INGITE

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 44-45
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Me gustaría comenzar este artículo recordando que en el año 2016 celebrábamos nuestro 50 aniversario. Es cierto que «solo» son fechas, pero sin ellas nos quedaría un vacío de contenido sobre la emoción de perpetuar a todos colegiados y colegiadas que, con su trabajo y entrega a la profesión, lo dignifican diariamente, haciendo de nuestra Institución un verdadero referente ante los poderes públicos y, por ende, de nuestra Sociedad.

Recordar también significa conocer de dónde venimos, en dónde estamos y saber hacia dónde vamos, dentro de los horizontes de nuestra propia y permanente preparación.

Si centramos nuestra mirada en el vocablo «profesión», observamos que éste proviene del latín *professio - professionis*, término que significa *acción-efecto* de profesar. Este concepto nos lleva a identificar a la profesión como una actividad permanente, dentro de un área de conocimiento, que determina el ingreso a un grupo determinado de personas que lo practican. Es por ello, que esta situación conlleva a dar una respuesta institucionalizada a una necesidad social que debe portar entre sus requisitos vocación, acreditación, certificación y deontología.

Este hecho, requerido por la Sociedad, y contemplado en nuestra **Constitución** en su **Artículo 36** «que remite a la *Ley 2/1974*», propone que los **Colegios Profesionales** sean reconocidos por el Estado en las funciones encomendadas o delegadas, como pueda ser la representación y defensa de los intereses del sector ante las diferentes Administraciones; en definitiva, **la regulación** de la profesión que habilita «en nuestro caso la Orden CIN/353/2009» para el ejercicio de la profesión.

Por todo ello, nuestra Institución responde a unos **rasgos y características esenciales cuya concurrencia resulta absolutamente necesaria para que pueda ser reconocible como tal**, de manera específica y, por tanto, **diferenciada de cualesquiera otras instituciones**, particularmente de las asociaciones resultantes del ejercicio del derecho de asociación.

De igual forma, el profesional colegiado tiene un catálogo de compromisos y obligaciones que la sociedad conoce; con esa condición acuden los ciudadanos a demandar sus servicios y le entregan su confianza. En ese catálogo confluyen los principios de **responsabilidad**,

honestidad y ética en el desarrollo del ejercicio profesional, pilares que aportan la credibilidad colectiva que se le otorga al profesional. Es parte de lo que entendemos como **valores profesionales**, a lo que hay que añadir los criterios compartidos por el colectivo profesional convertidos en un texto normativo, un **código deontológico**.

En definitiva, en un marco social cada vez más globalizado y competitivo, al objeto de conseguir la correcta satisfacción de la función de ordenar la actividad profesional de nuestros colegiados, el Colegio necesita dotar de los instrumentos adecuados a los mismos; la apuesta por la **excelencia y calidad** de nuestros profesionales es cada vez más indispensable como elemento diferenciador y como sinónimo de eficacia y seguridad en el servicio proporcionado, y deberá fomentarla, ofrecerla y dirigirla el colegio profesional.

Pues bien, hasta ahora hemos hablado del «qué», vamos al «cómo»... La experiencia es un factor importante para alcanzar los objetivos y progresar, así como contar con un buen equipo de gestión. No se puede entender buscar *inputs/outputs* sin **una estrategia clara apoyada en nuestros colegiados para conocer las necesidades de nuestros usuarios** en cuanto a los servicios profesionales requeridos.

En un primer momento, se invirtió en desarrollar una solución de gestión colaborativa basada en tecnología web para dar respuesta a las necesidades de la gestión interna/externa de la Institución que, además de responder a las nuevas exigencias de las Leyes en lo relativo a las actividades sujetas a Derecho Administrativo, «Ley 25/2009 Ómnibus, Ley 19/2013 de transparencia, acceso a la información pública y buen gobierno, etc.», suponía un paso decisivo en la modernización de nuestros procesos y en el control de la información. Esta tecnología significaba una herramienta de rápida implantación que presenta las siguientes funcionalidades: gestión administrativa, gestión documental, flujos de trabajo internos, gestión de las relaciones con los colegiados, gestión de proyectos y currículos acreditados «*plataforma e-colegio*», portales web «intranet y extranet», ventanilla única y firma electrónica.

En definitiva, esta solución ha supuesto al COIGT reducir sus costes, así como optimizar su productividad y

competitividad al disponer de una información integrada, mayor comunicación, control y participación.

Por otra parte, la **generación de instrumentos jurídicos** que faculten la capacidad de fomentar, desarrollar y apoderar a nuestros colegiados de los elementos necesarios para mejorar su desarrollo y reconocimiento profesional son los convenios de colaboración institucional (público-privado).

Entre ellos podemos destacar las firmas en el ámbito del catastro y propiedad con la Dirección General del Catastro (DGC) y Colegio de Registradores de la Propiedad y Mercantiles de España, así como las buenas relaciones institucionales con el Consejo General de la Abogacía de España y el Consejo General del Notariado, que esperamos en un futuro próximo también se puedan materializar en nuevos convenios, y que **nos están consolidando como los técnicos de referencia en el tráfico inmobiliario**. Todo ello, sin menoscabo de las firmas con Universidades, IGN, Asociaciones profesionales, empresas de tecnologías en el ámbito de la Geomática y formación, etc. Fundamentales para mantener una relación directa con el sector productivo.

En este sentido, indicar que nuestras próximas acciones irán fundamentalmente encaminadas a las Administraciones Locales y a los ciudadanos en particular, centrándonos en dos aspectos: Información y detectar sus necesidades presentes y futuras con respecto a la demanda de nuestros servicios profesionales. Un claro ejemplo está siendo la apertura a nivel nacional de nuevos Puntos de Información Catastral (PIC) como resultado del Convenio con la DGC.

La incorporación de un modelo de **Desarrollo Profesional Continuo (DPC)** está siendo otro de los proyectos que nuestra Corporación está llevando a cabo. El objeto de este modelo es la acreditación del conjunto de la formación post-universitaria, de la experiencia y la práctica profesionales realizada por nuestros colegiados, incorporándose con ello, un elemento de veracidad y de trazabilidad de las capacidades y habilidades personales a lo largo de toda la carrera profesional. En la actualidad contamos con 3380 currículos acreditados por el COIGT y que supone un 70% de los colegiados y colegiadas; y en vía de adaptarnos al nuevo proyecto de homologación del DPC de Ingenieros aprobado por Unión Profesional y que servirá como marco común de las profesiones tituladas, colegiadas y reguladas de España, para su proyección nacional e internacional.

Pero posicionarse como un Colegio profesional eficiente y que apuesta por la calidad es recordar aquella frase del escritor y empresario estadounidense Phil Crosby, «*La calidad, si no está engranada en la organización nunca será realidad*». La implantación de un **Sistema de Gestión**

de la Calidad, según la **norma UNE-EN ISO 9001:2015**, para las actividades de visado y revisión documental, ha sido otro de los objetivos alcanzados por el COIGT, en la idea de incrementar la satisfacción de nuestros colegiados y sus clientes mediante procesos de mejora continua.

En este contexto, en orden a favorecer la competitividad, empleabilidad y movilidad geográfica de nuestros profesionales, y en respuesta a la cada vez mayor velocidad de innovación tecnológica y creciente especialización del mercado laboral, desde nuestra Corporación se ofrece la posibilidad de certificarse bajo la **norma UNE-EN ISO/IEC 17024**, en el esquema de «Técnico Especialista en Catastro, Propiedad Inmobiliaria y Valoración», acreditado por la **Entidad Nacional de Acreditación (ENAC)** y propiedad del COIGT. En el mismo se evalúan, con carácter voluntario, competencias técnicas, de carácter específico, sobre temas relacionadas con la legislación «Leyes y Reales Decretos», geomática, catastro, registro de la propiedad y coordinación, valoración inmobiliaria, peritación y mediación, etc. Eficaz herramienta de autorregulación de actividades que aumenta el nivel de exigencia y dificulta el intrusismo y el fraude.

Como es lógico, en el artículo no se ha podido tratar muchas áreas en las que seguimos trabajando y avanzando como pueden ser la gestión económica y transparencia, relaciones internacionales, comunicación corporativa, servicios jurídicos, seguros, empleabilidad, formación o el desarrollo de un visor cartográfico web: *Archivo Topográfico Nacional de Lindes (ATNL)* ...

Son un ejemplo del trabajo colaborativo que se viene realizando en el **Colegio de Ingeniería en Geomática y Topográfica** en los últimos años, concededores del reto que tenemos por delante abriendo nuevos caminos que respondan a la naturaleza de las corporaciones profesionales en un marco actual. Como señala la Premio Nobel de Literatura Elfriede Jelinek, «*en esta nueva era, lo que te hace libre es el conocimiento*».



Territorios del pasado. Territorios para el futuro

Ignacio Durán Boo

Subdirector General de Atención al Ciudadano e Informática Tributaria.
Agencia Tributaria Ayto. de Madrid

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 46-49
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Responder al encargo que me hacen los responsables de la revista Mapping para reflexionar en pocas líneas sobre lo que ha sido, es, y será la geomática a lo largo de un periodo de sesenta años tiene, en mi caso, mucho de revisión de mi propia vida. Pertenezco a una generación, la de los nacidos antes de «los setenta», extraordinariamente afortunada. Somos los que hemos tenido la gran oportunidad de poder vivir como protagonistas una de las etapas en la que, sin duda alguna, más ha cambiado la humanidad. Algo que muy pocas veces habrá ocurrido en la historia.

Parafraseando la famosa escena final de la mítica película Blade Runner, las personas de mi generación «hemos visto cosas que no creeríais». Yo he montado en carros con ruedas de madera maciza, diseñados por los celtas hace más de tres mil años, y todavía usados en la Galicia de mis vacaciones infantiles. Yo he esperado durante largos minutos, sentado en un banco de madera, a que mis padres se comunicarán telefónicamente cuando les tocaba el turno, después de haber solicitado el servicio con horas de antelación. Yo he manchado mis dedos de tinta, cambiando la cinta de mi máquina de escribir, y he sentido la desesperación de ver cortada la llamada con algún amor juvenil, porque no tenía «fichas» para alimentar las primeras cabinas telefónicas.

Y yo también he recorrido el mundo tan sólo con un mapa de papel en mi mano. Y sí, aunque alguno no lo crea, llegaba con precisión a mi destino en la gran mayoría de las ocasiones.

A partir de esas primeras experiencias, la reflexión sobre cómo se han transformado en estos últimos treinta años las ciencias que representan la tierra, discurre por un carrusel de cambios que se han sucedido a velocidad de vértigo.

Los que hemos tenido la fortuna de haber desarrollado el amor por los mapas también hemos aprendido a valorar a quienes los hicieron y los hacen. Eran mapas hechos por técnicos brillantes, que además de ser extraordinariamente precisos, tenían una gran belleza visual. Conservo, como muchos de los afectados por esta enfermedad, algunos viejos mapas que ocasionalmente me gusta volver a ver, con el mismo respeto con el que visito el mejor museo de historia.

Pero todo esto, sin dejar de ser valioso, es pasado. Volvamos pues, después de esta ya larga introducción, al encargo inicial: ¿qué ha cambiado en este mundo apasionante, y que va a cambiar en los próximos treinta años?. Y para ello me voy a centrar en tres enfoques diferentes, que me van a permitir dar mis respuestas a estas preguntas. Estos tres enfoques son resultado de más de treinta y cinco años trabajando en entornos donde la cartografía es esencial. Pero mi visión no es la de un geómetra experto, que no lo soy ni por formación ni por conocimientos, sino la de una persona que ha tenido la gran fortuna de colaborar en diversos periodos de su vida en la implantación de proyectos donde la representación del territorio ha sido parte fundamental de los objetivos. A partir de ahí, decía, quiero centrarme en estos tres diferentes enfoques:

- el cambio de concepto.
- el cambio de destinatario de la imagen del territorio representada por la cartografía.
- finalmente, el cambio en el nivel de impacto derivado de la relación entre la representación del territorio y los derechos.

EL CAMBIO DE CONCEPTO

De las tres ideas es la más fácil de comprender y la que, con toda seguridad, generará unanimidad. Basta con contraponer la idea tradicional de «Topografía» con la actual de «Geomática». Hace treinta años la cartografía, - la representación del territorio en todas sus facetas-, era una actividad exclusiva de topógrafos. Se trataba de un área científica bien delimitada, y reservada a un colectivo profesional específico.

La aplicación de la revolución de las tecnologías de la información sobre esta actividad, hasta entonces estable, hizo que todo saltase por los aires, y dio lugar al nacimiento del concepto de «Geomática», entendida como el conjunto de actividades pluridisciplinares que integran las ciencias de la tierra, en su concepción tradicional, con las nuevas exigencias que impone la gestión de la información.

Este es, sin gran duda, el gran cambio en estos trein-

ta años pasados. Cambia profundamente el concepto, porque cambia la visión, al resultar imprescindible contar cada día con mucha más cartografía, de más calidad, mucho más accesible, y con la garantía de encontrarse permanentemente actualizada. Cada línea y cada punto recogidos en un mapa se han convertido en un «dato», término que en nuestro mundo actual también ha evolucionado en profundidad, hasta convertirse en la piedra angular de la sociedad en la que vivimos y viviremos.

Y este cambio es, sin lugar a dudas, la gran palanca que está lanzando a la Geomática hasta niveles nunca antes conocidos por la cartografía tradicional, porque, ahora más que nunca, vincular cualquier información a un punto concreto del territorio es una de las llaves que soportan los mejores sistemas de información existentes.

Desde hace años repito en mis artículos e intervenciones la idea de que todo dato que no pueda ser geolocalizado es solo «medio dato». Para los lectores expertos de esta revista no es necesario desarrollar lo que deseo expresar con esta frase. Lo que nos tiene que llevar a concluir que ahora, más que nunca, es el gran momento para los que saben lo que ha de hacerse para geolocalizar correctamente estos datos, como lo será el futuro inmediato.

EL CAMBIO DE DESTINATARIO DE LA IMAGEN DEL TERRITORIO REPRESENTADA POR LA CARTOGRAFÍA

Esta idea puede que sea más difícil de definir que la anterior, probablemente porque no todos hemos reflexionado sobre ella, pero creo que debidamente explicada también nos llevara al acuerdo unánime.

Hasta el desarrollo de las tecnologías de la información los mapas sólo tenían un destinatario: el ser humano. Mediante el uso de un complejo sistema biológico, en el que intervienen el ojo, los nervios, el cerebro, las neuronas y los sistemas que permiten el reconocimiento y la visión espacial, los mapas tradicionales eran la herramienta adecuada para representar el territorio y convertirlo en conocimiento humano. Por eso yo, y todos los que los usábamos, sabemos llegar a un destino desconocido usando sólo un mapa en papel.

Con el desarrollo de la tecnología esto ha cambiado radicalmente, y el ser humano ya no es el único destinatario de la información que representa el territorio, y

mucho menos el más frecuente. Cuando las máquinas empezaron a «hablarse» necesitaron desarrollar lenguajes que generasen representaciones del territorio que ellas pudieran entender. Es entonces, con el uso masivo de los formatos que permiten estos diálogos entre máquinas, cuando todo ha cambiado realmente.

Como ejemplo, la adecuada combinación entre los sistemas GPS y los equipos de navegación instalados en miles de millones de dispositivos portátiles, hacen que este diálogo fluido se produzca permanentemente, facilitando que sólo siguiendo una voz sea posible llegar a un destino.

Todos aquellos que todavía reivindican, con más nostalgia que acierto, que estas actividades deberían ser materia exclusiva de un determinado sector profesional especializado, se equivocan. La contabilidad, el riego de cosechas, la cirugía, o la predicción del tiempo, ya no son sólo cosa de contables, agricultores, cirujanos y meteorólogos. También requieren de otros perfiles profesionales que, sin saber prácticamente nada de estas técnicas, si son hábiles en hacer que las máquinas piensen y se comuniquen entre ellas.

Por tanto, el segundo gran cambio que, a mi juicio, se ha producido en estos treinta años ha sido consecuencia de entender y aceptar que la cartografía ya es más un producto para las máquinas que para el uso directo de los humanos, que quedamos convertidos en consumidores finales de los productos y servicios desarrollados.

EL CAMBIO EN EL NIVEL DE IMPACTO DERIVADO DE LA RELACIÓN ENTRE LA REPRESENTACIÓN DEL TERRITORIO Y LOS DERECHOS

El tercero, pero en absoluto el menos importante, de los tres escenarios donde se ha generado un cambio en profundidad en lo que se refiere a las Ciencias de la Tierra, se está produciendo en el fuerte impacto en la relación entre la representación del territorio y los derechos humanos.

No me refiero aquí a la relación entre representación del territorio y derecho de propiedad, algo que en España todavía está sin resolver, pero que en otros países de nuestro entorno es una asignatura aprobada hace decenas, cuando no cientos de años.

Me refiero a la relación, cada vez más evidente, entre geolocalización y derechos humanos en sentido amplio, algo que en el momento de escribir estas líneas es un tema de la máxima actualidad, cuando se muestran los distintos usos, más o menos legales, que se está haciendo de estas técnicas para la lucha contra la COVID-19.

Los que llevamos años en esto sabemos desde hace tiempo que la mejor y más rápida manera de definir el perfil de una determinada persona es a través de la geolocalización de todos sus movimientos y actividades. Lo sabemos nosotros y lo saben bien quienes diseñan y mejoran día a día las herramientas de localización instaladas en nuestros teléfonos móviles.

Es obvio que la acumulación de estos datos, sin un tratamiento inteligente de los mismos, puede llevar a conclusiones erróneas, pero también lo es que si yo de lunes a viernes en horario de oficina soy geolocalizado en un determinado punto, es más que probable que ese sea mi lugar habitual de trabajo.

Los datos de geolocalización son parte de los elementos básicos en la construcción de los algoritmos que gobiernan los sistemas de inteligencia artificial. Y sobre ellos, máquinas y personas adoptan decisiones que nos afectan directamente.

Por tanto, se hace indispensable incrementar de una manera exponencial lo que habitualmente definimos como «precisión cartográfica», porque estar geolocalizado a pocos metros del lugar donde se ha cometido un delito no necesariamente significa que nosotros seamos quien lo haya cometido. Como tampoco resulta ya válido seguir trabajando en áreas urbanas con representaciones del territorio en dos dimensiones, cuando en las ciudades la mayoría de nuestras acciones las desarrollamos en un local situado en un edificio construido en altura.

Los «geomáticos» deben ser conscientes de que las acciones que desarrollan pueden tener importantes efectos sobre las personas, la mayoría de las cuales en ningún momento suponen que pueden verse directamente afectadas por el resultado de su trabajo. Lo estamos viendo claramente en el momento de publicarse estas líneas, cuando se están tomando decisiones que afectan de pleno a los derechos individuales al imponer, como se está haciendo ya en muchos países, la geolocalización obligatoria a través de los teléfonos móviles personales como medida de control de la COVID-19, limitándose con ello los derechos de los ciudadanos afectados.

Este cambio, junto con los dos anteriores, se ha producido de forma silenciosa en los últimos tiempos, y constituye una de las principales alteraciones respecto

a lo que ocurriría tan sólo algunos años atrás. Y su impacto en los años futuros será más que evidente, afectando de pleno a la propia estructura de los sistemas democráticos.

Para finalizar, después de ver lo que ha cambiado me toca dedicar unas líneas para pensar en lo que vendrá en los próximos treinta años, dando cumplimiento así al encargo.

Creo que para cualquiera que siga la información en el mundo actual no resulta difícil hacer pronósticos sobre los cambios que se van a producir en relación con estas materias. Desde mi experiencia lo realmente complicado no es pronosticar los cambios, sino cuando van a percibirse estos por la mayoría de los ciudadanos, sobre todo porque muchas de las cuestiones sobre las que habitualmente se pronostica están asociadas a tecnologías inmaduras. Pueden funcionar «en laboratorio» pero aún tardarán años en apreciarse en nuestra vida ordinaria. Suelo citar como ejemplos de fracasos por la aplicación de tecnologías inmaduras las primeras implantaciones de los servicios asociados a la Televisión Digital Terrestre (TD), o al DNI electrónico.

Por tanto, no me voy a atrever a decir cuando, aunque alguno de los temas son ya una cuestión de hoy mismo, pero si me permitiré citar cinco ejemplos de cosas que van a cambiar, y para mejor, en los próximos años.

- **Generalización de la representación del territorio en 3D:** Vivimos en un mundo tridimensional, y por tanto quienes trabajamos en su representación no podemos ignorar estas características. Veremos la expansión de los Catastros 3D, y de la geolocalización de personas y actividades en distintas alturas, sobre una misma parcela. La Z será la nueva reina.
- **Mayor usabilidad de la tecnología para la representación de interiores:** La «cartografía de interiores» será una demanda creciente, en la medida que es creciente la necesidad de geoposicionar personas y bienes dentro de los centros comerciales, hospitales, grandes infraestructuras, etc. En esta demanda será importante entender el impacto del segundo escenario antes citado, que se refería a la creación de cartografías «para las máquinas». La elección adecuada entre las distintas tecnologías ahora disponibles (wifi, señal telefónica, bluetooth, etc.) determinará la forma en que posteriormente seamos capaces de representar sobre una cartografía con la debida precisión estos interiores. No valdrá con identificar un muro: será necesario describir también los materiales con los que está construido. En este escenario las metodologías BIM serán grandes aliadas del cambio.
- **Certificación de datos geográficos:** El incremento de los efectos de carácter jurídico que se derivarán

del uso de tecnologías que utilizan inteligencia artificial exigirá que se acredite, en la forma que tendrá que determinarse, la calidad y seguridad de la información utilizada en los algoritmos. De esta forma, quien cree o actualice un dato geográfico vendrá obligado no sólo a metadatarlo y a acreditar la calidad del mismo, sino a asumir responsabilidades derivadas de una información errónea. Ya lo estamos viendo con el tema del vehículo autoconducido, donde son los problemas legales derivados de la responsabilidad en caso de accidentes, y no la tecnología, los que están demorando su aplicación generalizada. Veremos nacer y crecer empresas certificadoras de la calidad del dato geográfico.

- **Uso generalizado de sistemas de información geográfico:** Se extenderá a la práctica totalidad de los sectores el uso de GIS corporativos especializados. Se expandirá, - realmente lo espero-, la construcción de GeoHubs, como los que ya existen en las principales ciudades de los Estados Unidos, donde toda la información municipal esta geolocalizada, «pintada» sobre un mapa, y permanentemente actualizada. Desparecerán los «medios datos», porque toda la información se encontrará georreferenciada.
- **La «territorialización» de «la nube»:** Para finalizar, una conclusión que se deriva de la actual pandemia que estamos viviendo, y que ya se apuntaba con la extensión de las criptomonedas y el desarrollo de

plataformas para la venta por internet a nivel mundial. Creo sinceramente que se abre una nueva etapa, que algunos ya denominan como de «antiglobalización», en la que se generarán muchos más sistemas de control de todo tipo de flujos, tanto de personas, mercancías o capitales. La idea de «la nube digital», como concepto no territorial, se verá complementada con la implantación de medidas de control que tendrán, entre otras funciones, la de asignar a cada dato una referencia temporal (cuándo se produce el hecho que se describe), y otra territorial (dónde se produce). El actual debate sobre la implantación de la llamada «tasa Google» es el mejor ejemplo de ello. Se trata, en definitiva, de la «territorialización de la nube». En este escenario, la tendencia será que todo dato se encuentre «territorializado», es decir, asociado a un territorio concreto, lo que exigirá contar de buenas herramientas para geoposicionar estos datos. Está en juego la soberanía, y con ella la supervivencia del propio modelo actual de Estado.

Concluyo como empecé. Felicítandome por pertenecer a una generación que ha conocido grandes cambios. Pero también porque espero poder vivir otros igualmente apasionantes que ya están aquí o vendrán muy próximamente. Muchos de ellos serán, sin duda alguna, muy positivos para todos aquellos que están comprometidos con la «Geomática», en una u otra forma.



La Topografía: un pensamiento de nuevas tecnologías a lo largo del tiempo

Mercedes Farjas Abadía

Catedrático de Escuela Universitaria - UPM

REVISTA **MAPPING**

Vol. 29, 200, 50-52

marzo-junio 2020

ISSN: 1131-9100

Gracias, éste es el principal apartado de mi discurso. Tras casi cuarenta años con la topografía en todas las horas de mi vida, es un auténtico sueño el poder pararme a pensar, y más en esta cuarentena, sobre pasado, presente y futuro, invitándome a ocupar un espacio en la revista MAPPING, a la que tanto admiro. Un especial agradecimiento a todos los que la han hecho posible durante todos estos años y a todos los que ponen su grano de arena para que nuestra profesión exista y siga existiendo.

RECORDANDO EL AÑO 1990 QUE YA VIVÍ: «DEL PLANO AL ESPACIO»

Desde el 30 de septiembre de 1982, fecha en que finalicé los estudios de Ingeniero Técnico en Topografía en la Universidad Politécnica de Madrid, y llevando conmigo el premio extraordinario del Ministerio de Educación (un nombre claro, conciso y expresivo), fui profesora en la Universidad Politécnica de Las Palmas de Gran Canaria; aprobé la oposición de Ingenieros Técnicos en Topografía al Cuerpo de Técnicos de Grado Medio del Ayuntamiento de Madrid; y estando destinada en la Gerencia Municipal de Urbanismo de nuestra ciudad, tomé la difícil decisión de abandonar un buen sueldo, unos compañeros entrañables y un destino atractivo para presentarme a una plaza interina de profesor en la Escuela de Ingenieros en Topografía de la Universidad en la que había estudiado. En el año 1990 llevaba ya dos años de docencia, me preparaba una nueva oposición, y tras haber finalizado la licenciatura en Ciencias de la Educación por la UNED, me encontraba inmersa en el doctorado en esta especialidad.

Desde mi *ventana*, teniendo al lado a Paco Ayora, podía disfrutar de aulas con más de cien alumnos, cuatro grupos en primero y dos en segundo y tercero, prácticas a todas las horas del día, equipos físicos de fotogrametría, topografía, etc.; y la tecnología GPS (única constelación por aquel entonces) asentándose desde la geodesia a aplicaciones en la construcción y en mi caso en arqueología. Como profesora de Métodos Topográficos experi-

menté cómo las cuatro fases de un proyecto (planificación, captura, proceso, visualización) se mantenían en el tiempo, mientras se recuperaban los métodos antiguos (de nivelación barométrica para redes GPS, por ejemplo); y cómo nos adentrábamos en escenarios digitales. Mostraba a mis alumnos la medición del Everest con técnicas GPS, demostrándose que era el pico más alto del mundo, frente al K2. El Nivelador era una profesión perdida (serie emitida por TVE) y la titulación de Perito en Topografía se había convertido en Ingeniero Técnico en Topografía.

En 1995 realicé mi primera campaña en Emiratos Árabes Unidos. El Dr. Córdoba (UAM) me pidió que colaborase con él, los levantamientos del yacimiento habían sido realizados mediante perfiles topográficos con niveles. Desde campañas anuales y colaboraciones, hemos estado trabajando implementando las nuevas tecnologías del momento a escala de objeto, de yacimiento y del entorno, en lo que ha sido *La búsqueda de la métrica en los documentos de divulgación científica* (Datum XXI, Nº 3, marzo 2003).

En el año 2001, en el campus de Guadalajara de la Universidad de Alcalá, en las Jornadas Técnicas sobre Topografía, Cartografía, Fotogrametría, Geodesia y Teledetección, presenté un artículo que para mí hoy podría recoger lo que fue la topografía durante este periodo de tiempo. Lo titulé «*La cartografía y la investigación: del plano al espacio*». Habíamos empezado delineando con tiralíneas, representando la altimetría con curvas de nivel, diferenciando la representación planimétrica y altimétrica; y estábamos ya inmersos en el mundo 3D, integrando información terrestre, aeroportada y satelital. La nube de puntos como unidad de captura desde los escáneres láser terrestres estaba ya con nosotros, y la estatua de Cibeles en mi ordenador.

DESCRIBIENDO NUESTRO 2020: «DOS A UNO»

2020, en casa, encerrada por el confinamiento y poniendo en marcha docencia online en tiempo real. Se ha producido una fractura y el mundo ha de reajustarse, es impresionante que pueda escribir esta frase y nadie pue-

da acusarme de tremendismo. Un cuadro más fácil de describir que el anterior, solo tengo que detener el tiempo, abrir los ojos, y mirar hacia la derecha, la izquierda y ¿por qué no?, de frente.

En nuestra profesión hablamos de modelado 3D, digitalización, ingeniería inversa, gemelos digitales, sustituyendo palabras clásicas como levantamiento o cartografía digital. Aplicamos técnicas no intrusivas para datos georeferenciados y buscamos términos que puedan describirnos. Las curvas de nivel han llevado a la representación de nubes de puntos en 2D coloreadas por elevación, y a los modelos digitales del terreno con clasificaciones de puntos y automatización masiva. Una realidad que todos vosotros conocéis mejor que yo.

Universidad y docencia. Sigo en la Universidad Politécnica de Madrid, mis asignaturas son *Láser Escáner y Nuevas Tecnologías* en el Grado de Ingeniería Geomática y Topografía y *Modelado 3D y Sistemas Láser Escáner* en el Máster Universitario en Ingeniería Geodésica y Cartografía. Mis proyectos de investigación siguen orientados a la arqueología. Y en ellos puedo seguir aplicando lo último de nuestra especialidad.

En la Escuela tenemos equipos musealizados, y si nos movemos por los laboratorios todo es software. Programas de fotogrametría, de teledetección, de cartografía, y de topografía en laboratorios virtuales como última innovación docente. Los laboratorios solo tienen ordenadores, les diferencia el cartel de la puerta y en principio los pro-

gramas que se instalan en sus máquinas. Los profesores no tenemos batallas que contar durante las prácticas, durante mucho tiempo fue ilegal trabajar fuera de la universidad y ahora que el art. 83 lo permite, es cuestionable su realidad.

Hoy me levanto con la noticia de que el número de muertos por el Coronavirus es mucho mayor de lo que dicen las cifras oficiales. Lo que nos dicen y lo que es. Pensaríamos que cuando ya estás dentro de una institución puede ser más fácil llegar a las cifras, a los datos y a los números. Puedes querer conocer el número de alumnos que realmente asisten a clase en el curso anterior al tuyo, puedes querer conocer las licencias de software que tenemos, puedes realizar una petición: «Necesitaría el nombre del programa, versión y precio de compra» (email 20-11-19). Y se recibe respuesta, en la Escuela oficialmente contamos con «los siguientes programas: Autodesk suite v2019, Bernesse GNSS Software, Digi21, Intergraph Erdas v11, Leica Erdas v9.0, Safe FME, Intergraph Geomedia v6.1, Leica Cyclone, Leica Infinity v.3.0.1, Leica Geo Office v6.0, Msearchcorp Geolab 2001, Presto v13, Oracle Primavera PM P6, Toolsa Clip & Curvado, Trimble Real Works v6.2.1, Trimble Real Works v10, Trimble Business Center v5, Bentley Microstation 7.1, y MindManager Pro v6. En cuanto al precio de las compras y al no ser significativo para la docencia, no te lo puedo proporcionar» (email 23-11-19).

La identidad perdida. Yo soy *Ingeniero Técnico en Topografía*, ¿mis alumnos que son? Mi titulación se ha



extinguido en España, los que la dejaron colgada es imposible que puedan llegar a obtener ya un título en nuestra profesión sin empezar prácticamente desde cero, y estamos llegando a que este título no aparezca en las convocatorias de oposiciones de organismos oficiales. En Madrid, de *Ingeniero Técnico en Topografía*, pasamos a *Graduado en Ingeniería Geomática y Topografía*, titulación que se imparte por última vez en el curso 2019-2020 para dar paso a una nueva titulación de *Graduado en Ingeniería Geomática*. El título se ha planificado de manera que sobre los dos primeros años comunes, se puede seguir estudiando dos años más y graduarse como tal, o puede optarse por cambiar de título e ir al *Grado en Ingeniería de las Tecnologías de la Información Geoespacial*, y en este camino al final no hay competencias profesionales, no se puede desempeñar la profesión de *Ingeniero Técnico en Topografía*, formar parte del colectivo, ni del colegio profesional. Dos años comunes y luego dos salidas profesionales diferentes. ¿Cuántos de los alumnos que ingresan se van a quedar estudiando en el *Grado en Ingeniería Geomática*? ¿Cuántos titulados anuales tendremos a partir del próximo año en este Grado?

La titulación que yo estudié de *Ingeniero en Geodesia y Cartografía* también ha desaparecido, y ha sido sustituida por el *Master Universitario en Ingeniería Geodésica y Cartografía* que está languideciendo y tiene los cursos contados. Las horas reales de docencia previstas para el Máster son 1754 horas. Según planteemos las horas de profesor, si lo hacemos al máximo, 240 horas/profesor al año serían 7,3 profesores para los alumnos que sean, si fueran 5, más de un profesor por alumno. Y el curso pasado fueron cinco, y éste son 2.

¿Qué está pasando en la universidad? ¿Y en Topografía? Estamos impartiendo titulaciones (y vaya en plural el sustantivo) en las que el ratio *alumnos por profesor* es dos a uno. Las matriculas que pagan dos alumnos frente al sueldo anual de un profesor. *Dos a uno. ¿Puede permitirse la universidad española estos ratios alumnos por profesor?* Éste sería el título de mi artículo hoy.

IMAGINANDO UN 2050: CHISPAS JUNTO A LOS DEMÁS

Sobre los recuerdos de la profesión del nivelador perdida y sobre las cenizas del Ingeniero Técnico en Topografía, me pedís que en tiempos de recogimiento y de muertes imagine. Que imagine algo inexistente y además, con vistas a 30 años. A 10 años podría intentar racionalizar tendencias, buscar criterios o identificar motores de cambio; en el transcurso del tiempo me pierdo.

En los 90's recuperé para mis alumnos el video de la «Profesiones que se extinguen: el Nivelador». En el 2050 busco al *Ingeniero Técnico en Topografía* y ya no existe. Desaparecimos y no sé cuándo.

En los 20's estábamos ya muy especializados, entre los profesionales de nuestro campo y entre los profesores, ya no éramos versátiles, no podíamos reconvertirnos fácilmente de un área de enseñanza a otra. La formación que se impartía se componía de piezas de puzzle, muy potentes cada una, pero mi pregunta es si la imagen que aparecía al final del proceso de formación, con todas esas piezas juntas, tenía algún sentido o seguía siendo un puzzle.

Me pedíais mi opinión personal, y aquí va. Las personas que formamos saben de varios o múltiples campos, pero no pueden profundizar en casi ninguno de ellos, no pueden competir con Telecom, ni con Industriales, con Matemáticos, ni con Físicos; y podría seguir mencionando. No dominan diseños de equipos, desarrollo de software, programación, tratamiento de datos.... Nos movemos a nivel de usuario y la posibilidad de especialización posterior es prácticamente nula. Para profundizar tienen que empezar casi de cero para algún día poder ser «el que más sabe de...». La posibilidad de recobrar una identidad muy definida, clara y que complementa una necesidad, la hemos perdido. La palabra Topografía ha desaparecido y con ella, en mi opinión parte del contenido.

En el 2050 muchos de nosotros no existiremos y tampoco nuestra profesión. Quedarán chispas fuertes, y brillantes en áreas diversas donde podremos reconocer nuestra esencia: la cartografía, la integración de datos de captura directa, el análisis espacial...; pero no será una profesión quien se encargue de ello sino ingenieros con base sólida que decidieron especializarse en la representación del territorio o de espacios 3D, para llevar la ciencia más lejos.





Cartografía catastral: pasado, presente y ¿futuro...?

Carmen Femenia-Ribera

Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría (DICGF),
Universitat Politècnica de València (UPV), España

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 54-49
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

En los últimos 30 años la cartografía catastral ha sufrido grandes cambios; y en lo que respecta a la creación de nueva cartografía, que suele ser un proceso muy lento, estos últimos años han avanzado con gran rapidez en relación a periodos anteriores. Se ha pasado de una cartografía en papel a la cartografía digital accesible para cualquier ciudadano en cualquier parte del mundo, con una conexión a internet, y con un teléfono móvil en sus manos. Estos cambios han afectado a la cartografía en general, y no menos a la cartografía catastral, como fuente básica de información para el ciudadano, que ve en ella la cercanía y familiaridad de su entorno más cercano. De hecho la Directiva Inspire Europea incluye a la parcela catastral como información básica de referencia. En el entorno internacional, se ha pasado de un catastro en 2D en formato papel, más tarde a su versión digital, tras ello al catastro 3D (en países más desarrollados que ya están trabajando en ello), y se está empezando a hablar de catastro 4D (con la componente temporal histórica) e incluso de catastro 5D (hablando de las previsiones futuras del catastro) como un futuro previsible, aunque lejano.

Por ello cuando me propusieron hablar de los últimos 30 años de la cartografía catastral, ante todo me planteé... ¿de dónde? Los últimos 30 años en España, de los que luego hablaré un poco, son muy diferentes a los de otros países. En líneas generales todos pasamos o pasaremos por el mismo proceso, viendo cómo van avanzando países más desarrollados que el propio. Pero si nos ponemos a comparar a nivel internacional muchos países están a años de distancia unos de otros en cuanto se refiere a la cartografía catastral; algunos, y no son pocos, carecen de cartografía catastral en gran parte de su territorio; por ello ni siquiera podemos hablar de catastro 2D, ya que simplemente no se tiene. Iniciado en el año 1994, en el seno de la Federación Internacional de Geómetras (FIG) se redacta el catastro 2014, documento referente a nivel internacional, como visión para un sistema catastral futuro en los próximos 20 años. Podemos decir que las líneas que dicta son las correctas, pero los plazos están muy alejados de los previstos en muchos países. En el año 2014 se echó la vista atrás sobre las declaraciones conseguidas o no; y aún hoy seguimos en la mayoría de países sin llegar a ellas; aunque los más avanzados ya miran al catastro 2034. Esa es la previsión del camino a seguir, aunque el factor más importante lo marca el gran desfase de tiempo entre países; en unos se trabaja con el catastro 3D y en otros ni siquiera existe cartografía.

Destacar que el 50% de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) están relacionados con el territorio; siendo la cartografía catastral una información básica. Para conseguir alcanzar estos objetivos es necesaria la existencia de cartografía en países que carecen de ella, por ello la aparición de metodologías como Fit-For-Purpose (FFP), enfocada al propósito. En donde se pretende una menor exigencia en la recopilación de datos en aras a una mayor rapidez en disponer de una información tan necesaria que no puede esperar; luego ya habrá tiempo para la mejora. Hacer las cosas bien requiere su tiempo, en estos casos muchos años. Aunque ante todo hay que sentar unas buenas bases, con un buen modelo de datos; actualmente ya disponible un estándar al que seguir desde el año 2012: ISO 19152 (Land Administration Domain Model, LADM). En donde el mantenimiento catastral continuo en el tiempo es imprescindible y necesario. ¿En cuántos casos se ha generado nueva cartografía y luego no se ha mantenido? todo ello implica una inversión perdida. Por tanto, las decisiones a tomar deben ser a muy largo plazo, esto es una carrera de fondo en donde cada pequeño paso en una buena dirección es un gran logro.

En este contexto, el tiempo (en años, décadas) es fundamental para ubicar en que momento y situación está cada país al respecto. Y para «correr» más o menos hay que plantearse ante todo donde se quiere llegar. A nivel catastro se tiende a hablar mucho de catastro multipropósito, multifinanciarario. Pero me pregunto ¿esto qué significa? ¿Un catastro que sirva para «todo»? ¿de zonas sin cartografía, quiero llegar a múltiples usos en poco tiempo? creo que todos estarán de acuerdo en que es imposible. Pero si nos ponemos a estudiar bien los objetivos principales de este catastro (por ejemplo, en el entorno iberoamericano), básicamente se busca un catastro que sirva para el cobro equitativo del impuesto sobre los bienes inmuebles, y que además permita delimitar la propiedad de cada individuo para dotar al sistema de administración del territorio de una seguridad jurídica. Esto último es lo que a mí me gusta llamar «cartografía jurídica»; y este, podemos decir que es el objetivo más exigente, sobre todo en cuanto a calidad métrica de la cartografía y a la cantidad de metadatos requeridos. Esto repercute en una mayor recopilación de datos, mejores técnicas de medición, más caras y con necesidad de mayores recursos y tiempo. Pero si conseguimos esa cartografía con validez jurídica, el resto de objetivos siempre serán menos exigentes, y podremos ampliar sobre una base sólida. Aunque

sea a largo plazo; cada paso que se adopte debe buscar el dotar de seguridad jurídica a la cartografía. Y como técnico, no me refiero a mayores exigencias métricas y de precisión, como algunos dicen, sino sobre todo a la recopilación de los metadatos geográficos relacionados. No mayor precisión sino saber cuánta, quién, cómo, ...; sobre ello luego se puede construir cualquier cosa.

En el caso de España, hace 30 años nos encontrábamos con nueva cartografía en formato digital procedente principalmente de fotografías aéreas y ortofotos; coexistiendo con partes del territorio con cartografía en papel más antigua creada muchas veces con técnicas de topografía clásica. Actualmente podemos afirmar que esa cartografía realizada mediante levantamientos topográficos directamente en campo, suele ser de mejor calidad métrica que la actual. Pero tiene el inconveniente de un mayor coste en tiempo y dinero; por ello se optó por la digitalización sobre ortofotos; ya que no se puede tener todo (de calidad, rápido y barato). Se elige la técnica a utilizar en base a los objetivos que se buscan. Las últimas técnicas de medición han permitido tener la totalidad del territorio español cartografiado de una manera mucho más rápida y barata que respecto a años anteriores; aunque en detrimento de su precisión, y sujeta a la interpretación de los linderos aparentes. ¿Es suficiente...? nos podemos preguntar... Depende para qué.

A finales del siglo XX se pasó a tener todo el territorio cartografiado de modo continuo, en formato vectorial pero con técnicas de medición distintas dependiendo de municipios. Y ya en el año 2005 se produce un gran cambio significativo con la Sede Electrónica del Catastro, poniendo a disposición de cualquier ciudadano de modo libre toda la cartografía catastral, cumpliendo así las políticas de datos abiertos. Desde este primer gran salto se ha ido produciendo grandes avances, cada vez existe más información disponible y de modo más accesible y gratuito. La contribución de la cartografía catastral a la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) es fundamental; siendo cada vez más utilizada y reutilizada para aportar un valor añadido a la información, cumpliendo así con la directiva europea sobre reutilización de la información del sector público. Y un cambio trascendental respecto a los objetivos iniciales del Catastro fue la publicación de la Ley 13/2015; en donde la cartografía catastral pasó a ser la cartografía básica de referencia del Registro de la Propiedad. Siendo así un objetivo mucho más exigente, se debe mejorar la cartografía para permitir una mayor y mejor coordinación; que 5 años después aún está sentando las bases; y lo que aún queda.

Aunque se ha hecho mucho, aún queda mucho por hacer, este es un camino muy largo; y las buenas decisiones ayudan a seguir avanzando, sin prisa pero sin pausa; ya que una mala decisión es un paso atrás que luego resulta difícil desandar. Aprendamos de otros aprovechando las buenas decisiones y aprendiendo de los errores para no repetirlos, el camino está

trazado y hay que seguirlo sin perderse y agotar las fuerzas; así dentro de pocos años podemos decir que hemos avanzado mucho más que lo que inicialmente preveíamos. Pero siempre teniendo presente los objetivos buscados, con metas a más corto plazo, que permitan en el futuro seguir construyendo sobre cimientos sólidos; ningún país se puede permitir perder inversiones y esfuerzos, que cualquier pequeño paso cuente para avanzar. Y como bien dice el refranero valenciano «Tota pedra fa pared = Toda piedra hace pared»; pues hoy pongamos nuestra pequeña piedra, y vayamos sumando para llegar más rápido al futuro catastral que nos espera.

SOBRE LA AUTORA

Desde el año 1998, Profesora Titular de Catastro en la Universitat Politècnica de València (España); adscrita al Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. Ingeniero Técnico en Topografía y Doctor Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Responsable de labores de docencia e investigación en temáticas de Catastro, Registro de la Propiedad, coordinación cartográfica, legislación territorial, deslindes, servidumbres, ... Participación en jornadas y congresos, publicación de libros y diversos artículos en revistas tanto técnicas como jurídicas relacionadas con Catastro, Registro y delimitación de la propiedad. Miembro activo de las distintas comisiones nacionales del Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica, COIGT (España) relacionadas con temáticas catastrales y de propiedad. Representante del COIGT en la comisión 7 de la Federación Internacional de Topógrafos, FIG. Miembro de la Academia Panamericana de Profesionales de la Agrimensura y la Topografía, APPAT. Administradora del blog «¿Cuánto mide mi parcela?. Sobre Catastro, Cartografía y Delimitación de la Propiedad» [<http://planosypropiedad.com>].



30 años que cambiaron lo que conocíamos del planeta

Javier Fernández Lozano

Dr. Ciencias Geológicas
Área de Prospección e Investigación Minera. Escuela Superior
y Técnica de Ingenieros de Minas. Universidad de León

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 56-57
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

En la actualidad, las Ciencias de la Tierra atraviesan por un momento crítico, agudizado por cambios constantes en los planes de estudio y un descenso considerable del interés social por la ciencia. Costó casi 200 años, con un rápido desarrollo entre los siglos XVIII y XIX, que la Geología, como ciencia, deslumbrara al mundo con los nuevos descubrimientos. Los episodios más destacados dieron respuesta a cuestiones como la formación de las rocas, el origen orgánico de los fósiles o los procesos de transformación del relieve, como resultado de la actividad glacial o la Tectónica de Placas, entre los más destacados.

Asimismo, nuevos paradigmas han saltado al escenario científico a lo largo del último siglo. El avance de la informática ha mejorado los programas asistidos por ordenador para el tratamiento de datos. Grandes volúmenes de información pueden ser procesados en tan solo unas pocas horas. Esto ha contribuido de manera significativa al desarrollo de potentes aplicaciones basadas en complejos algoritmos, que permiten la generación de modelos matemáticos en campos tan importantes como la meteorología, la hidrogeología, la tectónica o la minería. El desarrollo de modelos 3D y hasta los 4D, facilita la resolución de problemas y el análisis detallado de las geometrías de cuerpos geológicos en entornos virtuales. A través de los modelos obtenidos, se pueden aplicar distintas perspectivas y condiciones de contorno, constituyendo así todo un reto para la exploración de recursos minerales y energéticos en espacios reducidos y de difícil acceso, como son las profundidades terrestres. Además, gracias a la adición de la dimensión temporal, los modelos 4D simplifican la elaboración de planes de gestión y la toma de decisiones a partir de la monitorización de fenómenos naturales. Ya existen notables ejemplos de aplicación para casos como las erupciones volcánicas, las inundaciones, los deslizamientos y otros eventos catastróficos que causan anualmente ingentes pérdidas humanas y económicas en todo el planeta.

Por otra parte, la llegada de internet libre a principios de 1990 ha contribuido de forma determinante a una globalización sin precedentes de la información. Esto ha facilitado el acceso a la investigación actualizada a

países subdesarrollados, favoreciendo su avance científico, democratizando, en definitiva, el conocimiento. En la última década, esta mayor accesibilidad ha propiciado un rápido crecimiento de la productividad, que ha duplicado el número de artículos científicos publicados anualmente en este campo.

El desarrollo de la red inalámbrica ha impulsado las telecomunicaciones. El acceso a Wifi 4G y el 5G, implantado ya en algunas minas europeas, están permitiendo la explotación de recursos a través del control externo de la maquinaria pesada, contribuyendo a garantizar la seguridad en el interior de la mina y el trabajo coordinado para una explotación más eficaz y controlada de los recursos.

Las nuevas y mejores tecnologías han impulsado prácticas más seguras y precisas para la adquisición de datos en campo y su posterior procesado. En este sentido, los smartphones y tabletas han jugado un papel muy importante en la última década, al tratarse de dispositivos ligeros y de reducido tamaño, con cámara y GPS integrados. Esto ha permitido trabajar conectados desde cualquier lugar, así como almacenar, enviar y exportar información en una gran variedad de formatos para su tratamiento directo en sistemas de información geográfica.

El avance tecnológico ha supuesto también un importante estímulo para la investigación científica, en muchos casos de la mano de la industria armamentística y aeroespacial. Algo que viene sucediendo desde mediados del siglo pasado con muchas de las técnicas geofísicas que se utilizan en la actualidad. A su vez, la implementación de métodos y tecnologías del ámbito de la geomática ha resultado de interés para el estudio geológico en zonas remotas o de difícil acceso, permitiendo la adquisición de datos con rapidez y elevadas resoluciones en diversos campos. Esto ha supuesto un significativo avance en estudios de piezas y entornos naturales a diferentes escalas (micro-, meso- y macroescala), asistiendo en la monitorización de procesos geológicos mediante drones y láseres terrestres y aerotransportados, y potenciando el estudio detallado de restos paleontológicos (anatomía comparada, morfometría, etc.). También, las nuevas técnicas de datación, más sofisticadas y precisas, permiten proporcionar eda-

des más ajustadas y con menos limitaciones que hasta hace sólo unas décadas. Gracias a la incorporación de técnicas geocronológicas más precisas, basadas en la descomposición de isótopos radioactivos, hemos pasado a conocer con altísima precisión la edad de nuestro planeta ($4\,543 \pm 1$ Ma) y otros eventos geológicos de relevancia mundial, como la aparición de los primeros homínidos (6 ± 1 Ma).

El desarrollo alcanzado hasta el momento ha supuesto nuevos retos para el futuro, como la explotación de recursos en regiones inexploradas del espacio exterior y, sobre todo, los fondos marinos, que conforman las tres cuartas partes menos conocidas de nuestro planeta. El estudio de otros espacios naturales, como las cuevas, permitirá el acceso al conocimiento físico-químico de las reacciones producidas por microorganismos que viven en condiciones hostiles, pero capaces de proporcionar los medicamentos del futuro, como los antibióticos de última generación. La búsqueda de nuevas formas de vida y planetas con capacidad para albergarla, gracias a la presencia de agua en diferentes estados, seguirá siendo la piedra angular de los nuevos avances en la astrofísica. Pero el ser humano tendrá también que hacer frente a grandes retos, como las epidemias, el cambio climático y la contaminación. Un planeta más caliente supone la fusión de grandes masas de hielo y la reactivación de agentes patógenos atrapados en ellos y desconocidos hasta el momento. Episodios de inundaciones y grandes sequías, cada vez más frecuentes y de mayor envergadura, requerirán de un mejor conocimiento de nuestro planeta, para una ordenación del territorio y aprovechamiento de los recursos más efectivo.

El futuro de las Ciencias de la Tierra pasa por una reducción progresiva de los grandes descubrimientos, que será compensada con una mejora en el conocimiento de algunos aspectos ya conocidos, a través de una mayor resolución y precisión obtenidas gracias a los avances tecnológicos. La expansión del conocimiento científico adquirirá dimensiones globales, propiciando el desarrollo que debería dirigirnos hacia formas de vida más sostenibles, a través de la gestión eficiente de nuevos recursos y el reciclado, que irán desplazando las políticas económicas y energéticas más contaminantes y dañinas para el medio que nos rodea. En cualquier caso, se antoja difícil vislumbrar el futuro, a tenor del rápido y continuo crecimiento social y tecnológico que hemos vivido en las últimas tres décadas, y que ha cambiado el mundo tal y como lo conocíamos. El ritmo de crecimiento quedará definido por los avances que puedan llegar a producirse en los próximos años y la capacidad de los Estados

para gestionar problemas globales, como pandemias, el cambio climático y el subdesarrollo. Un buen ejemplo es el impacto a nivel mundial que ha adquirido en 2020 la expansión del virus SARS-CoV-2, del cual ya avisaban los científicos trece años antes. En definitiva, de la capacidad del ser humano de adaptarse a situaciones límite que lleven al estancamiento de nuestra civilización. Sin duda serán estos los retos a los que las sociedades del futuro y las Ciencias de la Tierra deberán enfrentarse para seguir creciendo.

Con todo ello, las «Geociencias» atraviesan por uno de sus mejores momentos de la historia, desde el punto de vista científico. Sin embargo, la pérdida de competencias en diversos campos de la ingeniería y el medioambiente, la enseñanza, etc., a las que no se ha sabido reaccionar con prontitud, han desencadenado una pérdida del interés social por esta ciencia en los últimos 30 años. Una situación que en la última década ha ido cambiando, al admitir la importancia de la divulgación científica, abordada desde diferentes perspectivas, que ha conseguido atraer a un público cada vez más diverso (iniciativas como el Geolodía de la Sociedad Geológica de España, los Geoparques y rutas geológicas, entre otras). Aún queda mucho camino por recorrer; reenganchar a la población más joven se plantea todo un reto para el futuro. Hoy, el turismo geológico está adquiriendo un creciente interés, la sociedad demanda información y conocimiento. Tenemos, por tanto, una buena oportunidad para volver a conectar nuestra sociedad a las Ciencias de la Tierra.



Una triple perspectiva del impacto de las investigaciones espaciales en el conocimiento de nuestro planeta

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 58-59
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Francisco Javier Galindo Mendoza

Director Real Instituto y Observatorio de la Armada

En la noche del 4 de octubre de 1957, desde la base de Baikonur en Kazajistán (por aquél entonces parte de la URSS) se lanza un cohete que en tan solo unos minutos ponía en órbita al que se convertiría en el primer satélite artificial de la historia de la humanidad, el Sputnik-1, situando de esta manera a la Unión Soviética en una posición de liderazgo. Pese a que se mantuvo orbitando alrededor de nuestro planeta durante algo más de tres semanas antes de que se quedara sin suministro energético, constituyó uno de estos hechos que marcaron un antes y un después en la recta del tiempo.

Desde aquel momento, se han ido sucediendo las misiones para poner en órbita nuevos y variados ingenios espaciales. No cabe duda de que estas misiones han proporcionado un enorme abanico de posibilidades, que para apreciarlas bastaría con pararse a pensar como sería nuestra vida sin la capacidad de elegir la ruta óptima cuando emprendemos un viaje, o la posibilidad de detectar y monitorizar incendios en lugares no vigilados. Sin embargo, en este artículo me centraré en lo que determinadas misiones espaciales como las altimétricas, las gravimétricas o las magnéticas, han supuesto para el avance del conocimiento en las Ciencias de la Tierra.

LAS MISIONES ALTIMÉTRICAS

El lanzamiento del satélite *Skylab* en 1973 supuso la comprobación de lo que hasta entonces había sido tan solo una conjetura. La superficie del mar, más concretamente su nivel medio, reflejaba la topografía del fondo marino dado que este parámetro, en correspondencia con el concepto físico de Geoide, era sensible al campo de la gravedad.

La Fosa de Puerto Rico (más de 9000 metros de profundidad) fue detectada con claridad a partir de los registros de la misión *Skylab*, pese a que el radar altímetro tenía una precisión algo inferior a un metro, al manifestarse como una «depresión» del nivel del mar algo superior a 10 metros a lo largo de un arco de unos 740 km de longitud.

Sin embargo, si se pretendiera detectar detalles no tan pronunciados como cordilleras submarinas, fallas transformantes o volcanes submarinos, esto requeriría disponer asimismo de un conocimiento preciso de la posición del satélite.

La misión *Topex/Poseidon*, lanzada en 1992, supuso un hecho de enorme transcendencia en esta técnica. Por primera vez un satélite altimétrico transportaba un sistema experimental de posicionamiento basado en un receptor GPS. Esto

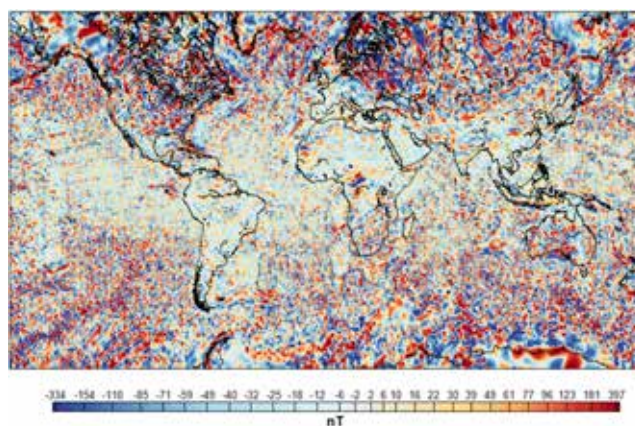
le permitió alcanzar una precisión en el conocimiento de su órbita nunca antes lograda y por primera vez se estimaban medidas del nivel del mar con precisiones del orden de los centímetros.

A esta misión le han seguido otras como la serie *Jason*, la *Envisat*, y actualmente la *Sentinel-3*. Todas ellas han contribuido o contribuyen a proporcionar un conocimiento sin precedentes de la morfología del fondo oceánico, aportando información que confirma la Teoría de la Tectónica de Placas, revelando asimismo detalles de nuestra corteza ocultos bajo capas kilométricas de sedimentos, a través de la conexión existente entre el Geoide y el campo gravitatorio terrestre.

LAS MISIONES GRAVIMÉTRICAS

El lanzamiento de los primeros satélites artificiales proporcionó en menos de 10 años un incremento espectacular en el conocimiento del campo gravitatorio a través del primer modelo de Tierra Standard. Pese a que este conocimiento fue mejorando paulatinamente, como lo demuestra los sucesivos modelos de Tierra obtenidos, probablemente el lanzamiento del satélite *CHAMP* en el año 2000, seguido de las misiones *GRACE* (2002), desarrollada conjuntamente entre la *NASA* y el *DLR* alemán, y *GOCE* (2009) de la *ESA*, han supuesto el mayor salto cualitativo en estos años.

La misión *CHAMP* fue la primera en combinar un seguimiento 3D continuo a escala global utilizando *GPS* con la medida de las fuerzas no-gravitacionales que actuaban en todo momento sobre él. Sin embargo, una limitación intrínseca a esta técnica viene condicionada por la atenuación que expe-



Mapa Mundial de Anomalías Magnéticas, WDMAM, segunda versión (2015)

rimenta la señal gravitatoria con la distancia. Por ello, para incrementar la sensibilidad y consecuentemente la resolución, era necesario poder contar con misiones que observaran el campo gravitatorio terrestre a menor altura, lo cual reduciría sensiblemente el tiempo de vida (semanas o meses) al quedar sometido a la fricción atmosférica.

Esta dificultad fue superada en las misiones *GRACE* y *GOCE*, utilizando procedimientos gradiométricos. Esto incrementaba la sensibilidad ante alteraciones en la gravedad en un nivel que permitía detectar variaciones estacionales, o simplemente temporales, en el campo gravitatorio.

Esto ha abierto un amplio repertorio de posibilidades como la detección del movimiento de masas de hielo, el desplazamiento de masas causado por terremotos, o el poder detectar variaciones en el valor de la gravedad atribuibles a la redistribución de masas de agua en los continentes como consecuencia, por ejemplo, de un abuso de los recursos hídricos.

LAS MISIONES MAGNÉTICAS

Nuestro planeta posee un campo magnético propio, denominado campo magnético terrestre (*CMT*), que se comporta como si más de un 90% de éste fuera producido por un gran imán cercano a su centro y ligeramente inclinado respecto a su eje de giro.

Existen otros factores que en menor medida condicionan su valor, como la presencia del Sol y Luna, que alteran el estado de la ionosfera generando desplazamientos de cargas eléctricas con la consecuente contribución magnética externa. Adicionalmente, la propia corteza terrestre alberga materiales que por sí mismos o como consecuencia de su comportamiento ante un campo magnético externo, son capaces de modificar ligeramente el campo magnético de nuestro planeta. Esta contribución es conocida como *campo cortical*, y reviste especial importancia al estar relacionada con la presencia de yacimientos minerales u otro tipo de recursos.

El estudio de las anomalías magnéticas oceánicas ha constituido la base fundacional de la Teoría de la Tectónica de Placas, facilitando detalles sobre nuestro pasado geodinámico.

La puesta en órbita en 1999 del satélite danés *OERSTED*, seguido por otras misiones como *CHAMP* (2000) y más recientemente *SWARM* (2013), ha permitido disponer de un conocimiento muy preciso y de gran detalle del *CMT*, ayudándonos a comprender mejor su evolución temporal e incluso a predecir su variación espacial a medida que transcurre el tiempo.

Desde los años 70 del pasado siglo han venido publicándose mapas de *campo cortical*, más conocidos como de *anomalías magnéticas*, representando la contribución magnética de la corteza al *CMT*. Sin embargo estos mapas carecían de resolución o bien presentaban zonas, principalmente en océanos o latitudes altas, de pobre cobertura espacial.

La irrupción de la misión *CHAMP* permitió obtener el pri-

mer mapa detallado de las anomalías magnéticas terrestres, tras aplicar determinadas técnicas matemáticas ya existentes pero inaplicables mientras no existió una plataforma capaz de proporcionar información precisa en el dominio de las longitudes de onda de dimensión continental hasta la regional.

En estos últimos años se ha puesto en marcha una iniciativa, co-liderada por el Real Observatorio de la Armada y el Instituto de Física del Globo de París, el Proyecto del Mapa Mundial de Anomalías Magnéticas (*WDMAM* por sus siglas en inglés). En el año 2015 se presentó la segunda versión del mapa. En ella, el principal avance respecto a la anterior (2007) se localizaba en los océanos. Este proyecto proporciona sin duda la visión más precisa y amplia de la distribución de las propiedades magnéticas de la superficie del planeta, ayudándonos a comprender mejor los procesos que tienen lugar en la corteza y probablemente en la parte superior del manto, además de proporcionar una ventana única a la historia geodinámica de la Tierra.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Todo lo expuesto anteriormente muestra el avance tan enorme que en tres parcelas íntimamente conectadas con las Ciencias de la Tierra, ha experimentado la comunidad científica a través de un esfuerzo motivado por la denominada *Década de la Investigación en el Geopotencial* (década del 2000), transformando la concepción que se tenía de nuestro planeta en tan solo 30 años escasos.

Las misiones altimétricas han encontrado continuidad en las *Sentinel-3* y *Jason-3*, y van a seguir aportando información valiosa durante al menos otros 10 años con los satélites A y B de la misión *Jason-CS/Sentinel-6*. Las misiones gravimétricas han encontrado afortunadamente continuidad en la misión *Grace Follow-on* (2018) cuyo objetivo principal es la obtención de modelos de alta resolución del campo gravitatorio terrestre, siendo también sensible a sus variaciones temporales. La perspectiva es algo más incierta en lo referente a futuras misiones encargadas de medir el *CMT*, si bien la misión *SWARM* aun continúa activa a pesar de planificarse con 4 años de duración. En todo caso se encamina a su último tramo de vida.



Treinta años de adaptación y mirada al exterior

Coronel Francisco Javier Galisteo Cañas

Jefe del Centro Geográfico del Ejército de Tierra

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 60-51
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

«No hay guerra que empiece sin mapas, ni guerra que acabe sin ellos».
Karl Schlögel

30 años de andadura para cualquier organización o proyecto dan para mucho, máxime si ese espacio de tiempo ha tenido lugar a caballo de dos siglos en los que el avance tecnológico ha obligado a adaptarse de forma continua. Es precisamente el año pasado cuando nuestras Fuerzas Armadas también cumplieron su 30.º aniversario participando en misiones en el exterior. Sin duda, la apertura del Centro Geográfico del Ejército de Tierra (CEGET) hacia el exterior, así como su continua adaptación tecnológica, suponen los dos principales condicionantes o tendencias en la evolución del CEGET en estas últimas tres décadas.

PASADO

Durante los años 90, el entonces Servicio Geográfico del Ejército se familiariza con el uso de potentes ordenadores y reproductores digitales, y tiene lugar la digitalización masiva de la cartografía papel para su empleo en sistemas de información geográfica, a la vez que se generaliza el empleo de los sistemas globales de navegación por satélite (GNSS). Asimismo se formó la primera carta digital de España; se realizaron los levantamientos topográficos de la Base española Juan Carlos I y algunas islas de la Antártida; y se restituyó el mapa de Móstar (Bosnia-Herzegovina) a escala 1:5.000. Además comenzó la participación del Servicio Geográfico en la coproducción internacional del VMAP 1 (Vector Smart Map, mapa vector de cobertura global y escala 1:250.000), y del modelo digital mundial de paso 1" (DTED), acometiéndose una nueva edición de la serie L (1:50.000), que es la primera con denominación y requisitos OTAN (serie M7814).

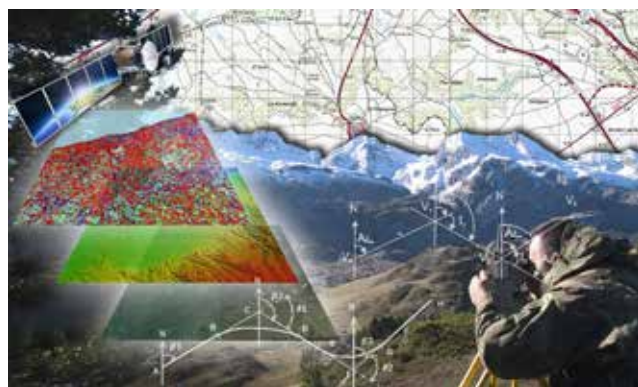
Durante esta primera década, el Servicio Geográfico del Ejército sufrió cambios relacionados con la desaparición del personal de la Agrupación Obrera y Topográfica, y de las comisiones geográficas, o lo que es lo mismo, de su despliegue territorial, dando lugar a su reestructuración, y recibiendo su actual denominación, Centro Geográfico. Eran tiempos en los que la Cartoteca sufrió una profunda remodelación en

su adaptación a la nueva condición de archivo público, hoy Archivo Cartográfico y de Estudios Geográficos, que contiene una exposición permanente visitable.

Con el inicio del nuevo siglo, y coincidiendo con la desaparición de la tropa de reemplazo, tuvo lugar el trascendental cambio en los procesos de generación de información geográfica, pasando de un proceso orientado a la producción en papel a otro cuyo producto final es de naturaleza digital (sirva de ejemplo el uso del GPS sobre vehículo para levantar las vías de comunicación). Igualmente, el CEGET consolidó el desarrollo de la Carta Digital; y apostó en la definición de un proyecto integrador del apoyo geográfico en las misiones del ET en el exterior, cuyo resultado fue la creación de la Unidad Geográfica del ET (UGET), que fue acompañado de un mayor impulso de las iniciativas de cooperación multinacional.

PRESENTE

En la actualidad, la Carta Digital, como componente software de un sistema de información geográfica que cuenta con una versión para dispositivos móviles con sistema operativo Android, acerca la cartografía a los usuarios, convirtiéndose en una herramienta fundamental, a nivel militar, que satisface las necesidades de explotación y análisis cartográfico, facilitando el análisis del terreno.



Por su parte, la UGET ha llegado a participar en todo tipo de ejercicios nacionales e internacionales, tanto en apoyo de Unidades del Ejército de Tierra, de la Unidad Militar de Emergencias, como de la OTAN, Unión Europea, Eurocuerpo, entre otros, habiendo desplegado en misiones militares en Líbano y Afganistán.

Durante este tiempo se ha mantenido la excelente colaboración con el Instituto Geográfico Nacional; el apoyo al Ministerio de Asuntos Exteriores en las fronteras con Francia y Portugal; y una regular presencia de nuestro personal entre los contingentes de la Campaña Antártica. Además, se ha potenciado la cooperación en el ámbito internacional para producir información geográfica vectorial o modelos digitales del terreno en dos programas en los que participan más de 30 países, como el MGCP (Multinational Geospatial Co-production Program) y el TREx (TanDEM-x High Resolution Elevation Data Exchange Program).

Igualmente, no se puede olvidar la participación del CEGET en los eventos más señalados para la difusión de la cultura de seguridad y defensa (Día de las Fuerzas Armadas, Día de la Fiesta Nacional, jornadas o conferencias de Cultura de Defensa, etc.), en las que se fomenta el conocimiento del apoyo geoespacial en el Ejército de Tierra, tanto en territorio nacional como en el exterior; o las exposiciones cartográficas en las que se hace gala del excelente patrimonio de nuestro Archivo.

FUTURO

En el contexto descrito anteriormente, el futuro pasa por mantener las actuales capacidades de despliegue y sus compromisos internacionales; y necesitar un mayor uso de aviones no tripulados o drones para empleo cartográfico, así como de imágenes satélite, frente a la tradicional fotografía de vuelo aéreo. Asimismo, habrá que esperar una mayor demanda en relación con la producción de mapas urbanos; la integración de información de geografía humana en los modelos de datos; y un rápido y eficiente ofrecimiento de servicios web cartográficos, haciendo accesible la información geográfica digital (como parte de la Infraestructura de Datos Espaciales Española, IDEE), de acuerdo con la directiva de la UE para la infraestructura de datos de información geoespacial, INSPIRE.

A nivel nacional, se mantendrá el apoyo geoespacial específico para el planeamiento y conducción de operaciones militares, proporcionando la información geográfica digital a los sistemas de mando y control, de información geográfica, armas o simuladores del ET, cada vez más avanzados tecnológicamente. Por su parte, nuestros militares se adiestrarán con mapas de territorio nacional con el mismo formato que el utilizado en zona de operaciones, según los criterios acordados con países aliados.

En el ámbito multinacional, se priorizará la producción de

productos digitales correspondientes a diferentes zonas de operaciones, y de interés para la seguridad y defensa (según establece el Plan Cartográfico de las Fuerzas Armadas); la participación en programas de coproducción internacionales (MGCP, MGCP Urban Vector Data y TREx); y la mejora de la interoperabilidad con ejércitos extranjeros, haciendo uso de modelos de datos de información geoespacial comunes.

DESPEDIDA

A modo de corolario, destacar que frente al avance tecnológico, lo único que ha permanecido invariable en todos estos años ha sido su centro de gravedad: la preparación, profesionalidad y valores del personal del CEGET. El personal militar y civil ha sabido integrar y explotar la tecnología existente para adaptarse a las exigencias de un Ejército de Tierra, que en la actualidad tiene su objetivo en el diseño de la Fuerza 2035, que dispondrá de unas unidades modernas con amplio uso de tecnologías de última generación, en las que sin duda el apoyo geoespacial seguirá siendo importante.

Para finalizar, dar nuestra enhorabuena por el trabajo de difusión realizado, ya que la presencia de la Geografía, u otras disciplinas relacionadas con ella, como la geopolítica, geomática o ciencias de la Tierra, es escasa en nuestra sociedad; y, esperando que celebren muchos más aniversarios, expresar el más sincero agradecimiento a la revista, para que este CEGET pueda seguir disfrutando de las oportunidades que regularmente se le brinda para darse a conocer.





Hace algo más de treinta años inicié mi carrera profesional en el Instituto Geográfico Nacional, institución a la que prácticamente he estado vinculado toda mi vida. Y a la que, con todo orgullo y satisfacción, lo sigo estando. Que la revista *Mapping* esté culminando justo treinta años de existencia, con la publicación de 200 números a sus espaldas, no hace sino corroborar mi percepción personal de que siempre ha estado ahí, acompañando a instituciones y profesionales dedicados a las Ciencias de la Tierra y del Espacio.

Por ello no puedo sino empezar transmitiendo a *Mapping*, en nombre del IGN y del CNIG, mi más sincera enhorabuena por su labor de difusión y comunicación técnica, tan necesaria en nuestro ámbito, con la que nos ha apoyado todos estos años, y, a la vez, agradeciendo a su dirección que para esta ocasión haya querido contar con mis reflexiones sobre este apasionante y largo periodo que hemos vivido.

Teniendo en cuenta lo que decía al principio, se supone que al igual que cualquier colega que también llevara en torno a 30 años de ejercicio profesional en nuestro ámbito, debería tener una visión nítida de cómo estaban justamente entonces las cosas. Pero eso no es del todo cierto. Y no lo es, al menos en mi caso, porque en este periodo han pasado tantas cosas, ha cambiado tanto el panorama, que es imposible retener en la memoria una visión completa de aquel escenario.

Desde entonces, por obra de las tecnologías de la información y la comunicación, TIC (ciertamente, no solo por ellas, pero sobre todo por ellas), todo ha cambiado; en los últimos años de forma aún más espectacular, y

sigue cambiando a ritmo acelerado. Muchos cambios, incluidos algunos muy trascendentes, no se han visto venir.

La sociedad en estas últimas décadas ha experimentado una profunda transformación social, económica y tecnológica. Y con ella también ha sobrevenido una desafiante revolución en las Ciencias de la Tierra y del Espacio, como en cualquier otro sector de actividad humana.

Los efectos de dicha revolución son más que evidentes: el comportamiento social y las condiciones de vida han cambiado drásticamente y globalmente.

En consecuencia, para comenzar repasando lo que teníamos entre manos hace 30 años permítaseme que solo me refiera, a título simbólico, a algunos ejemplos que tengo particularmente vívidos en el recuerdo. Ejemplos cuya selección seguramente está sesgada por mi mayor dedicación a determinados aspectos técnicos concretos, pero también por haberlos experimentado en el seno de la institución española de referencia en ingeniería geográfica.

Hace 30 años la Geodesia aún dependía de costos y largas campañas de campo, utilizando técnicas y cálculos, basadas en observaciones angulares y distanciametría, que nadie pensaba quedarían obsoletas en muy pocos años. Los sistemas de referencia geodésicos eran aun fundamentalmente locales y, a lo sumo, regionales.

Bien es verdad, que ya estaba en pleno desarrollo la Geodesia Espacial. Eran tiempos de la Geodesia Doppler, a la que estuve estrechamente vinculado, y la constelación de satélites Transit, y con ella, del desarrollo de los sistemas de referencia globales.

En 1990, las observaciones de VLBI geodésico duraban 24 horas, se registraban en cintas magnéticas y se observaban unos 200 cuásares en cada sesión. La precisión en las medidas de las distancias entre las estaciones observadas, ofrecía una dispersión de unos 15 cm.

La fotogrametría, que ya había supuesto una verdadera revolución en la producción cartográfica, seguía siendo compleja y costosa. Las fotografías aéreas eran, por supuesto, analógicas y los restituidores analógicos, y aun los analíticos, un alarde de complejidad óptico-mecánica.

Se desarrollaban aún trabajos de delineación cartográfica por procedimientos totalmente manuales, pero, al tiempo, comenzaban a nacer las herramientas CAD y con ella el diseño cartográfico interactivo que, junto a los posteriores avances en la automatización de los procesos de artes gráficas, lograron dar un salto espectacular en los tiempos de producción de cartografía. La cartografía (por supuesto, en papel) era entonces, en la práctica, sinónimo de lo que hoy llamamos información geográfica.

La teledetección para fines civiles, iba a remolque, como casi en todo lo relativo al uso de satélites artificiales, de los avances destinados al ámbito militar. Comenzaban, no obstante, los desarrollos para la producción de ortoimágenes espaciales que, por entonces, no podían superar escalas pequeñas por la limitación que imponían la calidad y resolución de las imágenes de satélite.

La modelización de los fenómenos geofísicos, siendo ya muy compleja, no disponía de las herramientas necesarias para realizar simulaciones rápidas o suficientemente realistas. Las redes sísmicas utilizaban complejos y delicados sismógrafos analógicos y comunicaciones lentas, telefónicas o vía satélite, que mermaban su operatividad y capacidad de reacción.

En Astronomía, es posiblemente donde, si pudiéramos medir el efecto de estas tres últimas décadas, los avances han sido más impactantes con diferencia. Los descubrimientos y sus consecuencias han sido de tal magnitud que, admitiendo que sí se fueron viendo venir, hace treinta años eran de todo punto impensables.

Para finalizar esta foto retrospectiva, no puedo olvidarme de las TIC, que como antes dije, son las auténticas protagonistas. Hace 30 años ya existía una incipiente explosión de las TIC, provocando sus primeros efectos en ciertos ámbitos tecnológicos, pero nadie sabía la dimensión de lo que, ni a corto ni a medio plazo, iban a provocar.

Los grandes ordenadores se estaban desembarazando de las tarjetas perforadas. Tenían un tamaño descomunal frente a sus capacidades de proceso, que en algunos casos envidiarían las de un portátil doméstico actual. ¿Quién no se acuerda de esas cintas magnéticas voluminosas y pesadas?

Los sistemas de información geográfica apenas habían salido de su desarrollo conceptual, y sus objetivos iban encaminados a automatizar la producción cartográfica, en lo que se denominaría entonces *cartografía automática*, más que a sus verdaderos logros posteriores con sus potentes herramientas de análisis temático, espacial y de redes.

No había nacido la telefonía móvil tal como la conocemos. No existía Internet. Y ... ¿Qué era eso de la Geomática?

El contraste de los ejemplos que he mencionado antes con el escenario que vivimos hoy día es, cuanto menos, sorprendente e impactante.

Disponemos de redes geodésicas activas por técnicas espaciales, que permiten geoposicionamiento de muy alta precisión, emiten servicios de posicionamiento en tiempo real y están involucradas en la definición y mejora de los sistemas de referencia geodésicos mundiales, a través de diversas constelaciones de satélites (GPS, Galileo, GLONASS, ...). Sin todo ello la geolocalización y navegación con dispositivos móviles, de los que tanto hoy dependemos, serían imposibles. La vinculación de estas redes con la movilidad y con proyectos actualmente en pleno desarrollo, como el del vehículo autónomo, es esencial.

Las observaciones de VLBI geodésico permiten determinar distancias con una dispersión por debajo de 5 mm, lo que ha involucrado drásticamente esta faceta de la geodesia espacial en los grandes retos actuales de la humanidad, como la monitorización de la deriva continental, el cambio climático o el nivel del mar.

Los restituidores fotogramétricos no son ya más que ordenadores de uso común utilizando aplicaciones especializadas. Los abundantes sensores aeroespaciales disponibles toman con suma facilidad recurrentes datos (imágenes, lidar, ...) con tal resolución y calidad que permiten construir con rapidez modelos de casi cualquier aspecto del territorio con precisiones equivalentes a las grandes escalas en cartografía.

Las estaciones de las redes sísmicas mundiales, incluidas las de uso volcanológico, han transformado su instrumental y comunicaciones de modo que los registros de casi todas ellas se pueden consultar en tiempo real, permitiendo que la difusión de la información sísmica a los ciudadanos y la aportación de estos a la información macrosísmica alcance cotas que eran imposibles de imaginar. Solo en la Red Sísmica Nacional se han llegado a alcanzar 30 millones de tales interacciones en un año.

En Astronomía los hitos conseguidos son, como ya mencioné antes, de ciencia ficción. ¿A quién no le suenan el *big bang*, la materia y energía oscuras, el proyecto LIGO, las ondas gravitacionales... y muy recientemente la primera fotografía de la sombra de un agujero negro o los magnetares?

Pero debo detenerme en un cambio especialmente trascendente: las políticas públicas de difusión y acceso libre y gratuito a la información geográfica por parte de las administraciones y toda la sociedad. Y eso tiene mucho que ver con la irrupción de la Geomática.

Lo que hace treinta años entendíamos por cartografía, nos hemos visto obligados a expandirlo considera-

blemente para adaptar e incorporar sus nuevas formas de producción, gestión, acceso, uso y visualización: bases de datos topográficas, cartografía en línea, realidad aumentada, escenas 3D, geoservicios, etc., que hoy son de consumo masivo e inmediato por medio de dispositivos móviles y con el concurso de los nuevos canales de comunicación de naturaleza social, las redes sociales. Hoy la cartografía es, en la práctica, sinónimo de información geográfica en toda su magnitud, y lleva a sus espaldas un duro hándicap: su cada vez más corto periodo de validez por las altísimas exigencias de actualidad.

En este aspecto, sí merece la pena detenerse sobre ciertos hitos que se consumaron hasta llegar a las actuales circunstancias.

Hace casi dos décadas se desencadenó lo que entonces conocíamos como iniciativa europea INSPIRE, como la respuesta de la Unión Europea para aprovechar las nuevas posibilidades tecnológicas en la ordenación y explotación de información geográfica. Dicha iniciativa, ya como Directiva desde 2007 para el desarrollo de una infraestructura de datos espaciales (IDE) en Europa construida, a su vez, mediante IDE nacionales, regionales y locales, tuvo su repercusión paralela y armónica en España con el establecimiento de nuestro actual Sistema Cartográfico Nacional mediante Real Decreto. Este marco normativo materializa la colaboración entre las administraciones públicas en cartografía e información geográfica, lo que resultaba indispensable (y prácticamente imposible de conseguir hace 30 años) para el desarrollo de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE).

En 2010, la Ley sobre las Infraestructuras y Servicios de Información Geográfica en España, LISIGE, traspuso a nuestro ordenamiento jurídico la Directiva INSPIRE,



expandió su ámbito de aplicación y dotó de rango legal al Sistema Cartográfico Nacional.

Los últimos años no han hecho más que constatar la cada vez más evidente necesidad de información geográfica actualizada y de calidad por parte de los grandes actores en el mundo, así como las herramientas que proporciona la Geomática para su gestión y explotación en prácticamente todos los sectores de actividad pública y privada. Lo siguiente es una constatación de lo más contundente:

La Unión Europea ha fomentado enormemente en los últimos años su programa espacial, con inversiones millonarias, tanto en proyectos como Galileo y EGNOS, como en su gran programa de observación de la Tierra, Copernicus, que ofrece abrumadoras expectativas a través de servicios basados en datos de observación del territorio en los ámbitos medioambiental, de la seguridad y las emergencias, de la administración sostenible del suelo o el crecimiento verde de las ciudades, entre otros muchos.

Y la creciente atención mundial hacia la producción y uso de la información geográfica ha quedado más que patente por la creación en 2011, por Naciones Unidas, del Grupo Especializado para la Gestión de la Información Geoespacial Global, UN-GGIM.

Si se analiza la dimensión de los cambios acontecidos en estos últimos treinta años ¿Quién se atreve a aventurar, siquiera a medio plazo, cuál será el panorama futuro? Personalmente, estoy convencido que dentro de 30 años tendremos circunstancias en nuestro ámbito profesional que hoy ni siquiera somos capaces de imaginar y que, además, nos encontrarán casi desprevenidos, obligándonos de nuevo a engancharnos a duras penas a su estela.

La revolución de las TIC sigue a lo suyo con intensidad acelerada: entramos en la época 5G. Quizá lo único que yo pueda hacer aquí es aferrarme al corto plazo aludiendo a algunos aspectos ejemplificadores, que en realidad ya han despegado.

La Geomática, y los SIG en particular, afrontarán sin duda la gestión avanzada de los *big data*, construyendo herramientas de monitorización global (incluida la social) muy poderosas, cuyo uso, sin duda, habrá que regular y controlar, como casi siempre, a contrapié. También deberán asumir la incorporación de procesos ligados a la inteligencia artificial que, igualmente transformarán el uso de la información geoespacial y las infraestructuras de datos espaciales (si es que pueden mantener tal nombre) en recursos que las autoridades mundiales utilizarán para tomar decisiones sobre los grandes retos de la humanidad, todos ellos con una muy fuerte connotación geoespacial, que condicionarán nuestro futuro.

También los próximos años los modelos físico-matemáticos de la Tierra y, en particular, los modelos tectónicos, así como las herramientas para su análisis y simulación, nos permitirán, por ejemplo, emitir alertas tempranas sobre crisis sísmicas. De hecho, ya existen modelos muy fiables para la predicción de tsunamis provocados por sismos.

Quiero aprovechar estas palabras para compartir con los lectores de MAPPING que este año el Instituto Geográfico Nacional corona 150 años de historia. Que una institución mantenga su existencia durante siglo y medio ante la sociedad a la que sirve, no puede tener más causa que su permanente trascendencia. Y, por ello, los trabajadores del IGN y el CNIG celebrarán orgullosos con diversos actos y actividades tan importante aniversario. Desde aquí invitamos a todos nuestros colegas a visitar la sección de la web del IGN desarrollada para informar sobre la programación de actos y eventos y para ofrecer recursos e información relacionada con la historia del IGN.

No puedo concluir este artículo sin subrayar que

está siendo escrito en el transcurso de una grave crisis de carácter mundial, la pandemia de la COVID-19 y que, como no podía ser de otra forma, los SIG y la Geomática han estado echando una mano. Lo constata, por ejemplo, el hecho de que la Comisión Regional de UN-GGIM para las Américas haya celebrado una cumbre geoespacial virtual para compartir las experiencias desarrolladas.

En un futuro próximo, ante situaciones de seguridad y emergencias, ya no bastará con echar una mano. Formarán parte protagonista de la solución. Y por ello me parece oportuno concluir recordando que la primera aplicación del concepto de análisis espacial fue desarrollada por Charles Picquet en 1832 creando un mapa que representaba el brote de cólera en París. Más tarde, aquel trabajo inspiró a John Snow para afrontar la epidemia de cólera de Londres de 1853-54, durante la cual demostró que la enfermedad se propagaba por el agua analizando la distribución espacial de casos alrededor de las bombas de agua de uso público.

Fueron los precursores del nacimiento de los SIG.



Generalización del uso y producción del dato geográfico

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 66-68
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Alfonso García-Ferrer Porras, Dr. Ingeniero Agrónomo

Francisco Javier Mesas Carrascosa, Dr. Ingeniero en Geodesia y Cartografía

Profesores del Departamento de Ingeniería Gráfica y Geomática,
en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes de la Universidad
de Córdoba

La sociedad de la información y del conocimiento surge como resultado de un conjunto de cambios que revolucionaron el modelo de sociedad hacia el que conocemos hoy día. La irrupción de Internet, el acceso y uso de dispositivos GNSS, el desarrollo de servicios apoyados y/o vinculados a la información geográfica o la miniaturización de sensores entre otros, han supuesto un cambio radical en lo que conocíamos como cartografía. Como consecuencia de ello, las últimas tres décadas han derivado en una ampliación del perfil de usuarios de la información geográfica, pasando de perfiles de elevada especialización, tales como ingenieros, militares y/o investigadores, hacia la denominada democratización de la información geográfica, donde participan tanto nuevos modelos de negocio como el logístico, la energía o salud entre otros, junto con un acceso y uso, podríamos decir universal, de los servicios basados en la localización espacial.

Parafraseando a Luis Sepúlveda, es importante conocer el pasado para comprender el presente e imaginar el futuro. En el caso de la Comunidad Autónoma de Andalucía, al inicio de la década de los años ochenta, la base cartográfica existente se limitaba exclusivamente al Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, insuficiente para muchas aplicaciones donde es necesario contar con una representación de la información geográfica con mayor resolución espacial. Ante esta situación, el Instituto de Cartografía de Andalucía completa la primera edición del Mapa Topográfico de Andalucía a escala 1:10.000 entre los años 1988 y 1992. Una cartografía básica, conteniendo el parcelario aparente y usos del suelo, con una toponimia muy buena y equidistancia de curvas de nivel de 10 metros. Un sueño en ese momento pese, aunque aún no habían llegado las olas de lo «abierto» y de lo «libre», y a pesar de estar producida con dinero público era necesario pagar por cada reproducción analógica o digital. En honor a la verdad a nosotros nos la cedieron gratuitamente para que los alumnos pudiesen emplearla en sus proyectos de fin de carrera, y se terminó regalando una copia digital en Navidad con la agenda del Colegio de Ingenieros Agrónomos. Esta base

cartográfica supuso un apoyo a múltiples iniciativas y proyectos de valor, aportando un valor añadido muy importante.

Con el nuevo milenio, y una vez comprobado que el «Efecto 2000» no supuso el colapso y el caos tecnológico, entraron importantes cambios en nuestras vidas. En el año 2002, 166'386 fue nuestro factor de escala, indicando como hacer la conversión de pesetas a euros, quizás poco intuitivo pero al mismo tiempo fácil, a la que el ciudadano se acostumbró con equivalencias más redondas como la que suponían seis euros en nuestro bolsillo, equivalentes a un billete verde de mil pesetas, y a partir de ahí por múltiplos de diez fuimos controlando el coste de las cosas necesarias, intuyendo su incremento de precio por redondeo, haciéndonos más europeos e internacionales, llevándonos hacia entornos más globales. Esa transición llegó también a la Ingeniería Cartográfica, en las escuelas de ingeniería se enseñaba Topografía clásica, con sus instrumentos y métodos, Cartografía y algo de Geodesia y Fotogrametría. No obstante, técnicas, conceptos y/o metodologías como Global Positioning System, Geographic Information System o Remote Sensing con imágenes de alta resolución empezaron a hacerse un hueco en los proyectos y en la docencia cotidiana. Así, todas estas materias se han ido concentrando entorno a lo que hoy se conoce como Geomática, y como en la teoría del Big Bang, su uso se ha expandido alcanzando a un amplio y diverso perfil de usuarios, satisfaciendo a un gran número de aplicaciones.

El milenio comenzó con la anulación de la disponibilidad selectiva en el sistema de navegación por satélite GPS, el posicionamiento en tiempo real con más o menos precisión y exactitud comenzaba a ser posible, introduciendo un nuevo aire en la realización de levantamientos y replanteos topográficos. Por otro lado, la toma de información georreferenciada empezó a ser una opción viable. Aparecieron las primeras cosechadoras con GPS y calibrador de cosecha y tras ver la gran variabilidad espacial de los rendimientos en los cultivos, se comenzó a hablar de agricultura de precisión. En la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes de la

Universidad de Córdoba (ETSIAM) se comenzó a impartir docencia en materias de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección, que pese a ser de carácter optativo, contaban con una muy alta aceptación por parte del alumnado. Sin duda alguna, el conocer y manejar herramientas con las que poder hacer análisis espacial era un estímulo importante para la contratación de técnicos en aquel momento.

En el campo de la Teledetección, si bien había alguna imagen pancromática con una resolución espacial de 6 metros, como las ofrecidas por el satélite indio IRS, la estrella era sin lugar a duda Landsat 5, con 30 metros en modo multiespectral, con una vida larga, continuada por la puesta en órbita de Landsat 7 y 8. Igualmente importante fueron los programas de observación de la Tierra de baja resolución espacial como NOAA, la ETSIAM pudo instalar una antena de recepción directa de imágenes en el antiguo edificio de nuestra Escuela y los alumnos pudieron explotar hasta el límite en múltiples estudios y proyectos las escenas registradas. Pero sin duda, la aportación del milenio fue la alta resolución espacial, se pusieron en órbita plataformas como IKONOS y QuickBird, con resoluciones de 1 m e inferiores, se trataba de empresas privadas que veían en la demanda de imágenes de observación de la Tierra una oportunidad de negocio; ya no se trataba de imágenes gratuitas como las anteriores, tenían un coste importante, se podían hacer encargos a medida y abrían la puerta a un mundo nuevo de aplicaciones y por fin se veían olivos, frutales y viñedo en imágenes procedentes de satélites.

Con todo esto se asentaron las bases de lo que hoy conocemos como las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC). El desarrollo, generación y mantenimiento de información fue y es cada vez más sencillo, los datos son cada vez más accesibles al tiempo que los canales por los que se transfiere los datos e información son cada vez más rápidos y extendidos por todo el mundo. Entrabamos en un periodo en el que el dato geográfico necesitaba de una "industrialización" de los procesos de levantamiento y difusión. El intercambio de datos, datos abiertos y la difusión fue posible por la estandarización de procesos y servicios. Si algo caracteriza a este periodo es la interoperabilidad, gracias a ISO, el Open Geospatial Consortium (OGC), la directiva europea INSPIRE, la Ley sobre las Infraestructuras y los Servicios de Información Geográfica en España (LISIGE) y en definitiva la Infraestructura de Datos Espaciales con todos sus nodos, han posibilitado que todos tengamos acceso a toda la información cartográfica generada por administraciones públicas y algunas iniciativas privadas, de forma coordinada en beneficio general. Por fin se comprendió que información y desarrollo son dos conceptos

ligados, multiplicando por millones que somos los usuarios las aplicaciones de valor añadido en beneficio de la economía y la sociedad.

No se podría terminar este periodo sin aludir a Google Earth, que aparece a mitad de la primera década, aun sin una precisión ni acabado adecuado bajo el prisma de los que nos dedicamos a esto de la Geomática, despertó en todo el mundo, aunque de forma virtual, el gen de viajero y descubridor que todos llevamos desde hace millones de años. Comienza la gran demanda de información cartográfica «fresca» y asequible.

Una vez que el uso del dato geográfico ha pasado a formar parte de nuestra vida diaria, hoy en día estamos asistiendo a una popularización de los procesos de generación de estos datos. Disciplinas como la Fotogrametría y la Teledetección, por el acceso a sensores y simplificación de procesos, resultan cada vez más conocidas y empleadas por los usuarios.

El acceso a la tecnología ligada a sistemas aéreos no tripulados ha puesto en nuestras manos plataformas y sensores ligeros de todo tipo, visibles, multi e hiperespectrales, termográficos y LiDAR. Fotogrametría y Teledetección han quedado hermanadas en la explotación de información del territorio con unos niveles de resolución temporal y espacial que nunca llegamos a imaginar. El desarrollo de software y de programas específicos posibilita procesos fotogramétricos «imposibles» hasta hace poco, así como la generación y análisis de grandes volúmenes de puntos para la producción de Modelos Digitales de Superficie (MDS) y Modelos Digitales de Elevaciones (MDT), para obtener ortofotografías y modelos tridimensionales con muy alta precisión. Ha pasado un poco como al principio de los SIG, un sistema aéreo no tripulado no soluciona todo como no lo hacía cualquiera de las herramientas SIG iniciales, pero ha aportado una inimaginable frescura a la Geomática.

La reciente puesta en servicio del programa de observación de la Tierra Copernicus supone la posibilidad real de emplear la Teledetección espacial en la toma de decisiones en el manejo de cultivos. Si bien las escenas del programa Landsat permiten abordar infinidad de proyectos ligados con el territorio, sus quince días de resolución temporal se alejan de las necesidades requeridas para el seguimiento de cultivos a escala explotación. Los datos aportados hoy día por Sentinel-2, con diez metros de resolución en modo multiespectral y tiempos de revisita de un lugar cada cinco días, hace posible por primera vez una monitorización cercana a las necesidades reales de cultivos extensivos y algunas plantaciones de alta densidad.

Quizás, la revolución actual sea la digitalización, muchos expertos consideran que estamos en la cuarta

revolución industrial, Big Data, inteligencia artificial, Internet de las cosas o computación en la nube entre otras nuevas tecnologías han propiciado un nuevo enfoque en la toma de decisiones en el que el dato es el nuevo valor en alza. Nuevos entornos de trabajo han aparecido recientemente, permitiendo el uso y manejo de grandes volúmenes de datos.

En el caso de la Teledetección, de nuevo Google ha acertado con su servicio Google Earth Engine, detonando la posibilidad de análisis territoriales que hasta ahora eran impensables tanto por capacidad de procesamiento como por tiempo empleado en el mismo. Ante este escenario, el dato geográfico carece de valor como tal, haciendo de los procesos de transformación hacia la información el núcleo de los modelos de negocio de éxito actuales.

Es posible afirmar con el desarrollo de la tecnología, que el hombre ha ido perdiendo ciertas habilidades, hacer fuego, discernir plantas comestibles o dibujar a mano curvas de nivel; y últimamente se está perdiendo una importante, la orientación. Cuando se usaban planos analógicos se buscaba un lugar o una ruta, nuestro cerebro escaneaba constantemente detalles antrópicos y geográficos para recordar el camino en una nueva ocasión, generando un modelo tridimensional que se podía ir enriqueciendo en sucesivos recorridos. Hoy día estamos perdiendo esta capacidad con el uso de navegadores, estando solo pendientes de la pantalla con las indicaciones de guiado y necesitaremos su ayuda cada vez que hagamos el recorrido, seguramente utilizaremos esa parte de nuestro cerebro para otras habilidades nuevas como usar las palabras adecuadas para hablar con las máquinas. Así, la navegación autónoma de vehículos se perfeccionará haciendo real la reconstrucción de escenarios tridimensionales en tiempo real gracias a sensores instalados en múltiples plataformas.

Una de las principales tendencias tecnológicas que han surgido en los últimos años es la relacionada con los gemelos digitales. Si bien no es un concepto nuevo, en procesos industriales está comenzando a ser una realidad, en un futuro se expandirá a más aplicaciones, casos de uso y sectores. La construcción de esa réplica digital, no solo referida a procesos, dispositivos o sistemas sino a un ámbito mucho más amplio, abarcando personas, cultivos

o territorios entre otros, permite y permitirá poder adelantarnos a potenciales problemas sin necesidad de correr riesgos. Para ello, será necesario disponer de sensores de todo tipo y naturaleza que recopilen datos de forma continua sobre la evolución del fenómeno o proceso en tiempo real, siendo la componente temporal de vital importancia en todos estos procesos. Además de las plataformas que conocemos hoy día para registrar datos desde el aire, nuevas plataformas, en modo prueba actualmente, como los pseudosatélites (HAPS) y sus sensores embarcados se habrán desarrollado para ofrecer resoluciones espaciales decimétricas o centimétricas en distintas bandas espectrales, incluida la térmica, y seguramente con resolución temporal adecuada para la monitorización agrícola, medioambiental o industrial que se desee hacer, siendo una fuente de datos muy interesante en estos nuevos entornos. Hablaremos de un «Gran Hermano» que obligará a desarrollar, más si cabe, marcos e instrumentos que garanticen nuestra privacidad al tiempo que se pongan en valor nuevas aplicaciones y servicios.

Sin duda alguna, la Tierra estará mucho mejor cartografiada, pero la cartografía es eterna y durará lo que dure nuestra especie, después de la Tierra la Luna y Marte habrá que cartografiar el espacio y el adjetivo «espacial» quizás tenga más peso en las enseñanzas de geomática en las ingenierías.





La Biblioteca Nacional de España 1990-2020... 30 años después

Carmen García Calatayud

Jefe Servicio Cartografía. Biblioteca Nacional de España

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 70-71
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

¡CÓMO HEMOS CAMBIADO!

Han pasado treinta años, no solo desde que la Revista Mapping inicia su andadura, sus treinta años también coinciden con mi trabajo profesional en la Biblioteca Nacional de España (en adelante BNE), y con los grandes cambios que se han producido en todos los ámbitos del saber gracias a las nuevas tecnologías que han ofrecido enormes servicios a las bibliotecas.

¿Qué cuánto ha cambiado la Biblioteca en estos 30 años?, ¡Muchísimo!

El principal objetivo de una biblioteca es la conservación y la difusión de su patrimonio documental, en este caso hablaremos de patrimonio cartográfico. Este es su verdadero fundamento, ahora bien, para que el documento cartográfico llegue al usuario ha de recorrer un largo camino, una serie de etapas. Y en cada una de estas etapas hemos ido viendo una evolución y unos cambios que, unidos al progreso tecnológico, han contribuido de forma espectacular a la difusión de dicho patrimonio.

SOPORTES

Uno de los primeros cambios lo observamos en los soportes y formas de hacer cartografía, es muy diferente a la que se hacía en épocas anteriores. Participamos de un mundo dominado por las nuevas técnicas cartográficas hablamos de la cartografía digital, cartografía en línea, Sistemas de Información Geográfica, etc., técnicas que han dejado en segundo plano la cartografía en papel, si bien, sigue teniendo su importancia.

DESCRIPCIÓN

La forma de describir cada documento también evoluciona y se adapta al mundo digital. Desde hace años estamos inmersos en un nuevo estándar para describir y dar acceso a los recursos, las RDA (Resource Description and Access). Estas normas están diseñadas para el mundo digital que reclaman, además, la necesidad de aproximación con otras comunidades e instituciones de memoria como archivos y museos.

Hemos pasado, en muy poco tiempo, de descripciones manuales en fichas de papel, insertadas en varillas e incorporadas a ficheros de madera en los que hacíamos correr los

dedos buscando información, a los catálogos en línea, en los que utilizamos una normativa que permite su adaptabilidad al nuevo entorno digital y que, aun manteniendo el movimiento rápido de los dedos, nos proporciona una búsqueda más eficaz y más amplia.

En este camino hacia la difusión de los materiales cartográficos se requieren una serie de procedimientos especiales encaminados a la conservación del material, con un doble fin, preservar el Patrimonio documental español y facilitar su consulta y difusión.

CONSERVACIÓN

Los cambios relacionados con la protección del documento en los que intervienen aspectos como la manipulación, la conservación o la restauración, son menos conocidos por el gran público, pero tienen una importancia clave para el proceso final.

Los documentos cartográficos se caracterizan por su gran complejidad, por sus grandes tamaños y variedad de formatos, y por la diversidad y fragilidad de los soportes. Nos encontramos con mapas murales, mapas en relieve, enrollados, plegados, etc., y al mismo tiempo con maquetas, globos, mapas impresos en seda, pergamino, mapas en papel vegetal, etc.

En este ámbito también se ha mejorado mucho utilizando materiales cada vez de mayor calidad para su protección y que se adaptan a cada forma y a cada soporte (fundas de poliéster, entelado, cajas de conservación, tisú, vitrinas, etc.).



Lo mismo sucede con la manipulación de los documentos en la que se involucran tres elementos fundamentales, el mobiliario de consulta, el mobiliario para el transporte del material y el personal. El diseño del mobiliario ha desarrollado estructuras y materiales de excelente calidad que influyen en una mejora de la seguridad y salvaguarda, adaptándose mejor a las particularidades de cada documento cartográfico, respecto al personal destacar que en los últimos años se ha visto dotado de unas cualidades profesionales que les convierte en grandes especialistas en la materia.

DIGITALIZACIÓN

A caballo entre la conservación y la difusión se sitúa la digitalización. Los ya obsoletos lectores de microfilm o las microfichas han quedado atrás, y han dado paso a uno de los más espectaculares avances tecnológicos, la digitalización de documentos. La digitalización ha proporcionado una menor manipulación de las obras, una mayor difusión, y, simultáneamente, una facilidad de consulta a distancia, de uso y de visualización reduciendo el deterioro de la colección.

Además, los molestos trámites administrativos, los formularios en papel, las reproducciones fotográficas o en diapositiva, se abandonan en favor de visualizaciones en tiempo real y de descargas digitales. El lector adquiere, de esta manera, una relación más rápida y más directa con la obra cartográfica.

Uno de los objetivos de la digitalización, además de la conservación, es la difusión y así, la BNE contribuye incrementando el número de obras de la Biblioteca Digital Hispánica y permitiendo el acceso libre y gratuito a miles de documentos.

Hasta hace pocos años las posibilidades de difundir el material cartográfico se reducían a una sala de investigadores, una sala presencial, un carnet y un pupitre, y así comenzaba la consulta.

Hoy, los accesos a la información se han ampliado considerablemente, contamos con plataformas, buzones para preguntas y consultas, alojados en la página web de la BNE, que recibimos desde cualquier lugar del mundo, uno en particular solo para cartografía "infocartografia@bne.es".

Y toda la información se puede completar con el acceso a la página web de la BNE que ofrece desde el catálogo en línea, catálogos digitalizados, Bibliografía en línea hasta la Biblioteca Digital Hispánica donde se proporciona el acceso libre y gratuito a miles de documentos digitalizados, entre los que se encuentra una buena parte del fondo cartográfico de los siglos XVI al XIX. Con ella se consigue difundir el Patrimonio cultural español al mismo tiempo que se protege.

Actualmente, la política de digitalización de la BNE ha permitido el acercamiento y conocimiento de este fondo hasta límites insospechados, y no solo la digitalización, también las modernas herramientas de comunicación proporcionadas por las nuevas tecnologías, están ayudando a ese conocimiento.

DIFUSIÓN

Las redes sociales han conseguido en pocos años convertirse en un fenómeno global, equiparable a la aparición de la imprenta. La difusión de la información adquiere con ellas fines sorprendentes. Los fondos cartográficos de la BNE están presentes en muchas de estas redes y plataformas: Facebook, Twitter, Instagram, Youtube, etc.

Y ya, al alcance de la mano, una aplicación de móvil que bajo el nombre «Tesoros de la BNE» permite al público disfrutar de las piezas más emblemáticas y representativas de la BNE a gran resolución, navegar por la obra accediendo a cada detalle incluyendo, además, una breve explicación con el fin de adentrarse, de una forma sencilla, en el Patrimonio documental de España.

En resumen, podría decir que ha habido un cambio espectacular en la difusión de las colecciones de la BNE, hemos pasado de una Sala de investigadores a las Redes sociales, de las reproducciones en microfilm a la digitalización y del investigador que accede a la Biblioteca a la propia Biblioteca que sale a difundir sus colecciones.

La BNE ofrece miles de posibilidades de hacer llegar la colección a personas que, quizás, nunca hubieran podido llegar a conocerla ni acceder a ella.

Para finalizar, y a modo de conclusión, solo decir que la cartografía, las bibliotecas, las cartotecas han cambiado, en estos últimos treinta años, de una forma espectacular; no solo ha evolucionado la forma de hacer cartografía, sino también la forma de difundirla. Ahora bien, todos estos cambios no serían posibles sin un equipo de profesionales altamente cualificados que está detrás, haciendo que cada obra sea realizada, descrita, manipulada y restaurada con gran precisión para ponerla a disposición del público en el menor tiempo posible.



Fotogrametría 4.0: una profesión de futuro

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 72
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Diego Gonzalez-Aguilera

Catedrático de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Salamanca. Director del Grupo de Investigación TIDOP

La fotogrametría de nuestros días ya no es aquella «palabra» difícil de pronunciar y que poca gente conocía. La fotogrametría 4.0 representa una disciplina de gran proyección con aplicación en múltiples campos no solo de la ingeniería, sino de la agricultura, el transporte, las telecomunicaciones, la seguridad y la medicina, entre otras. Aquellas personas que la dominen en su triple perspectiva: matemática, física e informática, tendrán labrado un buen futuro.

Desde sus orígenes, allá por el siglo XVIII, la **fotogrametría** ha evolucionado con el paso de los años, pudiéndose reseñar **cuatro revoluciones**: (i) la *revolución analítica*, que supuso la eliminación de los pesados y complejos restituidores analógicos y con ello la incorporación del modelo matemático al método general de la fotogrametría; (ii) la *revolución digital*, constatada por la aparición de los potentes ordenadores fotogramétricos (restituidor digital) y de los costosos escáneres fotogramétricos; (iii) la *revolución sensorial*, focalizada por la aparición de las cámaras aéreas de gran formato y la hibridación de los sistemas de posicionamiento y navegación (GNSS/INS); (iv) la *democratización y popularización de la fotogrametría*, liderada por la integración de las disciplinas de la visión computacional y la inteligencia artificial.

Desde el comienzo de la fotogrametría, la aviación monopolizó todo el protagonismo, siendo los desarrollos más importantes aquellos que tuvieron lugar de la mano de la fotogrametría aérea vertical y estereoscópica. La posibilidad de sobrevolar el territorio, capturar información fotográfica y generar productos cartográficos, fue, sin duda, uno de los mayores desafíos tanto desde el punto de vista civil como militar, alcanzando su mayor hito con la incorporación del modelo matemático al método general de la fotogrametría y con ello la mejora de la precisión y fiabilidad de los resultados. Posteriormente, la fotogrametría fue flexibilizándose de la mano de la digitalización de su método, avanzando en la automatización de determinadas tareas y dando protagonismo a que los sensores pudieran estar no sólo en el aire sino también en el suelo (fotogrametría terrestre) o en el espacio (teledetección). Sin embargo, mientras que la fotogrametría terrestre y la teledetección consiguieron avanzar en su digitalización total (desde la toma de datos hasta la obtención de resultados), la fotogrametría aérea seguía teniendo un eslabón analógico, la cámara fotográfica. Por ello, la llegada de

las cámaras aéreas digitales de gran formato (matriciales y lineales) supuso la digitalización completa de la fotogrametría y con ello la mejora de resoluciones espaciales, radiométricas y espectrales, impensables hasta el momento.

No conforme con alcanzar esta tercera revolución, **la fotogrametría ha seguido avanzando y reinventándose y lo ha hecho de la mano de disciplinas como la visión computacional y la inteligencia artificial**. La primera, la visión computacional, para permitirle a la fotogrametría democratizarse y popularizarse, utilizándose en innumerables disciplinas por parte de personal no experto en fotogrametría, pero que encuentran en la fotogrametría una herramienta ideal para la toma de decisiones y resolución de problemas. La segunda, la inteligencia artificial, para dotar a la fotogrametría no sólo de capacidades métricas sino también semánticas, permitiendo avanzar en el modelo descriptivo de la realidad e incluso en su modelo predictivo, pudiendo saber con antelación los problemas que pueden ocurrir en un determinado territorio, objeto o proceso. Para avanzar en el modelo predictivo, se requerirá de la integración de dos aspectos cruciales en cualquier problema de ingeniería: la geometría y el dinamismo, bajo un novedoso concepto, *gemelo digital*, en el que la fotogrametría está muy bien posicionada para ser un protagonista activo.

En definitiva, **son muchas las oportunidades y retos que se plantean para la fotogrametría en el futuro** y con ello para los ingenieros que se decidan embarcar en esta disciplina. No obstante, los esfuerzos en seguir democratizando y popularizando la fotogrametría deben mantenerse, pues en ellos reside la sostenibilidad de la profesión, así como el potencial para seguir desarrollando la cantera de nuestras futuras generaciones.





Sobre la evolución de la cartografía en las últimas décadas. Escalas medias

Fco. Javier González Matesanz

Subdirector General de Geodesia y Cartografía, Instituto Geográfico Nacional

REVISTA **MAPPING**

Vol. 29, 200, 74-81

marzo-junio 2020

ISSN: 1131-9100

La explosión de dispositivos móviles con capacidades de geolocalización y, la eterna necesidad del ser humano de saber dónde está y cómo dirigirse a determinados puntos de interés es ya una realidad. Sin embargo, por trivial que nos parezca que todo está hecho, toda la cartografía de la que disponemos proviene de una larga evolución de las tecnologías y una constante adaptación a las necesidades y expectativas de los usuarios o clientes. Sin embargo y, muy probablemente debido a que el uso es mucho mayor pero de tiempo limitado, es muy común no diferenciar entre lo que son meros datos simbolizados y cartografía. Sin desechar el uso de ninguna de las dos, este artículo pretende mostrar la evolución de un bonito problema cartográfico, las escalas medias 1:25.000 y los retos técnicos que plantean como escala nacional.

INTRODUCCIÓN, MARCO GENERAL

Entender la evolución de la cartografía dentro de las Administraciones Públicas implica interiorizar que toda evolución está ligada a los avances tecnológicos y los cambios que ellos generan, pues no somos más que prestadores de servicios a los ciudadanos y nos debemos siempre al interés general. De este axioma de partida nace la diferenciación entre la responsabilidad asumida (función) y la ejecución propiamente dicha (tarea). Por ello, la función o las responsabilidades son estables en tanto y cuanto existe el interés general que las sustenta, mientras que, la forma de satisfacer estas funciones a través de las tareas varía por los contextos, la tecnología u otro tipo de contingencias, pero también por el personal que las ejecuta, su experiencia, conocimiento, destreza o actitud. La diferenciación función-tarea es la base de partida de cualquier Administración y siempre se debe tener presente que la función es el compromiso que la Administración asume con relación a alguna necesidad de un cliente, o más comúnmente usuario, que lo es por alguna competencia legalmente asumida. De esta

responsabilidad se deduce el manido concepto de oficial, que no es otra cosa que el calificativo con el que se denominan los productos y servicios que una Administración tiene encomendados en su mandato legal, competencia imperativa y, por tanto, de esa legitimidad emanan sus funciones realizadas a través de multitud de tareas que mutan constantemente.

En este sentido y en el caso del Instituto Geográfico Nacional, uno de los mandatos fundacionales de hace ya 150 años es la cartografía del Estado.

LAS DIMENSIONES DE LA CARTOGRAFÍA. SU DEFINICIÓN

No es posible entender adecuadamente un problema, ni tan siquiera la propia definición de cartografía que se actualiza constantemente, sin desglosar en dimensiones el problema que se desea estudiar, en este caso la cartografía. Para ello, y a lo largo de este artículo, aludiré a las siguientes dimensiones: fuentes de entrada, entorno o proceso de producción, forma de actualización, métodos de difusión, contexto socio tecnológico y clientes o usuarios con sus necesidades y expectativas.

Definiciones de cartografía hay tantas como mapas:

- La ciencia aplicada que se encarga de reunir, realizar y analizar medidas y datos de regiones de la Tierra, para representarlas gráficamente con diferentes dimensiones lineales
- La disciplina relacionada con la concepción, producción, diseminación y estudio de los mapas
- La Técnica de trazar mapas o cartas geográficas
- La Ciencia que estudia los mapas y cartas geográficas y cómo realizarlos
- La Práctica de hacer mapas, así como el estudio de los mapas
- El arte, la ciencia y la tecnología de expresar gráficamente, a través de mapas, gráficos, modelos tridimensionales y globos, las características físicas conocidas de la tierra o de cualquier cuerpo celeste, a cualquier escala
- etc.

En realidad, la cartografía es un proceso de comunicación o semiología gráfica y, esa es la verdadera responsabilidad del «cartógrafo», comunicar. Todo parte de una selección de aquellos objetos que interesa representar de acuerdo a un fin concreto, elección de un tipo de cartografía determinada, a continuación se realiza una abstracción y, una necesaria simbolización lo más coherente posible con la tipología del mapa que se pretende realizar. Esta verdadera naturaleza de lo que implica la cartografía es hoy en día más que aplicable pues, en la gran mayoría de los casos se pretende equiparar una vulgar visualización de datos a esta. Es, por tanto, recomendable, de nuevo, ser conscientes de lo que significa la cartografía (la función) y de cómo se realiza esta (tarea) sin que la última pervierta la verdadera naturaleza de la misma.

Ya incluso en pretéritos tiempos del esgrafiado, que sin quitar ningún mérito más que merecido supusieron una revolución en su día y, por supuesto como todo cambio sufrió las más agrias críticas en tanto y cuanto se priorizaba la velocidad de producción «sacrificando la calidad». Esta frase, «sacrificando la calidad» podríamos considerarla también tan inmutable como las funciones anteriormente definidas. Así mismo, el propio «oficio» que estos primeros tiempos requería (destrezas y conocimientos) paulatinamente se va sustituyendo por la automatización a través de pequeños ordenadores de sobremesa.

LOS TIEMPOS DE LOS CAD (COMPUTER AIDED DESIGN)

A finales de los años ochenta y muy a principios de los noventa, la forma de elaborar la cartografía se basaba en fuentes de entrada que procedían de restitución fotogramétrica de pares analógicos en blanco y negro. Esta restitución que, posteriormente y dado que es totalmente imposible categorizar los objetos geográficos (mal llamados fenómenos en ocasiones pues le resta mucha abstracción) simplemente a partir de un par estereoscópico, se tenían que realizar los debidos trabajos de campo para dar lugar a un original formado, o documento de formación. Posteriormente, se esgrafiaba sobre un soporte plástico cubierto por una fina película realizando ese proceso de simbolización cuidadosos y expertos delineantes para, finalmente, enviar a imprenta donde a su vez existían multitud de procesos de reproducción cartográfica.

Es evidente y encomiable las destrezas que se necesitaban para realizar el esgrafiado pues los márgenes

para rectificar cada uno de los documentos eran mínimos. Por citar únicamente un ejemplo, el personal de restitución pasaba su primer año de trabajo «en formación» antes de entrar verdaderamente a producción. Ese elenco de técnicos aunaba un enorme talento tanto cartográfico como artístico, destrezas ambas muy difíciles de encontrar hoy en día en una sola persona.

Cabe también reseñar algo curioso que hoy en día bien puede sorprender, el concepto de «reproducción cartográfica» o «impresión cartográfica», si la imprenta se inventa en 1440. ¿Cómo es posible que se tenga tal consideración de «cartográfica» a algo que resulta más que inventado? Nada más lejos de la realidad, en aquellos tiempos y todavía hoy, la impresión y reproducción de grandes formatos en soportes físicos con multitud de elementos (de trama, de línea...) y con calidad métrica requieren de una especialización, maquinaria e incluso de laboratorios propios de calidad que enmudecerían una imprenta común. Si bien es cierto que la necesidad del usuario en la actualidad no es la métrica, medir sobre un mapa, y todo puede soslayarse con impresoras digitales existentes en la actualidad, no lo fue así hasta hace apenas una década, por lo que ese calificativo de «cartográfica» a la imprenta era más que merecido, un emblema de superior categoría.

En ese momento, la difusión y la unidad de trabajo era la hoja del mapa, los tiempos de producción eran largos y la propia dinámica del territorio permitía sin demasiados problemas absorber estos inconvenientes.

Ya a principio de los años noventa y en forma de pequeña disrupción aparecieron los primeros ordenadores personales. Si bien la tecnología ha sido algo que de forma muy natural ha acompasado muchas de las tareas del Instituto Geográfico Nacional (IGN), no en vano el primer Sistema de Información Geográfica en el IGN data de principios de los años setenta, la informática no había calado como un verdadero aliado en los procesos productivos y, todavía estaba limitada a reducidos servicios denominados de «cartografía automática» en la que sesudos ingenieros se afanaban por proporcionar resultados.

Realmente, lo que faltaba era «industrializar» los procesos y no fue hasta mediados de los años noventa cuando se empezaron a crear entornos de producción robustos y fiables. Muchos de esos entornos perduran hasta nuestros días con pequeñísimas adaptaciones pues, mejorarlos incluso con la tecnología actual es complicado. Es entonces cuando los documentos se transforman en archivos, el margen de maniobra en caso de enmienda se amplía enormemente y con un

entorno industrial desarrollado personalizando un CAD como microstation se consigue disparar la producción de hojas de mapa.

Estos entornos de producción permitieron industrializar los procesos y, por ende, formalizarlos para permitir incluso su externalización, transformando también las necesidades de personal muy cualificado en actividades que tienen más que ver con un oficio que con un técnico, y que fueran cada vez menos necesarias. Aparece, entonces, el concepto de control de calidad como «puntos de control» en determinadas fases del proceso, esta vez de manera efectiva y práctica (sin tanta dependencia del autor concreto del mapa), es decir, más próximo a los conocidos axiomas de Kaoru Ishikawa.

Es por tanto la industrialización de los entornos y la disponibilidad de ordenadores de bajo coste lo que hace posible multiplicar exponencialmente las hojas producidas. Sin embargo, las cadenas de producción seguían prácticamente intactas, aunque industrializadas y automatizadas en la medida de lo posible. Todo continuaba igual: restitución {vuelo, apoyo, aerotriangulación}-formación-edición-impresión; la producción se seguía realizando por hojas y la difusión también. Sin embargo, esto cumplía las expectativas de los usuarios.

En el terreno de la impresión ya empezaban a colapsar varios puntos de los flujos de imprenta, la filmación directa de positivos a través de filmadoras informatizadas permitió eliminar gran parte de la fotocomposición. Posteriormente llegarían los Computer to Plate dejando a su vez aquellas filmadoras obsoletas.

LOS AÑOS 2000, LA APARICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

A medida que los sistemas de producción basados en CAD iban madurando, empezaban a evidenciarse también sus limitaciones. Para comenzar, se utilizaban software de inmensas capacidades y primitivas de trazado únicamente en un 10-15% de lo que estos podían realizar. Esto se debe simplemente al hecho de que se habían personalizado programas que estaban concebidos para mucho más que el trazado de un mapa. Por otra parte, todo se basaba en gestionar archivos, de configuración, de restitución, de formación, de edición, tablas de códigos ..., evidentemente, a medida que la producción aumentaba el galimatías

de ficheros y su versionado era cada vez más difícil.

Por otra parte, no dejábamos de tener ficheros con diferentes primitivas geométricas pero sin apenas capacidad de relación entre sí más que una mínima topología de conectividad, adyacencia y superposición, lo cual hacía que desarrollar procesos de generalización entre escalas fuera muy complicado y poco efectivo. Es más, aunque el entorno de producción trataba de garantizar la coherencia de todo el fichero, posteriormente culminado con un buen control de calidad, era más que probable que tuvieran fallos porque el fichero más que analítico era «visual» y si la impresión final era correcta este se daba por bueno. No se había integrado el concepto de análisis espacial en la producción de mapa.

Además, la producción por hojas resultaba ineficiente, algo que a todas luces resulta obvio, como que cuando acabas la última hoja de una serie la primera está ya desactualizada y se producen «cortes» de actualización por hojas, lo que empezaba a ser un problema. Todos los intentos de aumentar la velocidad de actualización o incluso actualizar por bloques solucionaban únicamente de forma parcial el problema.

En ese momento aparecen, de forma práctica pues ya hemos dicho que en el IGN existen prácticamente desde los años setenta, los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Es necesario resaltar el «de forma práctica» pues había que llevar al terreno alguno de los mitológicos conceptos que rodeaban a esta tecnología, como que eran sistemas que podían responder incluso a preguntas que no habíamos ni tan siquiera pensado. Como toda evolución tecnológica, esta también tenía ventajas e inconvenientes, la clave siempre está en que el balance entre los beneficios y las pérdidas sea adecuado.

Al comparar los entornos provenientes de CAD a los de SIG se comprobó algo evidente para todos, únicamente se necesitan tres primitivas geométricas: el punto, la línea y la superficie. Toda la potencia de los sistemas CAD en cuanto al manejo de elementos geométricos: splines, curvas de Bezier, elipses, superficies complejas etc., era innecesaria, jamás se había utilizado de hecho o, quien por error lo hiciera los entornos de producción y los controles de calidad lo habían detectado y enmendado. Con estas simples tres primitivas era totalmente factible mantener coherencia espacial entre objetos, esto es, la topología, y el software vigila el cumplimiento de estas primitivas geográficas por principio. Habíamos solucionado el problema de poder realizar un verdadero análisis espacial y, por ello incluso ser capaces de generalizar «automáticamente».

Sin embargo, todo cambio exige ciertos sacrificios. Aunque disponíamos de un entorno informático más adecuado para realizar cualquier cartografía o base de datos topográfica, la facilidad de los sistemas CAD a la hora de capturar o editar elementos aquí, en los SIG, se tornaba infernal. Por si fuera poco, aquellos ficheros locales se habían convertido en bases de datos alojados en un lugar de la red bajo la eterna promesa de que «todos podemos conectarnos y funcionar contra una base de datos». En términos prácticos, conectarse remotamente a una base de datos de información geográfica y editarla puede convertirse en un ejercicio de paciencia a la altura de un monje tibetano. Los eternos lags de tiempo, los innumerables clicks para realizar cualquier cambio en la geometría necesitaban de nuevo de un entorno industrial que personalizara el software. Esto constituía el verdadero sacrificio anteriormente mencionado.

Por el contrario, habíamos ganado en versatilidad, inteligencia de producto, todo estaba documentado y racionalizado en forma de innumerables normas ISO de la familia 19100 aunque, seguíamos realizando controles de calidad final e intermedios de producto. Los controles de calidad siempre llegan tarde estén en la fase que estén y por innumerables que sean; el error se ha cometido y el usuario demanda cada vez datos más actualizados y con mayor rapidez.

Volvamos al concepto de cartografía para entender la decisión que se tomó en el IGN. Ya hemos mencionado que en ese proceso de abstracción y simbolización que es parte de la cartografía, lo que se denomina redacción cartográfica, se interpretan objetos del mundo real. Esta interpretación obligada para mayor entendimiento del lector de una simbolización permite, y así debe hacerse, construir una simbología pesada que es desplazada de su posición original. Por tanto, en escalas medias como 1:25.000 o 1:50.000 que tienen tanto la calidad métrica que puede tener un plano y, a la vez sufren de estos procesos de redacción cartográfica; su geometría no está en su sitio.

Esto es una ventaja desde el punto de vista del lector, no en vano sigue siendo de los productos más consumidos, pero un inconveniente para todo aquel que desea explotar estos datos en su verdadera posición, es decir, no solo desde un punto de vista cartográfico. Llegado a este punto solo cabe tomar una de las dos decisiones a este nivel de escala: o tener dos versiones de la misma base de datos, topográfica y cartográfica, o únicamente una de ellas.

Lo más rápido es pensar que si eres un organismo puramente cartográfico debes tener una única base de datos, la cartográfica, y así «emular» lo que antes

realizabas en un CAD. Esto sin embargo provoca otros problemas y elimina gran parte de tus usuarios.

Así pues, para escalas medias la decisión adoptada fue la de disponer de una doble base de datos de información geográfica, versión topográfica y cartográfica. Realmente, no se inventa nada nuevo pues la versión topográfica fue reconstruida partiendo de los ficheros de restitución a los que se unió la atribución que tenían los ficheros de mapa. Esta inteligente aproximación permitió tener en tiempo record esta base topográfica, con posición real y, con geometría en tres dimensiones dado que su procedencia era la de restitución. Además, el proceso era coherente con los viejos métodos de producción en los que la restitución y la formación previa al mapa se realizaban al doble de escala, esto es, próximo a un 10.000 en el caso del MTN25.

Así pues, en escalas medias se opta por la solución clásica, debidamente actualizada tecnológicamente, la versión topográfica de la base de datos SIG tiene una resolución de tipo 10.000 (BTN25, Base Topográfica Nacional 1:25.000) mientras que la cartográfica, simbolizada y con procesos de redacción cartográfica, tiene una escala 1:25.000 (MTN25, Mapa Topográfico Nacional 1:25.000). Esta duplicidad incrementa los tiempos de producción, pero permite una enorme flexibilidad de cara a la inteligencia de producto.

LA INTELIGENCIA DE PRODUCTO

Demostrado queda que disponer de un Sistema de Información Geográfica es la mejor opción tecnológica pero, de nuevo, en el caso de la producción de bases de datos topográficas es necesario disponer de entornos industriales donde, tampoco se aprovecha toda la funcionalidad del software pero sí se asegura su polivalencia en ese ecosistema SIG. Realmente, no se puede aprovechar puesto que la producción de información geográfica es únicamente una de las fases del ciclo de vida de la misma.

Denominamos «Inteligencia de producto» al conjunto de propiedades relacionadas con un producto concreto que deben ser incorporadas para aumentar la versatilidad de operación o polivalencia del mismo. En este sentido, BTN25 se dotó de dos importantes propiedades: la primera, orientada a dotar de integridad y coherencia la base de datos en términos espaciales y, la segunda de procesos de aseguramiento de la calidad.

Para dotar de integridad y coherencia espacial a BTN25 se utilizó, a semejanza de otros proyectos internacionales como MGCP (Multinational Geospatial Cooperative Program) de la OTAN, de un conjunto de reglas topológico-semánticas que permitían formalizar el denominado «conocimiento tácito» en «conocimiento explícito», hablando en terminología de gestión del conocimiento. En efecto, muchos de los controles de calidad que se realizaban manualmente, mediante manuales de procesos por parte de los operadores, pueden realizarse en términos de análisis espacial. Por poner ejemplos sencillos: una carretera, que atraviese un río debe tener un elemento puente; una carretera, salvo que esté en túnel, no puede pasar por encima de un edificio; o, incluso más complejas, toda entidad de población debe tener un cementerio, este a su vez una carretera que le lleve a él y, esta a su vez tiene que cumplir las dos reglas comentadas al principio.

Este conjunto de reglas topológico-semánticas, formalizadas a través de análisis espacial, junto con otros procedimientos ordinarios de detección de errores de comisión y omisión formalizan una base de datos de información geográfica (BTN25) que, por fin, eliminaba los problemas que acarrearaban los sistemas CAD. Ya es posible realizar procesos como la generalización o la simbolización y redacción cartográfica automática. Si además, configuramos un entorno de producción no orientado a controles de calidad sino que, en prácticamente la totalidad de operaciones indique si se está haciendo algo incorrecto, como por ejemplo vulnerar las reglas mencionadas, se consigue que el control de calidad final sea mínimo y que dicho producto esté asegurado en producción.

Es decir, aproximadamente en 2008 la BTN25 tenía ya inteligencia de producto e incluso podía actualizarse por grandes ámbitos territoriales eliminando el problema de la actualización por hojas y, todo ello permitiendo enormes posibilidades que los viejos sistemas CAD adolecían. Todo ello desde un punto de vista de base de datos.

NUEVOS PARADIGMAS, VIEJOS ERRORES

Si antes decíamos que todo cambio de procedimientos lleva a un inevitable compromiso entre los beneficios y los sacrificios que se tienen que hacer, al viejo axioma antes mencionado de «sacrificando la calidad» se le suelen unir otro en forma de «nuevos paradigmas» que en realidad no lo son tanto. En 2009,

buscando siempre la máxima eficiencia en términos de actualización y convencidos de que tanto la actualización por hojas como por bloques presentaba algunas ineficiencias, se intenta la actualización por elementos o por capas. En realidad, 150 años de actualización cartográfica dan para mucho y, subestimar a los técnicos de cualquier organización suele ser una decisión temeraria. Es cierto que determinados elementos, como las comunicaciones, tienen una dinámica muy rápida en el territorio; es más, se pueden considerar disparadores de cambios sobre el territorio. Por el contrario, otros elementos u objetos geográficos, como la hidrografía, en países que actualizan «por capas» se actualizan cada ocho años. Si algo se sacó en conclusión de aquella prueba de 2009 es que la actualización independiente de los elementos por separado, lejos de ser eficiente, rompe la integridad de la base de datos y rehacerla (o integrar adecuadamente las partes de un todo) es mucho más lento y cargado de errores que la actualización por hojas o bloques. Este grave error se repetiría más tarde sobre 2014 con idéntico y catastrófico resultado, una base de datos de información geográfica no es un proceso de montaje industrial, a semejanza de un vehículo donde todas las piezas encajan, existen márgenes de incertidumbre y parámetros imposibles de controlar, que hacen inviable este proceder.

HACIA LA ACTUALIZACIÓN POR CAMBIOS, EL MODELO QUE AÚNA LA MAYORÍA DE LOS ÉXITOS Y LA MINORÍA DE LOS FRACASOS

Si bien, algunos elementos requieren una mayor actualización, como las comunicaciones y otros a su vez ocupan casi la mitad de la base de datos, como lo son las edificaciones. ¿Por qué no aunar ambas necesidades en una manteniendo la coherencia e integridad de la base de datos?

Así es, de nuevo, basta con simplemente comprobar qué han realizado otros que han tenido más tiempo para equivocarse, en este caso el Ordnance Survey, y ver algunas historias fallidas relacionadas con la actualización por capas, como el caso del United States Geological Survey (USGS). Es complicado inventar la rueda en un 99% de las ocasiones.

Ese fue el procedimiento al que se orientó BTN, algo tremendamente simple que consiste en gestionar los cambios de manera quirúrgica en la base de datos, pero teniendo en cuenta que estos se producen no sobre un elemento sino sobre varios. De esa manera, si se actualiza una carretera, es más que probable que esta afecte a varios ramales que contienen nuevas edificaciones, se modifiquen cauces, movimiento de tierras e incluso líneas de conducción eléctrica e instalaciones varias. Se puede aunar la actualización de aquellos elementos más dinámicos sobre el territorio y, a la vez mantener la coherencia e integridad espacial de la base de datos de forma que se pueda realizar cualquier generalización o mapa automático derivado, pero nunca la actualización por separado para su posterior ensamblaje.

LOS MOTORES GENERADORES DE CAMBIOS

Es momento pues de gestionar cambios y, entonces de nuevo aludimos al contexto existente, denominado SMAC por sus siglas en inglés (Social, Mobile, Analytic, Cloud) aunque como todo contexto, es más que coyuntural, aparecerán nuevos acrónimos con el tiempo.

Social: los canales de comunicación con los clientes o usuarios han cambiado y se han tornado informales, lejos queda la vieja relación de los antes llamados «administrados» a través de un mostrador de registro, donde apenas se ha reducido el ámbito a procedimientos que exigen garantía jurídica, como puede ser una licitación. Es más que notable que la comunicación informal es enorme, llena de ruido y muy ligada a fenómenos propios del ecosistema de internet. Esto incluye Facebook, Twitter, Snapchat, como informales, pero también fuentes RSS (Really Simple Syndication), Twitter, canales de Telegram de fuentes oficiales.

Móvil: si el canal ha cambiado, también lo ha hecho la forma física de conectarse a él, aquí consideramos todas las tecnologías que acceden a Internet y son portátiles, incluidos teléfonos, tabletas y relojes.

Análisis: la primera derivada es que se genera una ingente cantidad de datos tanto formales como informales, los métodos de análisis de BigData se tornan necesarios para extraer la verdadera «señal» de todo este ecosistema digital y, en la medida de lo posible, filtrar el «ruido».

Nube: Sería la segunda derivada. Tal cantidad de información no solo no puede ser almacenada en un

disco duro o servidor concreto, sino que está repartida en forma de diferentes centros de datos y aplicaciones. Así es, es ubicuo tanto los datos, como la plataforma como el software. Y no puede entenderse ninguno de los componentes por separado sino engarzados como una nueva filosofía que plantea un cambio radical, la posesión del dato/software/plataforma TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) por el acceso, posesión frente acceso.

De este contexto se ha tratado de favorecer la actualización, caballo de batalla en cartografía y, por ende, sus bases de datos asociadas, como lo es BTN25. En este caso concreto se han creado varios motores generadores de cambios, todavía en estado de pruebas.

- 1) Motor de detección de redes sociales, informal. Es más que notorio que si se construye, por ejemplo, una carretera, existe un anteproyecto, una mínima información pública ofrecida en un canal RSS oficial, un anuncio en un boletín oficial, un grupo de interés que puede estar en desacuerdo o de acuerdo... Esto se denomina «rastros digitales» y precede incluso años al propio cambio sobre el territorio. A este respecto se está desarrollando junto con la Universidad Politécnica de Madrid una serie de bots que rastrean multitud de fuentes en internet y, a través de una red neuronal profunda (Deep learning) será capaz de clasificar qué ha cambiado, qué está cambiando, qué cambiará y dónde, todo ello debidamente ponderado en cuanto a fiabilidad.
- 2) Motor de detección de cambios en imágenes. La detección de cambios entre imágenes, máxime si se considera que hoy en día existen multitud de ellas, es un viejo anhelo que únicamente ha podido resolverse con garantías empleando Inteligencia Artificial. En la primera prueba realizada en 2007 se consiguió una fiabilidad de un 96% y, en la actualidad se acerca al 98%. Un operador humano puede tener un 95% de fiabilidad.
- 3) Motor de detección de cambios entre información geográfica existente. La enorme disponibilidad de datos tanto públicos, colaborativos e informales, como privados hace posible mediante una simple comparación con los datos existentes en BTN25 generar cambios, lógicamente.

Llegados a este punto y, con los pies en la Tierra es importante ajustar las expectativas. Conviene recordar la famosa intervención en 2011 de Peter Thiel, uno de los denominados Business Angel y gran inversor en startups como Facebook en Silicon Valley donde acuñó esta lapidaria frase: «Nos prometieron autos

voladores, pero en cambio obtuvimos tuits de 140 caracteres».

Así es, gran parte de las innovaciones son prototipos y, como todo, adolecen de limitaciones. Por ejemplo, todos los métodos colaborativos, incluidas las redes sociales, son métodos que convergen por volumen. Cuanto más volumen, más cierta será la información; hay que entender «volumen» en sentido muy amplio, esto es, si hay muchos usuarios o la zona es de gran interés es muy probable que esté muy bien actualizada en OpenStreetMaps, o existan muchos tuits, RSS etc. Pero si es una zona remota probablemente no lo consigamos captar mediante estas herramientas. Además, es un terreno plagado de informalidad que hay que tamizar.

Sí es cierto que hay determinados problemas que venían siendo ya seculares en el mundo de la cartografía o la información geográfica en general, por ejemplo, la detección de cambios que se han conseguido resolver. En efecto, quizá la aproximación clásica al problema era equivocada. Dicha aproximación se basaba en emplear el mejor modelo matemático para tratar de resolverla y, aquello que no encajaba se denominaba... residuos que, además, tienen su propio tratamiento y estudio. La gran variabilidad y tozudez de la realidad habían provocado que resolver este problema tuviera efectos más que limitados.

¿Y si intentamos resolver el problema en una primera parte como si estuviéramos enseñando a un niño partiendo incluso de cero?, simplemente con métodos de refuerzo positivo en caso de acierto, para después emplear la tecnología de las tarjetas gráficas de ordenadores (GPU) con miles y miles de núcleos en la que apenas una decena de ordenadores con buenas tarjetas gráficas pueden equipararse en capacidad de cálculo a grandes centros de computación basados en CPU ordinarias. En este caso podemos configurar (o entrenar) una red neuronal, lo que es un problema matemático bastante trivial comparado con los complejos modelos matemáticos antes mencionados, miles y miles de veces para resolver un problema simple... «este objeto no está en esta imagen y en esta otra sí». Realmente reproducimos un aprendizaje muy simple con miles o millones de pruebas en los sistemas más sofisticados en meses, algo que en un ser humano podría equivaler a siglos. Simplemente utilizando técnicas de GPU. Así de simple, es más efectivo buscar una solución a través del entrenamiento de miles de pruebas que encontrar un modelo matemático que puede ni tan siquiera existir. Así se ha realizado en BTN como una de las fuentes primarias para su actualización.

Una vez que se tienen cambios lo extraordinariamente complejo es gestionarlos, existen cambios per-

sistentes, repetidos, falsos positivos, redundantes... y un largo etcétera. Es en este eslabón de la cadena cuando es necesario introducir un elemento que filtre y haga de triaje entre los cambios generados y, un viejo conocido, el gestor de procesos de negocio o BPM (*Business Process Management*) que hará las veces de despachador de trabajos entre agentes internos y externos.

También hay que tener cautela con la información no oficial, informal, no es lo mismo la validez de un cambio generado por comparación entre cartografías oficiales que un cambio en twitter. Es ahí de nuevo cuando los cimientos o fundamentos del Derecho Administrativo deben aplicarse. Los poderes públicos lo somos en tanto y cuanto disponemos de ciertas prerrogativas, por ejemplo, las fuerzas y cuerpos de seguridad del Estado tienen el principio de autoridad, la Inspección el de certeza y... la gran mayoría lo tenemos de oficialidad en tanto y cuanto tenemos mandato legal en un ámbito (o función) concreto. Es por ello que podemos transformar el canal informal, con las debidas cautelas y comprobaciones, en oficial, es prerrogativa nuestra y, a la vez, necesidad de acompañar nuestras tareas (la ejecución de la función) a los nuevos tiempos.

MAPA RÁPIDO Y «EDICIÓN SIMPLIFICADA». CONCLUSIONES

Es necesario repetir que todo cambio implica ciertos sacrificios, también en términos de calidad. En estos momentos estamos en disposición de tener una Base Topográfica Nacional actualizada de forma continua por cambios, coherente e íntegra, de forma que como se suele decir «el reloj de la base de datos está lo más próximo al reloj del territorio». Esta actualización trata de imitar la dinámica del territorio y no se centra en las ineficiencias de la actualización por hojas, bloques o capas concretas.

Ahora es momento de dividir para minimizar el axioma del sacrificio de la calidad y, para ello, hay que atender al cliente o usuario. Es cierto que el mapa rápido, generado automáticamente nunca podrá igualarse en calidad al tradicional Mapa Topográfico Nacional. Exactamente lo mismo pasó cuando se cambiaron los métodos de impresión cartográfica de los diferentes originales de fotocomposición en trama y línea por la cuatricromía y, a su vez de la impresión en planchas de cobre. El problema siempre se repite

pero, no es menos cierto que el consumo de cartografía es abrumador y, además de muy poca duración, donde a veces se prima la actualidad a la calidad. La analogía clásica es con los periódicos, con la prensa escrita; ¿cuánta gente había antes que coleccionaba ejemplares de periódicos con faltas de ortografía cual trofeos?, ¿cuántos periódicos existían con dichas faltas? Por el contrario, ¿cuántas páginas web de periódicos de primera línea tienen actualmente frases incompletas, faltas de ortografía o párrafos sin significado?. Así es, se prima la velocidad frente a la extrema calidad, simplemente porque el consumo es rápido, lo que hoy vale, mañana no. En cartografía se plantea el mismo dilema, pero con mayor ámbito temporal y, por ello, se ha configurado un mapa rápido para ser consumido en la web donde el tiempo de generación de cada hoja (sí, el ser humano necesita referencias espaciales en todos los ámbitos de la vida y, aunque la producción ya no se realiza circunscrita a las hojas, estas son un método excelente de medir y referenciar el territorio, nada es completamente obsoleto en este mundo) es de apenas 20 minutos. El resultado no es el mismo en términos de calidad, por supuesto y, lo que es mejor, de una única base de datos, BTN, derivamos escalas cartográficas 12.500, 25.000 y 50.000 simultáneamente, con procesos automáticos de redacción cartográfica, no una simple visualización de datos espaciales.

A la vez, hemos identificado hojas de mapa de especial interés, como pueden ser las de costa o capitales y zonas periurbanas. Para estas hojas se realiza una edición tradicional, pero partiendo del mapa rápido, lo que permite reducir los tiempos de edición cartográfica a apenas 15-20 horas por hoja. Estamos hablando de cartografía, no de visualización de datos o, por aproximación, cartografía de baja calidad donde se usa únicamente la variable visual «color».

Para concluir, estas últimas décadas han sido apasionantes en la generación de cartografía a escalas medias en el Instituto Geográfico Nacional, pasando de sistemas CAD a SIG y de poseer la información en forma de archivo a «acceder» a la información (Geo-Servicios estándar). El éxito está siempre en disponer de bases de datos coherentes e íntegras, con el mayor grado de actualidad y, los métodos más sensatos y eficaces para su actualización. Una vez el núcleo está totalmente asegurado, llega la delicada bifurcación entre la puesta rápida en navegadores para consumo masivo y breve y, a la vez, mantener los estándares de calidad que requiere una correcta visión cartográfica oficial del territorio en aquellas áreas geográficas de interés.

SOBRE EL AUTOR

Fco. Javier González Matesanz es Ingeniero Técnico en Topografía e Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Ingresó por oposición en el Instituto Geográfico Nacional en 1993 en el Cuerpo Nacional de Ingenieros Técnicos en Topografía desarrollando el sistema de captura GIS mediante GPS de código para actualización de redes de transporte. En 1995 ingresó, también por oposición en el cuerpo de Ingenieros Geógrafos. Actualmente es Subdirector General de Geodesia y Cartografía y ha desarrollado su labor dentro del IGN siendo responsable de proyectos relacionados con la transmisión de correcciones diferenciales de redes GNSS bajo RDS, DAB e Internet, ha sido responsable de la solución oficial técnica para el cambio de Sistema Geodésico de Referencia ED50-ETRS89, hecho que le sirvió, además, para obtener el doctorado cum laude con premio extraordinario y mención explícita en el título por la Universidad de Alcalá. Desde 2005 ha tenido responsabilidades en la transición de los sistemas CAD de producción cartográfica hacia SIG, junto con la creación de la Base Topográfica Nacional 1:25.000. Es presidente de la Sociedad Española de Cartografía, Fotogrametría y Teledetección y Master en Liderazgo y Dirección Pública. Ha sido profesor asociado en las Universidades de Alcalá y Politécnica de Madrid en materias relacionadas con GNSS, Geodesia, Cartografía y Bases de Datos Topográficas.



Estimado lector

El Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM), perteneciente a la Armada Española, es el único organismo en España competente en la formación, conservación y publicación de la Cartografía náutica básica, además de ser también responsable en otras zonas asignadas por organismos internacionales.

En 1503 se crea la Casa de Contratación, que dirigió durante mucho tiempo el descubrimiento, colonización y comercio del Nuevo Mundo, y con ello la necesidad de registrar y distribuir la cartografía de todas las nuevas tierras y mares. Por ello se crea la figura del Piloto Mayor en 1508, precursor de lo que es actualmente el Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM). Se confeccionaban las primeras cartas completas de la tierra, pudiendo ser considerado el primer organismo coordinador y productor de cartografía náutica de forma oficial y organizada. La Casa de Contratación desaparece en 1790, pero sigue en funcionamiento el Depósito Hidrográfico, creado en 1770. Para paliar la falta de un organismo, se crea la Dirección de Trabajos Hidrográficos o Dirección de Hidrografía por Real Orden de 17 de diciembre de 1797 en Madrid, siendo actualmente el tercer servicio hidrográfico más antiguo del mundo (después del francés 1720 y el inglés 1796). En 1943 se instala en Cádiz con el nombre actual.

El 17 de diciembre de 2022 celebraremos el 225 aniversario de su creación, y con la misión fundamental establecida en la Ley 7/1986 de ordenación de la Cartografía, que regula la Producción Cartográfica del Estado, y donde se establece la competencia del Estado a través del IHM en la formación y conservación de la Cartografía Náutica Básica. Esta ley fue desarrollada por el Real Decreto (RD) 1545/2007, que regula el Sistema Cartográfico Nacional. También asigna, entre otros cometidos, el ser responsable de la inscripción en el registro central de cartografía de la línea de costa, y de la representación de las líneas de base rectas y las delimitaciones marítimas una vez aprobadas por el Ministerio de Asuntos Exteriores.

En 1921 se crea la Organización Hidrográfica Internacional (OHI) con sede en Mónaco, siendo España uno de los dieciocho Estados fundadores. Está reconocido por la NN.UU. como organismo intergubernamental que

proporciona asistencia técnica, coordina las actividades y facilita el desarrollo de los servicios hidrográficos, que trabaja para garantizar que todos los mares, océanos y aguas navegables del mundo sean cartografiados, y promueve la uniformidad y estandarización en las cartas y documentos náuticos.

Hoy en día, y con una visión de hace 30 años, se puede afirmar que ha existido una transformación digital, que ha cambiado la forma de como los navegantes obtienen y gestionan la información para tomar decisiones y navegar con mucha más seguridad.

Los sistemas globales de navegación por satélite (GNSS) han ofrecido la oportunidad de una precisión, integridad de la señal, disponibilidad, continuidad y calidad en la situación geográfica de los buques, pero también en los sistemas de obtención de la información geográfica de la batimetría o modelo batimétrico del fondo, línea de costa y restituciones geométricas, obstrucciones submarinas y todos aquellos objetos geográficos necesarios para generar productos útiles para el navegante. Usando el modo RTK (*Real Time Kinetic*) la precisión mejora hasta el grado centimétrico. Esta nos permite el uso de drones o vehículos submarinos o de superficie no tripulados para la obtención de la batimetría, perfiles de playa, línea de costa y otros datos de forma más rápida y con un menor uso de medios materiales y humanos.

La capacidad de análisis digital de la información usando satélites, drones, aeronaves, sistemas LIDAR (*Light Detection and Ranging* o *Laser Imaging Detection and Ranging*) y todos aquellos medios que han mejorado la fotogrametría, además de los trabajos hidrográficos en la mar próximos a la costa, han incrementado la precisión de la franja costera y la zona intermareal, donde se establece el límite entre lo que podríamos considerar la parte terrestre y la parte marina, con sus consecuencias legales: límite del dominio público marítimo terrestre de acuerdo a la Ley 22/1988 de costas, delimitaciones territoriales, etc.

El uso de los satélites en la medición de la marea altimétrica radar (JASON I y II), no sólo en aguas costeras, si no en alta mar, ha facilitado el conocimiento de forma permanente y sistemática del nivel del mar con respecto al elipsoide, y confirmar la variabilidad de la marea de forma espacial, y no como se ha contemplado hasta hace

unas décadas, que era puntual y dependiendo de donde se instalaba el mareógrafo en un punto de la costa.

La mejora en los sistemas submarinos de detección de objetos en el fondo marino, y como no, de la batimetría, dato fundamental para cualquier producto cartográfico marino, con los sondadores multihaz (de banda ancha de alta resolución, de gran cobertura, de aguas someras), interferométricos y perfiladores de sonido permiten obtener la profundidad de un área completa y obtener modelos digitales del fondo marino con una precisión no imaginadas hace 30 años.

Gracias a las mejoras en posicionamiento, los sonares de barrido lateral, magnetómetros y perfiladores acústicos del fondo, remolcados, facilitan no sólo la identificación de objetos submarinos, mapas de población de posidonias en el Mediterráneo, y otros elementos del fondo marino, sino a localizar y proteger el patrimonio arqueológico subacuático dentro del Plan Nacional de Protección del Patrimonio Arqueológico Subacuático de 2007.

A esto podríamos añadir el uso de escáneres multi-espectrales, de análisis del fondo marino con satélites en aguas limpias, etc., que han incrementado los medios para obtener y generar productos de calidad en la información geográfica, y permiten clasificar la calidad del fondo marino sin usar técnicas invasivas de extracción de elementos del fondo.

En 1999 la OHI estableció un nuevo estándar de cartas S-57, cuyo producto son las primeras cartas vectoriales, las ENC (*Electronic Navigational Charts*, carta náutica electrónica) que son conjuntos de datos vectoriales, publicadas por un organismo gubernamental que cumple con los requisitos establecidos por la OHI, y para su uso en consolas estandarizadas ECDIS (*Electronic Chart Display and Information System*) de la Organización Marítima Internacional. Este salto en el uso de cartas vectoriales ha facilitado la estandarización, el intercambio de datos entre países, que toda la información cartográfica esté disponible en un mismo dispositivo, y que sus actualizaciones semanales se hagan de forma automática.

Los nuevos estándares S-100 que están en fase de pruebas, no sólo se limitan al producto ENC, si no que toda la información batimétrica, de balizamiento, meteorológica, de mareas, del nivel del mar, hielos, calidades del fondo, corrientes, límites marítimos, áreas protegidas, radio ayudas, gestión de tráfico, de alertas, y demás información necesaria para el navegante se encuentre estandarizada en una familia de productos codificados para ser usados en las consolas ECDIS.

Este mejor conocimiento del fondo marino, la calidad de los datos y la generación de productos en 3D ha facilitado proyectos como el liderado por el IHM para la gene-

ración de superficies de referencia hidrográficas, proyecto con el que se integrarán todas las superficies a un único nivel, altura o referencia altimétrica, ya que de acuerdo al RD 1071/2007 por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial de España, el IHM define y publica el datum y referencia altimétrica para la cartografía náutica básica. En este proyecto se pretende integrar al Instituto Hidrográfico de Portugal para crear una única superficie de referencia peninsular.

Estas nuevas mejoras y esfuerzos a lo largo de estos últimos 30 años han tenido diferentes consecuencias en la investigación y generación de productos asociados.

El 30 de mayo 2018 se firma entre Portugal y España el Tratado por el que se establece la línea de cierre de las desembocaduras de los ríos Miño y Guadiana y se delimitan los tramos internacionales de ambos ríos, y es el punto de partida para fijar el resto de las delimitaciones territoriales con mayor precisión gracias a las mejoras en la calidad y estandarización de la información geográfica marítima. Este Tratado ha favorecido el que entre los dos países se publiquen cartas náuticas conjuntas en las zonas limítrofes.

Desde 1995, dentro del Plan cartográfico de las Fuerzas Armadas, existe un Plan de Investigación Científica (PIC) de la Zona Económica Exclusiva Española (ZEEE) cuya finalidad es definir y planificar las actividades de investigación científica en la ZEEE. El IHM pertenece al Comité de Dirección de dicho PIC, y tiene la responsabilidad de su ejecución junto al Real Observatorio de la Armada, en el que participan un gran número de organismos colaboradores a bordo del BIO «Hespérides», en las que se efectúan levantamientos hidrográficos sistemáticos, con medios de cobertura total, y que permiten el conocimiento de los fondos marinos.

España está trabajando en la presentación de tres proyectos de ampliación de su Plataforma Continental: en el Golfo de Vizcaya- Mar Céltico, ya aprobada por NN.UU., en el área de Galicia, y al oeste del archipiélago canario. Personal del IHM, junto a expertos del IGME y el IEO, forman parte del equipo científico-técnico en las campañas de adquisición de datos y preparación de informes y de la delegación que realiza la presentación ante la Comisión de Límites de la Plataforma Continental de las NN.UU. El papel del IHM es fundamental, ya que garantizan que la batimetría en la que se apoyan los requisitos morfológicos y geológicos cumple los requisitos establecidos por la OHI, condición indispensable impuesta por NN.UU.

Desde que en 1988 España inicia la apertura de las bases antárticas «Juan Carlos I» en la isla de Livingston y «Gabriel de Castilla» en la isla Decepción, pertenecientes al archipiélago de las Shetland del Sur, el IHM ha efectuado campañas hidrográficas al objeto de garantizar la

seguridad en la navegación y contribuir al desarrollo de la ciencia en esas aguas. La primera fue en 1988, y en su mayoría se han llevado a cabo a bordo del BIO «Hespérides». Como resultado de ellas España ha asumido responsabilidades cartográficas internacionales en la isla Livingston, y compartida en la isla Decepción.

El IHM participa y lidera en la Antártida desde 2016 el proyecto «Galileo-IHM», financiado por el Ministerio de Defensa con el objeto de validar el Servicio PRS (*Public Regulated Service*) del Programa GNSS (*Global Navigation Satellite System*) europeo GALILEO en zonas de altas latitudes del hemisferio sur. Este proyecto se enmarca en un conjunto de Proyectos Piloto de Validación solicitados por la Agencia Europea GNSS.

En 2019 se inició el desarrollo del proyecto I+D+I SIAA-METOC (Sistema de Apoyo Automático Meteo-Oceanoográfico para las operaciones marítimas) como uno de los proyectos seleccionados en el Programa Coincidente 2018. Tiene como principal finalidad, proporcionar productos medioambientales específicos para las operaciones navales a partir de fuentes de datos meteorológicos y oceanoográficos a nivel global, y con un sistema de automatización simplificado al máximo, y pueda ser operado desde las propias unidades por personal militar en plenas operaciones.

Las nuevas tecnologías han favorecido, entre otros, la

automatización de procesos productivos con empleo y análisis masivo de datos o *big data*, inteligencia artificial, hiperconectividad, etc., que redundan en una mayor calidad y eficiencia de medios en el mantenimiento de la cartografía náutica oficial. Además, han facilitado la formación no presencial *on-line*, las publicaciones digitales para usuarios, las plataformas digitales en la web, distribución de productos, que en el caso del IHM ha consistido en distribuir productos de papel mediante productos digitales «ad hoc» o recuperar el conocimiento para el público en general de la cartografía histórica, y el acceso a servicios para cualquier usuario en general, como es nuestro caso con el primer servicio nacional, y del Ministerio de Defensa, de información geográfica náutica de España con servicios de visualización y descarga <https://www.ideo.es/estatal#1md> y <http://ideihm.covam.es/Index1.html>.

Por último, finalizaré agradeciendo la oportunidad que nos ha ofrecido la Dirección de la revista MAPPING para celebrar estos 30 años de su historia, y compartir con sus lectores las actividades del IHM, de sus hombres y mujeres que dedican su vida a la Armada y a la cartografía, no sólo por su responsabilidad con competencias en cartografía y otros campos, sino también como protagonista en los avances en la Geomática que favorecen y facilitan un conocimiento mayor y más preciso de nuestros mares, costas y océanos.





No toquen, por favor

Normalización de la información geográfica: de dónde venimos y a dónde vamos

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 86-88
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

UNE/CTN 148 «Información geográfica digital»

«Estaba claro que aquel rey era un rey muy bueno. Daba órdenes, pero razonables.

- Si ordeno a un general que se transforme en ave marina y no obedece, no será culpa del general, sino mía. Debo dar órdenes razonables, que se puedan cumplir... »

Antoine de Saint-Exupéry (El principito, 1943)

Dicen que veinte años no son nada, pero treinta parecen muchos cuando se habla de evolución técnica en cualquier campo de actividad, como el de la normalización de la información geográfica (IG) en España. Por ejemplo, en 1990 no existía ningún comité de normalización de la IG cuyo ámbito de actuación incluyese España. Hacia dos años que el IGN había presentado en el IV Congreso Nacional de Topografía y Cartografía (TOP-CART 88)⁽¹⁾: una propuesta de «Norma de Intercambio de Cartografía Digital (NICaD)», basado en ficheros ASCII, formados por registros de 80 caracteres de longitud, relacionados entre sí, que a lo largo de los años 90 daría lugar a la Norma de Intercambio de Cartografía Catastral (NICCa); y un esquema de codificación en tema, grupo y subgrupo (TTGGSS) de los objetos geográficos cuyo uso sería común en España durante bastante tiempo.

En el ámbito internacional, existía ya una norma pionera de intercambio de IG, el NTF (*National Transfer Format*) británico desde 1988. Dos años después apareció en el ámbito internacional el formato DIGEST (*Digital Geographic Exchange Standard*) definido por el grupo DGIWG (*Digital Geospatial Information Working Group*), que se convertiría en norma estadounidense en 1994 y sería adoptado por la OTAN en 1998 (STANAG 7074). En los años 90, se amplió el abanico de formatos de intercambio definidos como normas nacionales: SDTS en Estados Unidos (1992), EDIGÉO en Francia (1992), INTERLIS en Suiza (1998) y algún otro, como se recogía en el exhaustivo libro publicado por la Asociación Cartográfica Internacional sobre normas y estándares de intercambio⁽²⁾ en 1997.

En paralelo, el comité europeo CEN/TC287 «Información Geográfica», cuya secretaría ostentaba la francesa AFNOR, trabajaba desde 1991 en una familia de diez normas orientadas al intercambio de IG, aprobadas finalmente entre 1997 y

1998, que incluían los siguientes aspectos: Modelo de Referencia, Vocabulario, Modelo espacial, Posicionamiento directo, Identificadores Geográficos, Metadatos, Calidad, Formato de transferencia, Consulta y actualización, y Reglas para modelos de aplicación. Utilizaban EXPRESS (ISO 10303-11:1994) como lenguaje para modelado de datos, tenían modelos conceptuales avanzados, dedicaban poca atención a los datos ráster y tenían un formato de transferencia basado en un *Clear Text Encoding* (ISO 10303-21:1995).

En 1994 se fundó el Comité Técnico 211 de ISO «Geomática/Información Geográfica», orientado tanto a intercambio de ficheros como a servicios web de IG, lo que junto con un título y un campo de aplicación ligeramente diferente permitió evitar la duplicidad de actividades con CEN/TC 287, no permitida por los Acuerdos de Viena ISO-CEN. CEN/TC287 decidió aprobar sus normas como Normas europeas experimentales (ENV), para evitar conflictos, y buena parte de sus ideas, conceptos y construcciones fueron aprovechados y tenidos en cuenta por ISO/TC211.

Mientras tanto, en 1992 se formó el Comité Técnico de Normalización 148 «Información geográfica digital» (AEN/CTN148) de AENOR (hoy UNE), por iniciativa del Centro Nacional de Información Geográfica y con la participación del sector público, el privado y las universidades. Desde entonces ha canalizado la participación española tanto en CEN/TC287 como en ISO/TC211 (envío de expertos a los grupos de trabajo, elaboración de comentarios, iniciativas...). Actualmente, el comité está compuesto por un total de 40 miembros de 20 empresas, universidades y organismos públicos, de los que 7 lo son a título personal. A lo largo de estos 30 años han participado intensamente en las actividades tanto del CEN/TC287 como del ISO/TC211, y han elaborado varias normas nacionales:

- UNE 148001: 1998 EX MIGRA (Mecanismo de Intercambio de Información Geográfica por Agregación), norma experimental que tenía como objetivo difundir en España la cultura del intercambio

⁽¹⁾<https://www.worldcat.org/title/comunicaciones/oclc/435371830>

⁽²⁾<https://www.sciencedirect.com/book/9780080424330/spatial-database-transfer-standards-2-characteristics-for-assessing-standards-and-full-descriptions-of-the-national-and-international-standards-in-the-world>

estructurado de IG, con un modelo en EXPRESS, metadatos, calidad y un formato físico ASCII definido *ad hoc*. Estaba basada en la parte dedicada al territorio del formato de intercambio entre las administraciones INDALO (1995), definido por la COAXI (Comisión Nacional para la Cooperación entre las Administraciones Públicas en el campo de los Sistemas y Tecnologías de la Información) y que estuvo en uso hasta el año 2006.

- UNE 148002: 2016 Metodología de evaluación de la exactitud posicional de la información geográfica. Una interesante propuesta que trata de disminuir los costes de determinación de la calidad manteniendo buenos resultados para el productor. Establece un método para los procesos de control de aceptación de conjuntos de datos geográficos según su calidad posicional. Está basada en la norma ISO 19157:2014 y adopta principios generales de gestión de la calidad (ISO 9000:2015).
- UNE 148004: 2018 Datos geográficos abiertos, que trata de cubrir el hueco existente al no haber una definición normalizada, clara, concreta, comúnmente aceptada y comprobable, de qué son datos abiertos. Establece una definición normalizada de datos geográficos abiertos y define los requisitos necesarios para que puedan publicarse como tales.

Además, el AEN/CTN148 ha traducido al español más de 70 normas de ISO/TC211 para su adopción en España como normas nacionales.

Volviendo a la familia de normas ISO 19100 definida por ISO/TC211, hacia el año 2007, se completó la publicación de un núcleo de unas 19 normas y especificaciones técnicas (TS) centradas esencialmente en conjuntos de datos vectoriales, que han marcado y definido el mundo conceptual en el que nos movemos en el campo de la IG:

- ISO 19101:2002 Modelo de Referencia
- TS 19103:2005 Lenguaje de Esquemas Conceptuales
- ISO 19104:2004 Terminología
- ISO 19107:2003 Esquema espacial
- ISO 19108:2002 Esquema temporal
- ISO 19109:2005 Reglas para esquemas de aplicación
- ISO 19110:2005 Catalogación de objetos geográficos
- ISO 19111:2007 Sistemas de Referencia espaciales por coordenadas
- ISO 19112:2013 Identificadores geográficos
- ISO 19113:2002 Principios de calidad
- ISO 19114:2003 Evaluación de la calidad
- ISO 19115:2003 Metadatos
- ISO 19119:2005 Servicios
- ISO 19128:2005 Servicios Web de Mapas
- ISO 19131:2007 Especificaciones de producto de datos
- ISO 19136:2007 *Geographic Markup Language*
- ISO 19137:2007 Perfil esencial del esquema espacial

- TS 19138:2006 Medidas de la calidad
- TS 19139:2007 Metadatos en XML

Estas normas han sido y son muy importantes en tres sentidos diferentes:

1. Establecen un marco conceptual y tecnológico claro y ordenado, en el que todos nos movemos: utilizar normas TIC allí donde son aplicables y solo definir normas específicas cuando sea necesario; utilizar UML para definir los modelos, XML como formato de intercambio general, GML como sublenguaje de XML cuando se trata de datos geográficos, y utilizar servicios OGC para publicar IG.
2. Definen normas de aplicación y utilidad práctica inmediata, como las normas de Calidad, Metadatos, Codificación de metadatos en XML, Especificaciones de producto de datos e Identificadores geográficos.
3. Constituir, en cierto sentido, una suerte de enciclopedia tecnológica de los aspectos más relevantes de la gestión de IG, que incluyen los puntos de vista más avanzados y las mejores aportaciones.

En su evolución y hasta el día de hoy, se han añadido normas que contemplan los datos ráster y malla, se han desarrollado normas sobre servicios, como Servicios Web de *Features* (WFS), Servicios Basados en la Localización (LBS), sensores (SoS) y otros, y se han revisado y mejorado periódicamente los textos de las normas ya aprobadas. Un ejemplo de ese trabajo de mejora continua es la unificación de las tres normas relacionadas con la calidad (ISO 19113, ISO 19114 y TS 19138) en una única norma ISO 19157:2013 Calidad de datos.

La familia de normas ISO 19100 ha seguido creciendo hasta completar un total de 75 normas⁽³⁾, que abordan temas cercanos a las aplicaciones finales en campos de indudable interés, como:

- ISO 19148:2012 Referenciación lineal, como el uso de distancia a un punto kilométrico de una carretera.
- ISO 19150: 2012-2019 Ontologías, compuesta de varias partes. Normaliza las ontologías de Información Geográfica.
- ISO 19152:2012 Modelo para el ámbito de la administración del territorio (LADM), que cubre los datos de Catastro y Registro de la propiedad.
- ISO 19160:2015-2020 Direcciones, que consta de varias partes. Normaliza algo tan variable de uno a otro país como son las direcciones postales.
- ISO 19165:2018 Preservación de datos digitales y metadatos, que fue propuesta por el CTN148 español. Aborda el problema de cómo preparar el almacenamiento de los datos geográficos para que sean recuperables, legibles y útiles dentro de 20, 30 y más de 100 años.

⁽³⁾<https://www.iso.org/committee/54904/x/catalogue/p/1/u/0/w/0/d/0>

Y se está trabajando, tal y como se puede ver en el programa de trabajo de ISO/TC211⁽⁴⁾ en otras 25 normas en áreas tan relevantes, como:

- TS 19166 Correspondencia conceptual entre modelos BIM y SIG
- ISO 19168 API geoespacial para objetos geográficos
- ISO 19170 Sistemas de mallas globales discretas

Vemos pues que el conjunto de normas que forman la familia ISO 9000 cubre áreas del máximo interés, que abordan incluso temas en la frontera de las nuevas aplicaciones de la IG, con su creciente relevancia práctica en lo social, económico, jurídico y tecnológico.

También se ha elaborado una versión panhispánica del Glosario de términos de ISO/TC211, de más de mil términos, en colaboración con el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) y los países hispanohablantes, disponible en la web⁽⁵⁾. Una contribución esencial para disponer de un vocabulario técnico único, consolidado y normalizado, algo que se ha echado de menos durante un buen número de años. Su utilidad es relevante para un mejor entendimiento de la geoinformación y su creciente interoperabilidad semántica y técnica.

Según nuestra experiencia, colaborar en la elaboración de normas, bien como expertos en los Grupos de Trabajo de ISO/TC211 o bien elaborando comentarios y propuestas, es una de las maneras más rápidas y eficaces de aprender sobre cualquier aspecto de la gestión de IG, así como para facilitar su difusión y utilización por diversos sectores productivos y económicos.

Por otro lado, las normas técnicas ISO no son perfectas. Algunas adolecen de inconsistencias, fallos de enfoque, errores, lagunas, y ciertos problemas de integración. Gracias a las revisiones periódicas, algunos de esos fallos se han resuelto, pero para mejorarlas es esencial contar con la colaboración del mayor número posible de expertos, de los países, entornos culturales y especialidades más variados, para evitar sesgos cognitivos y aprovechar la llamada Ley de Linus («*Dado un número suficientemente elevado de ojos, todos los errores se convierten en obvios*»).

Las normas técnicas internacionales ISO 19100 se han revelado como un factor que aporta unidad y madurez al paradigma conceptual de la gestión de la IG. Los beneficios que aporta la normalización a un campo tecnológico son muy considerables, por mencionar solo algunos:

- Ofrecer a los usuarios interfaces similares (por ejemplo, todos los automóviles se conducen igual y tienen los mandos ordenados prácticamente de igual manera) y a los

fabricantes, componentes universales (todos los tornillos son iguales).

- Contribuir a que la tecnología se adapte a los usuarios y esté a su servicio y no al revés.
- Aumentar la calidad de las soluciones que se implementan, al hacerlas comparables entre sí.
- Permitir la conexión con otros dominios tecnológicos.
- Independizar las aplicaciones de las plataformas, haciendo posibles las migraciones, con lo que contribuyen a que no se generen burbujas tecnológicas.
- Permitir la rápida propagación de novedades, la reutilización de componentes y la colaboración entre proyectos.

Disfrutamos actualmente y desde hace algunos años de un momento afortunado en el desarrollo de la Geomática, debido entre otras cosas a que disponemos de una familia de normas internacionales bien estructurada y de calidad. Las normas técnicas ISO 19100 han contribuido notablemente a la maduración del sector de la IG y a la aparición de proyectos internacionales e interdominio que, sin normas, sencillamente no serían concebibles. Las normas hacen posibles las Infraestructuras de Datos Espaciales, la reutilización de datos, desarrollos y recursos en general, la movilidad de los expertos en Geomática, la integración de los datos geográficos con otros tipos de datos, como datos estadísticos, datos BIM (*Building Information Modeling*), meteorológicos, o de otros dominios de aplicación, y muchas otras cuestiones tecnológicas e incluso jurídicas. En resumen, las normas técnicas permiten pensar y trabajar a un nivel de abstracción superior, con el beneficio práctico que ello implica.

Para acabar esta revisión y análisis de la historia y evolución de la normalización en el campo de la IG en España, nos gustaría decir algo sobre su futuro:

No sabemos cómo serán las normas internacionales de IG dentro de 30 años, pero de lo que sí estamos seguros es de que las normas técnicas ISO seguirán representando el nivel más alto de interoperabilidad, normalización, racionalización y estructuración consistente de las soluciones tecnológicas.

Nota: Este artículo ha sido preparado por el Presidente del UNE/CTN148 y todos sus miembros han podido revisarlo y proponer cambios.



⁽⁴⁾<https://www.iso.org/committee/54904/x/catalogue/p/0/u/1/w/0/d/0>

⁽⁵⁾<https://github.com/ISO-TC211/TMG>

SPRING

MAI



Un informático metido a geógrafo...

Emilio López Romero

Director del Centro Nacional de Información Geográfica
Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 90-91
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Hace algo menos de treinta años, empecé los estudios de ingeniería informática. Por aquel entonces, mi relación con la cartografía era prácticamente nula, alguna consulta a algún mapa o callejero para un viaje, o moverme por una ciudad y poco más. Tampoco durante la carrera universitaria tuve la oportunidad dado que, a pesar de tener que cursar varias decenas de asignaturas, no había ninguna, troncal u optativa, relacionada con los sistemas de información geográfica ni nada parecido.

Un poquito antes, en 1988, había nacido el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) como organismo autónomo de carácter comercial con la finalidad de producir, distribuir y comercializar los trabajos de carácter geográfico que demandara la sociedad, dentro del marco estratégico definido por el Instituto Geográfico Nacional y, prestando especial atención a aquellos relacionados con las tecnologías y con programas de investigación y desarrollo.

Diez años después, un amigo licenciado en Geografía me comentó que estaba realizando un Máster en Sistemas de Información Geográfica y no sé, si por el interés de la materia, o por sus dotes como orador, me interesé por sus explicaciones.

Más tarde, decidí prepararme las oposiciones para el Cuerpo Superior de Sistemas y Tecnologías de la Información de la Administración General del Estado. Entre sus ciento y pico temas allí estaban los Sistemas de Información Geográfica. Sin duda las explicaciones de mi amigo me sirvieron de gran ayuda y me hicieron estudiarlos con más atención. De hecho, casualmente, fue una de las opciones de los temas que me tocó desarrollar en los exámenes y, obviamente, la escogí. Y aprobé.

Bueno, aprobé por los pelos, porque quedé el último de mi promoción y eso me llevó prácticamente a no poder elegir destino. Me tocó quedarme con el que mis compañeros dejaron libre... el Instituto Geográfico Nacional. Nunca podré agradecerles suficientemente que eligieran para mí esta solemne, tecnológica y familiar institución para desarrollar mi carrera profesional como funcionario del Estado.

En aquellos momentos, la cartografía era muy cara de obtener, y productos como las bases cartográficas nacionales se vendían a precios muy elevados a las grandes empresas de comunicaciones, de infraestructuras energéticas, constructoras, etc. El Mapa Topográfico Nacional se distribuía bá-

sicamente en papel. De hecho, la famosa Guía CAMPSA y el Mapa de Carreteras del Ministerio de Fomento se imprimían en los Talleres Cartográficos del IGN.

Cuando me incorporé al equipo de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) no era consciente del gran proyecto al que me unía. Afortunadamente, tenía algo de experiencia en servicios web, en XML y en la arquitectura cliente-servidor. Pero la IDEE no solo consistía en aplicar las nuevas tecnologías a la información geográfica. Era y es un ecosistema que reúne aspectos organizativos y legislativos, ávido de cooperación y colaboración entre proveedores de datos y servicios de diferentes sectores y niveles administrativos.

Y, aunque los primeros servicios de visualización de mapas eran lentos, muy lentos, inestables y poco atractivos (recuerdo esos mapas color rosa cerdito), poco a poco fueron mejorando y evolucionando a medida que las herramientas *software*, el *hardware* y los equipos de comunicaciones aumentaban su capacidad y rendimiento. Y, por supuesto, nosotros continuábamos adquiriendo experiencia en la materia. Pasamos de una arquitectura formada por un servidor de base de datos, un servidor de aplicaciones y un ordenador que actuaba como servidor web (que, por cierto, habíamos cogido prestado del aula de formación), a toda una infraestructura tecnológica con decenas de servidores en paralelo actuando en *clusters*, balanceadores, cabinas de almacenamiento con centenas de discos conectados por fibra óptica, etc. También el equipo de personas dedicadas al desarrollo de la IDEE aumentó.

Y, además, no estábamos solos. Las universidades, las empresas del sector y, sobre todo, nuestros compañeros de todas las Comunidades Autónomas también lanzaron sus proyectos IDEE. Nos reunimos en el Grupo de Trabajo IDEE para diseñar las líneas estratégicas del proyecto y organizamos las Jornadas IDEE con el objeto de compartir nuestras experiencias, casos de éxito (y fracasos) y desarrollos tecnológicos.

Hoy en día, como Director del Centro Nacional de Información Geográfica, sigo siendo un neófito en estas materias, me pierdo cuando mis compañeros hablan de geoides, de ondas sísmicas, de quásares o de coropletas. Pero lo que sí he adquirido es el amor por la cartografía, por las imágenes aéreas, por los análisis geoespaciales, por las escenas tridimen-

sionales. Y, por supuesto, me apasiona la integración entre las dos materias que he desarrollado a lo largo de mi carrera profesional: la informática y la información geoespacial.

La Directiva INSPIRE a nivel europeo y la LISIGE (Ley 14/2010) a nivel nacional, han supuesto el respaldo necesario para que la IDEE sea, actualmente, el pilar central donde se sustenta la labor de difusión de información geoespacial de nuestro país.

Pero la IDEE no está sola en esa labor.

En primer lugar, hay que destacar los acuerdos y convenios de colaboración para capturar, producir y cofinanciar datos geográficos entre diferentes administraciones públicas. Mención especial merece el Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT) que nos permite disponer de fotografías aéreas, ortofotos, datos LiDAR, modelos digitales de elevaciones y coberturas y usos del suelo, actualizadas y de muy alta resolución.

En segundo lugar, disponemos de una política de datos que comparten la mayor parte de los productores de información geoespacial en España, que facilita el acceso a los metadatos, a los servicios web y a los conjuntos de datos geográficos de manera libre y gratuita, simplemente realizando el reconocimiento oportuno.

Por último, ofrecemos un amplio abanico de aplicaciones y herramientas que nos permiten explotar esos conjuntos de datos y servicios de manera fácil y eficiente. Por ejemplo, CNIG publica el Centro Web de Descargas y la Fototeca Virtual, herramientas sencillas para descargar toda la información geoespacial del IGN y de otras instituciones mediante diferentes filtros espaciales y no espaciales. Miles de terabytes y millones de ficheros son descargados cada año a través de ellos. También ofrecemos diferentes visualizadores como Iberpix, o el SIGNA, todo un SIG en la web que permite sencillos (y no tan sencillos) geoprocesamientos y análisis.

Y qué decir del proyecto CartoCiudad que ofrece servicios de geocodificación directa e inversa sobre un conjunto de más de trece millones y medio de direcciones, además de topónimos y puntos de interés. O los visualizadores temáticos como Naturaleza, cultura y ocio, Camino de Santiago o Parques Nacionales, que están empezando a explotar nuestros datos para proporcionar capacidades tridimensionales y de realidad virtual.

No podemos olvidar las *app* de Sismología o Mapas de España con más de 100 000 usuarios activos. Sin duda, dos casos de éxito.

Si a todo esto le unimos los portales web, las redes sociales, los recursos educativos, la venta en línea y presencial, la atención a consultas y la participación y organización en eventos, podemos afirmar que la difusión, promoción y comercialización de productos geográficos en España goza de una salud envidiable.

¿Y qué pasará en los próximos treinta años? Lo primero

es que espero y deseo que la revista Mapping seguirá existiendo y difundiendo artículos, documentos e información de nuestro sector con tanto éxito como hasta ahora. Lo segundo, espero estar para comprobarlo (y que no me pille trabajando).

No destaco como visionario. Recuerdo la primera vez que vi la página de Google y pensé «esto está por terminar, Yahoo será el líder en el mundo de los buscadores». Pero no me aventuro demasiado si digo que las nuevas tecnologías como la inteligencia artificial y el *big data* seguro que serán actores principales en la evolución del sector de la información geográfica, en todas sus fases, desde la captura, hasta la producción y diseminación. Así mismo, los sensores, nuevos y sofisticados satélites y drones permitirán una información geográfica muy rica y dinámica, creada en tiempo real (o casi), con resoluciones y precisiones milimétricas.

Estos avances permitirán nuevos campos de actuación y nuevas aplicaciones para la conducción no asistida, el estudio y protección del medio ambiente (análisis de plagas y desastres naturales en tiempo real), los servicios de seguridad y protección civil, la agricultura y ganadería y un largo etcétera. También las tecnologías de información geográfica serán parte esencial en el gobierno electrónico como componente estructural e inherente a los sistemas de información que lo sustentan.

Las administraciones públicas en general y los productores y proveedores de información geoespacial en particular, tenemos un reto apasionante y complejo para continuar jugando un papel protagonista en este sector. Serán necesarias fuertes inversiones, intenso trabajo y el esfuerzo continuado de los empleados públicos con el apoyo del sector privado, una gran capacidad de adaptación a las nuevas tecnologías y, sobre todo, una cooperación y colaboración estrecha entre las instituciones para alcanzar nuestras metas y objetivos teniendo como horizonte el interés general de nuestra sociedad.



Pasado, presente y futuro de la cartografía. Mi visión personal

Álvaro Mateo Milán

Teniente Coronel Cuerpo de Ingenieros del Ejército del Aire
Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Ingeniero Técnico en Topografía
Vicedecano del Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros en Geomática y Topografía
Vicepresidente del Council of European Geodetic Surveyors (CLGE).

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 92-93
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Es de agradecer que se acuerden de uno para redactar estas líneas, especialmente en estos momentos difíciles y de extrema incertidumbre. No puedo sino felicitar a todo el equipo de la revista MAPPING por la excelente labor realizada estos treinta años y animarles a que continúen divulgando nuestra profesión, con el mismo entusiasmo y profesionalidad demostrados hasta ahora.

Todo empezó con la fotografía. La industria cartográfica que conocí en mis inicios profesionales en el Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire (CECAF), se fundamentaba, básicamente, en la fotografía aérea. El avión era la gran estrella, pues a principios de los años ochenta los satélites de observación no contaban aún con resolución suficiente para producir cartografía a grandes escalas.

El proceso cartográfico comenzaba con la planificación y ejecución de un vuelo fotogramétrico que cubriera la zona a levantar. Las cámaras fotogramétricas, de gran volumen y coste, obtenían las imágenes del terreno. Como era complicado visualizar una imagen negativa, se necesitaba producir contratipos o imágenes positivas; más fáciles de interpretar y que eran las que se introducían en los restituidores fotogramétricos. Era un proceso casi artesanal. Valga de ejemplo el método para la producción de los contratipos, en el que se utilizaban contactadoras con múltiples luces que se encendían y apagaban a demanda, para iluminar, selectivamente, las zonas claras y oscuras de cada fotograma.

En aquellos tiempos era necesario trabajar con diferentes productos químicos fotográficos. Se empleaban reveladores y fijadores. Se elaboraba a mano el revelador de grano fino. Eran necesarios grandes tanques para el fijado, revelado y lavado de los contratipos. También se utilizaban grandes procesadoras de papel fotográfico y medios de calibración de las fotografías. Todos estos elementos se encontraban en los laboratorios, lugares oscuros pero a la vez cálidos, donde se hacía posible la obtención del producto fotográfico, base de la cartografía.

Una vez realizado el vuelo y obtenidos los fotogramas, era necesario llevar a cabo un levantamiento topográfico de la zona de interés. La topografía nos permitía

obtener las coordenadas terreno de los denominados «puntos Grüber», base de la restitución fotogramétrica. Estos puntos se determinaban, o bien por medición directa en campo o a partir de la aerotriangulación, siendo necesarios para obtener el modelo ajustado sobre el que se dibujaría la minuta o primer borrador del mapa.

Los levantamientos topográficos se realizaban con teodolitos y distanciómetros. Era un proceso duro, lento y meticuloso, pero al mismo tiempo precioso; el trabajo en equipo, el contacto con la naturaleza, el acceso a los vértices y las impresionantes panorámicas hacían de este trabajo un regalo para mí.

El tiempo de ejecución del proceso cartográfico era muy superior al de la actualidad. Sirva de ejemplo que, para obtener la cartografía de servidumbres aeronáuticas de un aeródromo, se empleaban unos treinta días de campo y se estaba sujeto a las condiciones meteorológicas: lluvia, visibilidad, viento. Todos estos eran factores que podían prolongar la duración de los trabajos en más de un sesenta por ciento. El proceso completo de la elaboración de cartografía era superior a seis meses.

Todo cambió a partir de mediados de los años ochenta y principios de los noventa. Aparecieron los GPS, los escáneres cartográficos, la cartografía digital apoyada en potentes ordenadores y comenzó la época de la digitalización. La informática se adueñó del proceso cartográfico de manera disruptiva. Los tiempos de producción se redujeron exponencialmente, pero también fue necesario afrontar un profundo cambio de mentalidad y rediseñar la formación del personal. Donde antes se enseñaba fotografía analógica y topografía clásica, ahora se necesitaba comprender la imagen digital, los sistemas CAD, las bases de datos geoespaciales, los sistemas de información geográfica y el posicionamiento por satélite.

La cartografía aeronáutica y el diseño de los procedimientos de vuelo instrumental no fueron ajenos al cambio. Se pasó de un diseño de «escuadra y cartabón», basado en normativa americana de los años cincuenta, a incorporar los nuevos estándares de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Simultánea-

mente también se desarrolló una versión militar de la normativa civil en la Agencia de Estandarización de la OTAN (NSA). Dado el volumen y complejidad de ambas normativas, fue necesario adquirir potentes programas informáticos que aseguraban la seguridad e integridad de los datos aeronáuticos generados.

La aparición de las Infraestructuras de Datos Espaciales, del Plan Nacional de Fotografía Aérea y de los datos lidar, han puesto a disposición de los productos de cartografía temática la base cartográfica sobre la que desarrollar sus productos. En la actualidad, únicamente se generan los datos imprescindibles para producir las capas de información temática. En el caso de la cartografía aeronáutica, se representan las áreas y superficies de servidumbres aeronáuticas, las aerovías y radioayudas a la navegación, los procedimientos instrumentales de navegación (salidas, aproximaciones, esperas, frustradas, etc.) y se diseña la simbología específica para la visualización de las cartas visuales abordo de la aeronave.

El futuro no se dibuja a saltos, sino que es un continuo de las épocas anteriores. Sin embargo, nos encontramos con tecnologías disruptivas que a nivel global van a marcar el devenir en los próximos años. Entre otras: la inteligencia artificial, el Internet de las cosas, BigData, 5G, los coches inteligentes, la impresión 3D, los enjambres de drones, la realidad virtual o las redes sociales colaborativas.

Respecto a los métodos de adquisición, la progresiva miniaturización de los chips electrónicos, los métodos cuánticos de almacenamiento y el “software como hardware”, invitan a imaginar un futuro, donde la disminución de peso de la carga de pago de satélites y drones, permitan la adquisición de información geoespacial, con diferentes sensores, de manera continua y permanente. No será preciso esperar a la demanda, sino que la oferta de datos será masiva y el proceso más importante será el tratamiento adecuado de los datos para adaptarlos a nuestras necesidades. Por ejemplo, en el caso de la fotogrametría, los puntos de apoyo se obtendrán de bases de datos comerciales, y un enjambre de drones, perfectamente coordinado, permitirá hacer un levantamiento “on the fly”. El producto final estará disponible para el cliente al instante.

Las constelaciones de mini satélites de observación, ya existentes, se generalizarán, permitiendo una repetibilidad en la adquisición de imágenes casi inaudita, ofreciendo información de cada lugar de la tierra de manera periódica, es decir, diaria. Se podrán hacer estudios de deformaciones con radar de apertura sintética embarcados en drones y mediante la coordinación entre plataformas, se dispondrán de modelos

digitales del terreno obtenidos por radargrametría de manera casi instantánea. La velocidad y capacidad de las futuras redes de telecomunicaciones van a permitir observar, transmitir y obtener el producto geoespacial, procesado por servicios web dedicados, a velocidades nunca imaginadas.

La cartografía con más proyección de futuro, según mi criterio, será aquella fuertemente normalizada; necesaria en los sectores regulados. Entre éstos, destacarían el aeronáutico, el naval y en un futuro próximo, cuando se generalicen los coches autónomos, el terrestre. Este último aplicado a las vías de comunicación. En un símil con las aerovías y procedimientos aeronáuticos, donde todos los puntos de paso de una aeronave disponen de coordenadas precisas e indicaciones de altura, en las carreteras del futuro se requerirá digitalizar incluso las marcas viales. La revisión cartográfica periódica asegurará la integridad de los datos de «navegación» de los vehículos, de manera que se garantice la seguridad y regularidad de los recorridos.

En suma, las predicciones a treinta años vista, con el crecimiento exponencial de la información digital disponible, las telecomunicaciones híper rápidas y el desarrollo de nuevos materiales, nos puede hacer soñar que, un día no muy lejano, la cartografía esté implantada en un chip en nuestro propio cuerpo y que su información se actualice automáticamente según nos desplazamos de un lugar a otro.

No es descabellado pensar que nuestros mayores ya no se perderán más, pues el «chip cartográfico», en caso necesario, iniciará la «vuelta a casa». El chip conectado a nuestro vestuario inteligente enviará pequeños impulsos eléctricos, que transmitidos a los miembros motores, les guiará a su domicilio, cuya dirección se perdió un día en su memoria.



Evolution of modern cadastre during the period 1990 – 2020 – Future trends

Dr. Ourania Mavrantza

Rural and Surveying Engineer
Chief of Department of Change and Enterprise Risk Management
Direction of Planning
HELLENIC CADASTRE

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 94-95
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

During the 1990s, the Cadastre is defined as “a Land Information System (LIS) designed to assist in land taxation, real estate conveyancing, and land redistribution. A Cadastre is normally a parcel-based system, i.e. information is geographically referenced to unique, well-defined units of land” (The FIG Statement on the Cadastre, 1995). Data of general interest to a wider community of interest, which are usually considered part of the Cadastre, include: **land parcels** (e.g. location, boundaries, coordinates), **land tenure** (e.g. property rights, ownership, leases) and **land value** (e.g. quality, economic value, tax value, value of improvements). Supplementary geo-information for land development (e.g. buildings, agricultural data, forestry data, utilities, fisheries, environmental quality and demographic data) can also be connected to land parcels.

In other words, “Cadastre” takes the form of a “Cadastral System” which provides a 2D representation of spatial information. The descriptive information (such as land value, ownership, or use) embedded in the textual or attribute files of the Cadastral Data Base, can be accessed by the unique parcel codes shown on the cadastral map [1].

In mid 1990s, further impulsion emerges for the implementation of land management policies in order to provide the necessary framework for recording land related data and supporting effective decision making (FIG-UN FAO, 1995) [2]. This results in the re-examination of the framework, main goals and objectives of Cadastre and in its gradual conversion into “**Land Administration**” (LA). LA is defined as “a process of information determination, recording and dissemination about the ownership, value and use of land when implementing land management policies” (UN/ECE Land Administration Guidelines, 1996) [3].

In 1998, FIG Commission 7 publishes the first edition of the “CADASTRE 2014” Report (which is finalized in 2014) [6]. CADASTRE 2014 underlines the trends in the cadastral field, provides suggestions and generally, demonstrates an ambitious vision for the Cadastre over the following 20 years towards 2014. CADASTRE 2014 is meant to fulfil a multi-purpose role, while taking the

emerging technological advances into consideration. In addition, the more general term “**(land) object**” is introduced as the basic real property element to which Rights, Restrictions, and Responsibilities (RRRs) apply.

The new term “**Land Governance**” which emerges approximately in 2010 is referred to “the policies, processes and institutions by which land, property and natural resources are managed. Land Administration Systems provide a country with an infrastructure for implementing of land policies and land management strategies in support of sustainable development” (FIG, 2014) [5]. In that context, a LAS is considered an operational subset of Land Governance.

A fundamental milestone for the upcoming evolution of 3D Cadastre is the conceptualization of the Land Administration Domain Model (LADM), which in 2012 becomes the International Standard “**ISO 19152**”. LADM enables the combination of land administration information from different sources in a coherent manner and furthermore provides an abstract conceptual (modular and extensible) representation scheme related to *Parties* (people and organizations), *Basic Administrative Units*, *Rights, Responsibilities, and Restrictions* (RRR) (ownership rights), *spatial* (surveying) and *legal sources* (titles, deeds etc), as well as *2D / 3D representations* (geometry and topology) of *spatial units* (e.g. parcels, etc) [4].

After LADM has broadly been recognized as one of the best models to unambitiously represent 3-D RRRs (legal aspects), extensive research is also being conducted on various spatial data models and virtual 3D topographic / city models (e.g. CityGML, BIM, InfraGML, LandXML, IndoorGML, etc) which can be used to describe the physical reality. The integration of LADM with some of those spatial models is leading to quite promising results (Kalogianni, et.al, 2017) [7]. Furthermore, standardization in the land administration domain has been expanded to 3D and even 4D representations (integration of the temporal dimension either as separate attribute or via truly integrated 4D spatio-temporal geometry/ topology) in order to become the foundation of a sustainable and smart economic development.

ENABLING TECHNOLOGIES

In the 1990s, cadastral surveying is usually conducted using either simple ground survey methods (e.g. use of plane tables or tapes and optical squares) or more sophisticated methods, e.g. EDMs and Total Stations for acquiring higher accuracy data. Global Positioning Systems (GPS) technology is broadly introduced in field surveys in order to provide higher accuracy at a relatively low cost.

Commonly used data for cadastral surveying in the 1990s are aerial photographs, orthophotos and enlarged photo-prints which also enable more cost-effective surveys. The use of analytical photogrammetric methods and GPS ensures the derivation of high accuracy information.

Geographic Information Systems (GIS) and other computerized mapping systems become the fundamental tool for the creation, management and maintenance of geospatial data bases, which set the foundations for a multi-user and multi-purpose Cadastre (The FIG Statement on the Cadastre, 1995).

In the last decade, the frantic technological evolution in the domain of geo-informatics, data acquisition systems and ICT is inevitably leading to a vast amount of geographic data types available for collection and processing in order to fulfil the demands and the objectives of multi-purpose and fit-for-use LIS; Lidar data, aerial photographs, UAV images, satellite imagery, field data, laser scanning data, mobile mapping data, GPS / GNSS data and citizen-collected information are among those data types.

Current trends in land administration include the use of cloud technology, web and mobile services, which a) promote faster and cheaper data creation, management and maintenance and b) provide the capability of real-time storage of very large data volumes. Moreover, the introduction of VGI (Volunteered Geographic Information) Practices into Cadastre and Land Administration procedures has become a subject for further investigation and research, as recent studies have proven that *“the crowdsourced draft cadastral maps can be low-cost, fast, and free of gross errors”* (FIG, 2019) [8]. This leads to the conclusion that the use of VGI could fulfil the urgent societal and governmental needs and requirements through the establishment of a fast and low cost LAS, which in turn is aiming to improve transparency and provide support to the national economy.

PERSPECTIVES OF FUTURE

CADASTRE

Many countries are looking to the future at how their Cadastres can develop to better satisfy the societal demands. A good example is Australia where the Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping (ICSM) has just released a

National Cadastral Reform and Innovation Strategy titled **“CADASTRE 2034”**. The aim of the proposed 3D, federated and based on common standards, LAS, is to be a highly influential part of tomorrow’s decision support systems; powering land and real property integrated and sustainable management, development and investment [9].

In the vision of “CADASTRE 2034”, current and future technology is a primer enabler for implementation of the cadastral reform strategy. As actual part of CADASTRE 2034 or, as potential part of the Cadastre over the following 30 years, indicative initiatives / actions towards a more effective land governance could include:

- Taking full advantage of automated workflows and integrated systems that enable mobile business and online consumer transactions.
- Determining various rights, restrictions and responsibilities (RRR) on land and managing them inside a proper legislation and policy framework.
- Promoting real-time, direct transfer of survey accurate field data to the cadastral Data Base.
- Further exploitation of semantic web technology (Web 3.0) and especially, the semantic tagging of the content.
- Extensive use of computer graphics, innovative visualization technologies and the BIM.
- Further research on 4D spatio-temporal representations, and last but not least,
- Compliance of all national cadastral reform strategies with the basic principles for efficient, secure and transparent land governance and adoption of good land governance practices.



Cartografía, relación con otras disciplinas y su evolución

Francisco Maza Vázquez

Doctor por la Universidad de Alcalá. Programa de Cartografía, S.I.G. y Teledetección
Profesor en el Departamento de Arquitectura de la Universidad de Alcalá.

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 96-97
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Supone un placer para mí, en representación de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Alcalá (UAH) y como profesor adscrito al Departamento de Arquitectura, en el área de conocimiento de Expresión Gráfica Arquitectónica, escribir este texto en el número extraordinario 200 de la revista Mapping, en vísperas de celebrar el 30 aniversario de su nacimiento.

Desde sus inicios, Mapping ha publicado un sinfín de artículos técnicos relacionados con Cartografía, Geografía, Geodesia, Fotogrametría, Topografía, Teledetección y otras disciplinas incluidas en el ámbito de las Ciencias de la Tierra. Es por ello que, como docente e investigador en estas disciplinas, me he visto en la necesidad de disponer en múltiples ocasiones de esta revista, Mapping, en la que se difunden proyectos e investigaciones de indudable valor y rigor científico.

En todos los artículos publicados sobre estas disciplinas hemos comprobado la estrecha relación entre ellas, y sin peligro a equivocarme podemos asegurar que todas se pueden concentrar en una: **La cartografía**, estudiada como la ciencia que se encarga del trazado y el estudio de mapas geográficos.

Así por ejemplo, vemos en los artículos apoyados en la geografía, que se muestra la situación y distribución de fenómenos naturales recogidos en la cartografía; y en otros textos científicos apoyados en la cartografía hemos visto cómo se analizan y se recogen las variaciones y desarrollos de fenómenos en el tiempo.

Por otra parte, de todos es conocido que la cartografía está íntimamente ligada con la geodesia que le proporciona la red de apoyo; con la topografía y la fotogrametría que le facilitan la obtención de datos sobre el terreno; y con la teledetección, como técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, al asumir que entre la Tierra y el sensor existe una interacción energética ya sea por reflexión de la energía solar o por emisión propia.

Así mismo, a lo largo de estos años hemos visto cómo la cartografía, a la que muchos autores la consideran como una ciencia, se la relacionaba con otras disciplinas que estudian de forma tradicional la superficie de la tierra, como la geofísica, la geología o la

agronomía, o con aquéllas que estudian la información geográfica en formato digital como la teledetección en «el proceso de tratamiento de imágenes satelitales».

También hemos comprobado que a la cartografía se la enmarca con la Geomática, que se ocupa de estudiar y gestionar la Ciencia de Información Geográfica, e introducida de forma oficial, desde hace ya algunos años, en la universidad española con el Grado en Ingeniería Geomática y Topografía.

La Geomática pues, tiene una relación directa con los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.), permitiendo así almacenar, gestionar y proporcionar salidas gráficas de datos relacionados con el territorio de manera más ágil y prolija. Para otros autores la orientación que se hace de la cartografía es más teórica, abarcando otras disciplinas como la geodesia, la fotogrametría y las proyecciones.

No podemos obviar la relación estrecha que tiene la cartografía con el dibujo y la representación, con la geometría descriptiva y con la trigonometría; en definitiva con la expresión gráfica, que implica gozar de la destreza de operaciones relacionadas con conceptos geométricos, como figuras, perspectivas, vistas, etc; y con expresiones de naturaleza interpretativa o conceptual, como la iconografía y otras como la rotulación y la caligrafía que embellecen, producen gran impacto visual y dan contenido al mapa. En este sentido hay otros autores que consideran a la cartografía como un arte.

En este ámbito de la expresión y representación gráfica, la aparición del dibujo asistido por ordenador, conocido por sus siglas inglesas CAD (Computer Aided Design), ensombrece esa vertiente artística de la cartografía a costa de dinamizar y tecnificar su producción. Y aún se da un salto importante cuantitativo con la salida al mercado laboral del denominado Building Information Modeling (BIM) que es capaz de revolucionar, como modelo 3D inteligente, las técnicas de representación empleadas en la arquitectura, la ingeniería y la construcción, así como la visión para diseñar, construir y gestionar edificios e infraestructuras planificados sobre un soporte cartográfico.

Sin lugar a dudas la metodología BIM tiene que estar apoyada por las últimas tecnologías para que el

producto final sea de la mayor calidad posible, aunque siempre teniendo presente que lo que hace eficaz a este sistema con respecto al tradicional son los cambios en los flujos de trabajo, y en la cultura colaborativa de los profesionales que lo hacen posible.

Desde una perspectiva conceptual, la llegada del ordenador en todas las disciplinas de las Ciencias de la Tierra y su utilización, como soporte y herramienta de gestión, así como la puesta a disposición de las imágenes realizadas desde satélites y la cartografía digital, han supuesto una evolución en la cartografía tradicional.

Al mismo tiempo aparecen nuevas herramientas y aparatos que suponen un cambio sustantivo en la toma de datos que, unido a los procesos informáticos y a las técnicas de análisis espacial que nos proporcionan los Sistemas de Información Geográfica, nos ayudan y facilitan los trabajos necesarios para la representación del territorio y la gestión de los datos que contiene junto con sus atributos.

Entre las nuevas herramientas parece obligado citar al láser escáner 3D y a los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) que permiten la localización rápida y precisa de cualquier lugar o fenómeno de la superficie terrestre. Entre otras aplicaciones los GPS's facilitan la georreferenciación de los objetos que se encuentran en el territorio a cartografiar, según las propiedades geométricas de los geodatos vinculados estrechamente con el lugar. Con esta técnica es evidente que se produce una nueva evolución cartográfica donde ya es elegido un sistema de referencia y el origen de coordenadas.

Evidentemente en los últimos años comprobamos cómo los trabajos que requieren habilidades matemáticas se han automatizado; y la cartografía que también se apoya en las matemáticas, entendida como ciencia que estudia las propiedades y relaciones entre entidades abstractas como números, figuras geométricas, iconos, signos gráficos, o símbolos en general; se ha visto en la necesidad de incorporar hardware y software que soporten las diferentes fases metodológicas necesarias para su ejecución.

En este sentido la evolución de la cartografía debe analizarse a la luz de los adelantos tecnológicos, incluyendo además los aportes que hoy brindan la electrónica, la informática y las técnicas de análisis espacial en general. Las máquinas y los programas utilizados han sustituido ventajosamente a otras herramientas que el hombre siempre tuvo para la representación del territorio.

La cartografía moderna automatizada del siglo XXI, llamada de la «Era de la Información», además de realizarse con medios informáticos, tiene la clara intención de responder a las preocupaciones sociales y ambientales de mayor alcance. Es, en definitiva, el

reflejo funcional de las necesidades de la Sociedad de la Información, al convertirse en una interfaz modélico-gráfica muy eficaz en los DSS (Decision Support System, Sistemas Soporte de toma de Decisiones), dentro de los MIS (Management Information Systems, Sistemas de Información).

Así mismo, las nuevas técnicas en la producción de mapas están facilitando la investigación en cuanto a las posibilidades que ofrece esta vertiente cartográfica reciente, al poner a prueba las prestaciones de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), dentro de los MIS y DSS, en la gestión de información contenida en bases de datos y su relación con la ubicación espacial de los fenómenos. Además, estas nuevas técnicas permiten evaluar la idoneidad de la cartografía digital mediante los modelos 3D, las ortoimágenes y los modelos digitales del terreno, muy utilizados en esta sociedad moderna en la que vivimos.

En definitiva, los avances tecnológicos, que se han producido en las últimas décadas han supuesto una revolución e impacto en todas estas disciplinas, que en nada se parecen a aquéllos métodos utilizados y que dieron muchos frutos en áreas especializadas como la cartografía, la arquitectura y la ingeniería.

La era digital en la que nos encontramos difiere mucho de aquella analógica, y el desafío es para los educadores que a partir de ahora debemos de complementar la enseñanza de estas ciencias con habilidades técnicas como la informática, para que los trabajadores de estas disciplinas, en el futuro, puedan competir en el mercado laboral.

Aunque hay que tener en cuenta lo que, con acierto, señala el cartógrafo cubano Manuel García de Castro, profesor titular en Geodesia y Cartografía de la Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana, en el estudio que realiza en el año 1994, sobre el desarrollo de la cartografía en Cuba. Comentaba el profesor: *«Muchos especialistas, obnubilados por las posibilidades (ciertas) de la computación, piensan que con ella se resuelve cualquier problema cartográfico y manifiestan un desprecio olímpico por los fundamentos teóricos de la cartografía. Los resultados son deplorables».*



Dos generaciones con una misma Pasión

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 98-99
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Joan Navarro

Director General. AL-TOP Topografía S.A. Settop Survey S.L.

Han transcurrido más de 50 años desde que mi padre, Enrique Navarro, se inició como profesional en la venta y el asesoramiento en el sector de la topografía.

Una de las primeras imágenes que recuerdo de mi niñez fue la de los estuches, en forma de cilindro, de aquellos preciados equipos llamados teodolitos. Verlos producían en mí una extraña sensación de misterio y extravagancia acerca de un artefacto tan peculiar que no hacía más que aumentar mi curiosidad.

Mi padre me enseñó que lo que se escondía bajo esa forma balística eran teodolitos: instrumentos óptico/mecánicos que permitían medir ángulos. Para entonces, sus explicaciones provocaban nuevas preguntas donde, al igual que yo, mi pasión por los instrumentos crecía.

La siguiente evolución que recuerdo es la llegada de los distanciómetros Geodimeter Aga 112 acoplados sobre los telescopios que, de forma casi milagrosa, eran capaces de medir distancias directas. Las primeras semi-estaciones aunaban, en un mismo teodolito, lectura de ángulos y distancias.

Pero no fue hasta la llegada de los colectores de datos y las Estaciones Totales donde pudimos ver una solución integrada en la que existía un flujo de información completo entre campo y oficina. Aquellos eran los primeros volcados de datos y mediante el uso de los ordenadores Apple II y los plotters de plumillas se cerraba, por primera vez, la cuadratura del círculo que tanto se buscaba en el sector topografía.

Para entonces era difícil imaginar que este sólo era el principio de una auténtica revolución electrónica.



Rememorando aquellos años, aún recuerdo los primeros GPS y lo costoso que representaba tomar una lectura. En aquel tiempo, el margen de trabajo estaba limitado a ciertas horas debido a la carencia de satélites. De igual modo sus procesos de cálculo eran realizados por computadoras que actualmente competirían en potencia de procesamiento frente a un mando a distancia de un televisor actual.

Hoy nos parece algo normal disponer de localización en nuestros smartphones pero, a finales de los 80, parecía algo increíble que una antena de radio y un receptor de señales fuesen capaces de ofrecer coordenadas con una extraordinaria precisión.

Ahora, así como hace dos décadas, nos encontramos en los albores de una nueva revolución en el sector.

La división Geospacial está inmersa en el inevitable proceso de cambio del 2D al 3D, de las mediciones de puntos simples a la lectura de millones de puntos. Entramos en la famosa Industria 4.0 y el Big data. Un cambio en el modo de gestión de los trabajos donde nuevos conceptos como el BIM toman relevancia.

Nos enfrentamos a una transformación paulatina que afectará a todos los profesionales del sector. En muy pocos años trabajaremos con diseños de elementos sólidos provenientes de softwares de Ingeniería Civil o Ingeniería Industrial, los cuales, obligarán a un cambio de paradigma. En tal sentido, es probable que los planos 2D, pasarán a tener funciones de menor trascendencia como anotaciones dimensionales o márgenes de tolerancia.

Esta revolución, al igual que en la mayoría de procesos de



En memoria de Enrique Navarro

fabricación, ya está presente en la industria. Es ahora donde su expansión se aplicará de forma directa en la construcción.

Como ejemplo podríamos mencionar que el disponer de un equipo Láser Escáner, como un Trimble X7 o una Estación Total Trimble SX10, junto con un software para la gestión de datos es algo que cada vez más se normaliza como instrumento de alta productividad para la captura de la realidad de nuestro entorno.

Equipos Mobile Mapping de toma masiva de datos instalados sobre vehículos, como el Trimble MX9, ya permiten realizar de forma dinámica levantamientos urbanos y lectura completa de infraestructuras.

Pocos podían imaginar, hace 30 años, que sería posible realizar levantamientos topográficos con un Dron de poco más de dos palmos de tamaño; que los datos serían procesados como nubes de puntos y que los resultados serían sorprendentemente precisos.

La posibilidad de visualizar en campo un proyecto donde, simplemente cargando los datos en un smartphone y contemplar cómo quedará ejecutado mediante realidad aumentada, son el presente que demuestran la potencialidad de las Hololens 2 Trimble XR10 y el Trimble SiteVision.

La mayoría de industrias como la automoción, la aeronáutica o la electrónica de consumo diseñan y modelan en 3D desde hace más de una década. Tecnologías que han permitido incrementar de forma exponencial la productividad y la eficiencia en los desarrollos y fabricaciones.

La posibilidad de personalización de productos a medida para el cliente es una realidad que permite, por ejemplo, comprar un vehículo definiendo el color, tapizados y extras desde una página web. De ahí, con la aprobación del departamento de contabilidad, nuestro pedido pasa directamente a la línea de producción, y a su vez, el Big Data posibilita, en tiempo real, un exhaustivo análisis de gustos y preferencias de los consumidores.

Estos avances no hubieran sido posibles sin las nuevas redes de comunicación y los sistemas en la nube donde la ingente cantidad de datos es enviada en tiempo real. Así es como las posibilidades del sector se magnifican y el diseño y la ejecución se sincronizan gracias a la interconectividad entre los equipos de campo, oficina y líneas de producción.

En la misma línea, cada vez es más habitual el control y análisis de las infraestructuras ya ejecutadas y como éstas, pueden verse afectadas por la construcción de un nuevo túnel o variante. De igual modo, los sistemas de monitorización automática y sensorica han tomado un papel relevante en la toma de decisiones ante posibles desastres.

Fruto de estas nuevas tecnologías y de nuestra pasión por el desarrollo de nuevas soluciones nació el sistema de control y comunicaciones plug & play Settop M1, desarrollado íntegramente en España, y, a día de hoy un referente en los sistemas de monitorización automática a nivel mundial.

Los prefabricados, junto con las nuevas tecnologías de impresión 3D, ofrecerán una nueva forma de construcción donde, la lectura de datos, así como la generación de modelos 3D de gran precisión, tomarán un papel destacado en la industria Geospacial.

A mi parecer, en esta próxima década los fabricantes de equipos Geospaciales trabajarán de forma claramente orientada para dar soluciones con técnicas de inteligencia artificial. Para ello, se desarrollarán una gran cantidad de algoritmos que nos permitirán obtener mediciones sobre superficies, con las cuales podremos analizar en unos pocos segundos elementos de un sólido creados de forma automática de las nubes de puntos e imágenes capturadas.

A tal efecto considero que, lo que tomará mayor relevancia, es la formación precisamente de estos elementos sólidos partiendo de una lectura de datos masiva y permitiendo interpretar sus componentes mediante reconocimiento morfológico.

Estos nuevos procesos permitirán la generación de ficheros de amplia difusión para poder ser analizados, modificados e implementados permitiendo que topógrafos, arquitectos e ingenieros civiles puedan interactuar con una realidad modelada.

Nuestra visión como distribuidor nacional oficial del fabricante de referencia Trimble y propietarios de la compañía de desarrollo Settop Survey es un apasionante futuro tecnológico, en el que nuevas soluciones y nuevos métodos de implementación darán lugar a una expansión y diversificación de la profesión, abriendo nuevos horizontes a los profesionales de la topografía para que puedan aumentar la generación de valor a los diferentes sectores de actividad.

Después de más de 30 años, algo no ha cambiado ni cambiará: nuestro compromiso por intentar ofrecer el mejor servicio y asesoramiento a todos los que formáis parte de este apasionante sector.



La Ingeniería de Caminos del siglo XXI: Innovamos Para Avanzar

Lola Ortiz Sánchez, Rafael Magro Andrade

Demarcación de Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 100-101
marzo-abril 2020
ISSN: 1131-9100

La ingeniería de caminos española está liderando en el mundo la superación de complejos retos de planificación, construcción, mantenimiento y gestión de infraestructuras.

La cualificación, la experiencia, la diversificación y especialización, junto con la aplicación de nuevas tecnologías y la capacidad de resolución, son valores que han logrado que los ingenieros de caminos españoles gocen de un relevante reconocimiento internacional.

La vocación de servicio público, de sostenibilidad y protección medioambiental en las infraestructuras que proyectan los ingenieros de caminos, son también principios fundamentales que caracterizan nuestra profesión.

Nuestro sector está plenamente sensibilizado con la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

La ingeniería de caminos española puede y debe contribuir a construir un mundo basado en la equidad, la inclusión y la sostenibilidad de los recursos.

Y con toda seguridad, la innovación es otro sólido y firme pilar de este liderazgo que permite a España estar en la vanguardia internacional de la ingeniería de caminos, no en vano Ingeniería viene de Ingenio.

Los nuevos materiales, la realidad aumentada y la virtual, la robótica, la inteligencia artificial, la digitalización y la metodología BIM, el Blockchain y el bigdata, representan una oportunidad para seguir alcanzando nuevas cotas de excelencia profesional.

Nuestra profesión, también fue determinante, a principios de siglo pasado, en la creación de infraestructuras que representaron un gran avance para nuestro país. Hoy, nuestra sociedad y nuestra profesión, deben hacer frente a grandes y nuevos retos y distintos a los del siglo pasado. La sostenibilidad y la protección medioambiental, es con seguridad, uno de esos grandes desafíos. Los ingenieros de caminos debemos impulsar las acciones marcadas por la Unión Europea en su estrategia de adaptación al cambio climático.

Innovamos, para avanzar. Para construir el futuro. Para seguir contribuyendo a mejorar nuestro mundo y hacer la vida de las personas más fácil. La ingeniería de caminos española innova, por ejemplo:

- Cuando logra domar el desierto, el calor y el viento y construir un tren de alta velocidad de 453 kilómetros que permite a miles de viajeros viajar con puntualidad entre La Meca y Medina.

- Cuando instalamos aerogeneradores eólicos y conquistamos el mar a 120 kilómetros de la costa y con cimentaciones a 50 metros de profundidad en el lecho marino.
- Al ampliar el canal de Panamá y facilitar el comercio internacional entre el océano Pacífico y el Mar Caribe en un auténtico hito de la ingeniería de caminos moderna.
- Al gestionar la movilidad y los retos tecnológicos del desarrollo urbano de las grandes ciudades.

Hoy en día, como parte de esta transformación que está sufriendo la sociedad y nuestra profesión, están apareciendo diferentes metodologías apoyadas en el auge que han tenido en los últimos años la tecnología informática. Estos han aumentado en eficacia al mismo tiempo que su coste se hacía asequible para un gran número de empresas, lo que ha generado una expansión exponencial y ha permitido abordar estas nuevas tecnologías desde otro punto de vista más general.

En el sector de la construcción y la ingeniería, sin duda, hay que hacer un especial hincapié en la metodología del BIM (Building Information Modeling), como una novedosa tecnología, cuando en realidad no es tan novedosa. BIM, con un nombre diferente comenzó a utilizar en el área industrial sin un nombre específico y de allí pasó a la edificación, donde adoptó el nombre actual. Hace muy poco tiempo comenzó a infiltrarse en la obra civil y hoy día nadie duda que, en pocos años, ya nadie se planteará la diatriba si utilizar BIM, o no, será una metodología asumida por la sociedad del conocimiento de la misma forma que nadie hoy día puede plantearse la necesidad de utilizar WORD, EXCEL, o cualquiera de los programas relacionados con OFFICE.

Sin embargo, fuera del ámbito de las personas que están habituadas a movernos dentro del mundo BIM, se relaciona BIM con software, la realidad dista mucho de ser así. BIM es básicamente una metodología de trabajo, una forma de proceder a la hora de trabajar sobre un proyecto y abarca toda la vida útil del mismo desde su concepción hasta su ejecución en obra y su mantenimiento posterior. En este aspecto es similar y tiene muchos puntos de conexión con metodologías, como LEAN, SCRUM y otras metodologías denominadas «AGILES», la diferencia esencial es que esta metodología se basa en

una maqueta digital 3D, a la que se le puede dotar de todo tipo de atributos o información, bien del tipo cuantitativo o cualitativo, y en cualquier formato.

No podemos olvidar que BIM es una metodología basada en tres pilares esenciales: personas, procedimientos y herramientas (software), y debemos tener claro que deber ser aplicada en ese riguroso orden, cualquier otra opción nos conducirá a un fracaso seguro.

Cabe preguntar ahora si esta metodología, que aparentemente es muy técnica, puede ser aplicada a gestionar ciudades: la respuesta sin ningún género de duda, es que sí.

BIM está creciendo de manera que ya se puede trabajar de manera conjunta, insertando un GIS (Sistema de Información Geográfica), que ya es un tipo de software BIM, con el resto de software BIM. Esto nos permite trasladar datos entre las diferentes fases de la vida útil de un proyecto y, por lo tanto, nos permite planificar sobre la maqueta digital y predecir puntos de conflicto cuando el proyecto se ponga en funcionamiento.

De esta forma, todos los datos de las diferentes fases de un proyecto están a disposición de los participantes en el mismo, pudiéndose realizar proyecciones a futuro en diferentes escenarios.

Esta alianza entre BIM y SIG nos va a permitir planificar, diseñar y gestionar todas las infraestructuras de una ciudad desde un único modelo o desde varios modelos federados, pudiendo anticipar problemas que surgirán, sin duda, en las fases siguientes, bajando al terreno problemas que van a ser resueltos en una realidad virtual pero idéntica a la real. Optimizando los recursos y adelantándonos a los problemas futuros.

Además, con esta metodología, podemos generar una línea de actuación que nos permita crear ciudades más inteligentes y, para ello, necesitamos tomar decisiones de planeamiento más inteligentes.

Esta conexión BIM y GIS, unida a la gestión eficaz de los datos, nos permitirá gestionar flujos de tráfico, no solo de vehículos sino también de personas, ya que, al situar un diseño digital en un entorno real, vamos a eliminar en gran medida los riesgos que se generan en el diseño e implantación posterior de los planes de actuación urbana.

Los ingenieros y técnicos en general, nos encontramos con problemas técnicos que generan impactos sociales, económicos y medioambientales, impactos que se pueden prever si la evaluación, en vez de ser realizada externamente al proceso de planificación y diseño, se hace dentro del mismo.

Un ejemplo claro es el desarrollo que se está realizando en Río de Janeiro en la planificación y posterior ejecución de la red de alcantarillado de la ciudad.

«El objetivo era instalar nuevos sistemas independientes para aguas fecales y pluviales, en las mismas

zanjas que habían sido empleadas para el antiguo sistema unitario siendo conscientes de que, si separaban ambas redes, la limpieza de la zona de la bahía sería una ventaja adicional».

El diseño se realizó con metodología BIM y los resultados han sido óptimos, de forma que el proyecto costó un 40 % menos que otros más convencionales, y supuso ahorros de alrededor de 15 millones de dólares, en la ejecución posterior al utilizar tuberías ligeras que requerían un menor coste de instalación, lo que pudo planificarse, en parte, gracias a la utilización del BIM, como metodología de trabajo.

Ahora, una vez realizado el modelo global, este será utilizado para la gestión de otras infraestructuras existentes en la ciudad y de forma recurrente a todo el país, con un plan de implantación global en el intervalo temporal del 2021 al 2028.

Sin duda, el BIM será una herramienta básica de gestión de las ciudades, pero no podemos olvidar los grandes retos a los que nos enfrentamos hoy en día como profesionales y como ciudadanos en las grandes ciudades, como son todos los relacionados con la movilidad y la calidad de aire que deben ser considerados servicios básicos y estructurales de las mismas.

Las ya conocidas como ciudades inteligentes (Smart cities) deben utilizar la tecnología como palanca para potenciar el transporte público e intermodal, impulsando la reducción del consumo energético e informando de forma clara y digital del estado del avance del plan, la nueva normativa y la calidad del aire. Otros elementos que se está demostrando fundamentales para la aplicación de esta tecnología son la Inteligencia Artificial y el BIG DATA, elementos básicos para la predicción de comportamientos y básicos para la planificación de las ciudades.

Tenemos grandes retos por delante y nuestra profesión debe ser clave, como siempre lo ha sido, al servicio de la sociedad, por eso, nuestro futuro se debe basar en la innovación. «Innovamos para Avanzar».



Urbanismo, 30 años después. ¿Dónde vamos y dónde queremos ir?

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 102-103
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Pilar Sanz del Rio

Abogado Urbanista. Urbasanz Estudio Juridico S.L.

Con motivo de este número 200 de la Revista Mapping, a cuyos redactores y editores felicito de antemano por haber llegado hasta aquí, quiero agradecerles la oportunidad que me brindan de articular una breve pero concisa opinión personal, basada en más de treinta años de trabajo y experiencia. Siempre expectante, ante la maravilla de poder planificar la ordenación del territorio, crear ciudades, sistemas y entornos idóneos, para que el ser humano conviva y se desarrolle.

El Urbanismo como materia multidisciplinar, transversal y cambiante, refleja uno de los paradigmas más cercanos a las necesidades del ser humano. De cómo y dónde queremos vivir, desarrollarnos personal y profesionalmente, creando sistemas de desarrollo económico-social, industrial, tecnológico y científico.

Hace tres décadas no nos podíamos imaginar el cambio exponencial que el Urbanismo iba a desplegar en nuestras sociedades, siempre amparado en la defensa del «interés general», que casi siempre nos permite establecer herramientas suficientes para actuar por y para el bien común y afianzar un mejor y sostenible estado del bienestar.

Aunque en la actualidad pienso que hemos podido asentar inconscientemente a lo que personalmente denomino como el «gozoestar», término que defino como el grado más superlativo del querer vivir lo mejor posible a costa de sacrificar principios naturales que se están viendo afectados por el desarrollo económico global, deficientemente sostenido y al albur de estructuras del poder gubernativo, donde cada vez más se desvelan los casos de corrupción que tanto daño hacen a la sociedad civil.

Y es precisamente en este contexto, donde el Urbanismo ha alcanzado su mayor protagonismo, ya que para «lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles», como máxima del ODS 11 de la Agenda 2030⁽¹⁾, se deben crear ciudades y sistemas de convivencia cada vez más seguros, garantizados y sostenibles.

Hace tres décadas no se reparaba más que en la capacidad de crear ciudades expansivas estableciendo criterios de elección en la planificación territorial y urbana encaminados únicamente a conseguir un crecimiento y desarrollo

en la industria, comercio y la economía, creando cada vez ciudades más grandes y extensas, sin ser conscientes del precio que hoy ya pagamos a nivel medioambiental y de la falta de recursos naturales.

También se ha mermado notablemente la riqueza rural, con un despoblamiento que afecta demográficamente a muchos países intensificando la residencia en las ciudades, así como un sinfín de aspectos ecológicos que no han sido suficientemente cuidados ni preservados. Tenemos que seguir apostando por un progreso sostenible sí, pero olvidando necesidades creadas ad hoc del pasado y sólo respondiendo ahora a causas más previsibles e inmediatas, dado que en muchos casos el deterioro producido en el territorio por ejemplo con usos demasiado intensificados, puede ser ya irreparable.

De alguna forma y aprovechando el actual contexto temporal, sometidos a un confinamiento por la crisis sanitaria a causa de la pandemia del COVID-19, deberíamos pararnos a pensar -algo que habitualmente es difícil de hacer-, si desde el Urbanismo hemos sido conscientes al planificar, de las posibles soluciones habitacionales, sanitarias, sociales y de movilidad que son ahora una urgencia y una necesidad imperiosa.

Un claro ejemplo de los éxitos-paradojas heredados de esos últimos treinta años, puede ser la ciudad de Dubai⁽²⁾. «Un oasis entre el océano Índico y el desierto de Arabia», que ha supuesto uno de los desarrollos estratosféricos, «de ciudad subdesarrollada a futurista», de la mano del Urbanismo y la economía. La debilidades y fortalezas de este Urbanismo son aquí muy definidas por quien sigue apostando por un «progreso casi obscuro» y quien aboga por la conservación de los ecosistemas. Legítimas para mí las dos posturas, pero sin equilibrio entre ellas.

Sólo hay que recordar cómo salió España del pinchazo de la burbuja inmobiliaria del año 1992, donde después de inflarse precios en la década de los ochenta, remontó con la denominada «fiebre del ladrillo», que supuso un periodo de expansión inmobiliaria desde el año 1997 a 2007 en el que casi todo «valía». Bajos tipos de interés, hipotecas a largo plazo, endeudamiento de las unidades familiares que veían mermada su estructura, compras extranjerías y la influencia en el merca-

⁽¹⁾ Asamblea de la Naciones Unidas Agenda 2030 Objetivos de Desarrollo Sostenible 11 "Ciudades y Comunidades Sostenibles". <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>

⁽²⁾ Cesar Noragueda. Julio 2015 <https://hipertextual.com/2015/07/dubai-hace-30-anos-y-ahora>

do de la figura del inversor.

En años posteriores en España la propiedad sigue en auge, el alquiler del domicilio familiar no es un concepto instaurado en los jóvenes, hasta después de salir del último estallido de la burbuja inmobiliaria con el repunte de la crisis global económica del año 2008⁽³⁾.

Hasta entonces, el crecimiento y el excedente del mercado inmobiliario facilitaba el producto para la inversión y las segundas residencias; había mucha oferta en la costa y la ordenación de la edificación se adaptó a una nueva regulación con la llegada de la Ley 38/1999 de 5 de noviembre de Ordenación de la Edificación y con el Código Técnico de la Edificación (2006).

El suelo sube su precio y hace encarecer el producto inmobiliario final, el endeudamiento crece, sin olvidar aquí que ello sirve de financiación para las Haciendas Locales.

Y el Urbanismo sigue su andadura, sirviendo ya a unas pautas definidas desde el 25 de septiembre de 2015 en el marco de la Agenda 2030 y con unos objetivos y metas concretas.

Destaco la meta 7 b del ODS 11 que dice literalmente: «De aquí a 2020, aumentar considerablemente el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres, y desarrollar y poner en práctica, en consonancia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, la gestión integral de los riesgos de desastre a otros los niveles»⁽⁴⁾.

Con posterioridad, se han desarrollado modelos de planificación urbanística de diferentes tipos, que han tenido como consecuencia los denominados conceptos de «ciudades acabadas» sin suelos vacantes, dedicadas a la rehabilitación, renovación y regeneración urbana (p.ej. en España la ley de las RRR; Ley 8/2013, 26 de junio de Rehabilitación, Regeneración y Renovación Urbanas, hoy refundida en el texto vigente estatal Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana); smartcities como ciudades inteligentes que incorporan la tecnología a sus infraestructuras esenciales (caso Fujisawa⁽⁵⁾); integración social a través del acceso y movilidad (corredores de la libertad Johannesburgo⁽⁶⁾) y muchos más.

La previsibilidad, seguridad, sostenibilidad, uso eficiente de los recursos, la accesibilidad y movilidad, la mitigación del cambio climático y adaptación a sus consecuencias, la

resiliencia a los desastres naturales biológicos o de salud pública tan dramático como el presente del Coronavirus y sus consecuencias en los entornos rurales y urbanos. Éstas, serán las directrices del nuevo Urbanismo que deberá ser capaz de planificar, desarrollar y ejecutar de forma diferente la intervención humana en el territorio sin buscar culpables, siendo responsabilidad de todos y orientando las acciones públicas hacia unas políticas internacionales y locales que promuevan el progreso económico, tecnológico, científico y social teniendo como centro la protección del ser humano y el entorno en el que vive y ahora «sobrevive».

Y si por último, ya en el marco nacional, obtenemos una justa interpretación jurisprudencial por parte de nuestros tribunales para garantizar que los desarrollos que cumplan estas metas puedan ejecutarse conforme a Derecho, puede ser que nuestra pequeña contribución a impregnar el Urbanismo de una humanización más certera, consiga ver la luz de territorios más integrados como por ejemplo Madrid Nuevo Norte en la ciudad de Madrid⁽⁷⁾(MNN),

Desarrollo en el que todos los profesionales del ámbito urbanístico, seguimos ilusionados en poder contribuir a un futuro urbano próspero y sostenible.

Afrontamos una nueva etapa, quizás un nuevo estilo de vida alternativo, con conciencia de que debemos superar el individualismo y convertir a la comunidad ordenada, en sentido urbanístico, en un instrumento eficaz, para conseguir una convivencia más sostenible e integrada.

Cuidemos del bien común y de la «casa común»⁽⁸⁾, necesitamos una solidaridad universal nueva.

⁽⁷⁾<https://distritocastellananorte.com/el-proyecto/>

⁽⁸⁾Carta Encíclica de S.S. Francisco "Laudato Si"(pág.23 "Lo que le está pasando a nuestra casa" http://www.vatican.va/content/francesco/es/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html



⁽³⁾Lehman Brothers. Kim Gittleson Corresponsal Negocios BBC New York, 15 septiembre 2018 <https://www.bbc.com/mundo/noticias-45491698>

⁽⁴⁾<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>

⁽⁵⁾<https://fujisawasst.com/EN/activity/cocreation.html>

⁽⁶⁾https://www.uclg.org/sites/default/files/documento_marco_de_politicas_de_espacio_publico.pdf. https://www.joburg.org.za/Campaigns/Documents/2014%20Documents/corridors%20of%20freedom_s.pdf

En 1991 acabé mi licenciatura en Geografía en la Universidad de Alicante, coincidiendo con la aparición de una nueva revista técnica internacional sobre Geomática aplicada a las Ciencias de la Tierra. Hacía tan sólo un par de años que había tenido contacto, por primera vez, con los ordenadores y las primeras aplicaciones informáticas de cartografía y sistemas de información geográfica. ¿Quién no recuerda las pantallas azules de ArcInfo? En las que había que teclear las líneas de comando para poder hacer mapas en aquellos años...

Así que mi trayectoria profesional como geógrafo ha ido paralela a la historia de Mapping y, en estas tres décadas, hemos cambiado mucho. De hecho, podría afirmarse que la evolución de la Geografía como profesión ha dado un vuelco tan grande como los cambios en la Geomática y la Cartografía en estos 30 años, de los que la revista ha sido un fiel reflejo.

A pesar de la antigüedad de la disciplina científica, la nuestra es una profesión relativamente reciente, con apenas unas décadas de recorrido. La primera organización geográfica moderna no aparece hasta 1973 con la fundación de la Asociación Española de Geografía (AGE) y, como entidad de derecho público, el Colegio de Geógrafos se creó mediante la Ley 16/1999 y la asamblea constituyente se celebró en octubre de 2001.

En estos veinte años de funcionamiento, una de las tareas colegiales fundamentales ha sido determinar las áreas de trabajo del geógrafo profesional en España, mediante un informe realizado quinquenalmente (2003, 2008, 2013, 2018) con encuestas directas al colectivo de colegiados/as. De esta forma, se han establecido cinco grandes áreas de trabajo: planificación territorial y urbanismo, gestión del medio ambiente, desarrollo local y regional, sociedad del conocimiento y tecnologías de la información geográfica (TIG).

En el primer análisis de 2003, ya se apuntaba la incipiente especialización de los/as geógrafos/as en nichos laborales de creciente demanda social, como era el caso de las TIG (34,6%) que, en el último informe de 2018, ya representaban el 43,1% de las ocupaciones profesionales de la Geografía española, con una importante presencia en la elaboración y gestión de sistemas de información geográfica y cartografía general, pero

también en el manejo de bases de datos, teledetección, o en nuevas labores como la Neogeografía, gracias al desarrollo de internet y el interés social por la geolocalización, con el salto tecnológico que ha supuesto Internet y su creciente accesibilidad y democratización.

La Cartografía y la Geomática son campos de trabajo en los que confluyen muchos/as profesionales desde disciplinas muy diferentes pero todas tienen en común la dimensión territorial y esto, en un mundo globalizado, cobra cada vez más importancia, tanto en épocas de bonanza económica como en momentos duros de crisis social. Cualquier elemento, acontecimiento o fenómeno (y cualquier de sus variables) puede ser geolocalizado utilizando herramientas y tecnologías de información geográfica; bien sea para investigaciones científicas vinculadas a los seres vivos, bien para la inteligencia comercial o el geomarketing, bien para fines educativos y divulgativos.

Desde el punto de vista histórico, la Cartografía fue la herramienta que permitió los avances científicos y tecnológicos durante siglos, reforzando los descubrimientos y las actividades industriales y comerciales. La comprensión del mundo favoreció los viajes de personas y productos y, a medida que la técnica cartográfica avanzaba y se hacía más fiel a la realidad, fue ampliando la gestión del territorio mediante la fotografía aérea, la teledetección o el LiDAR. Los mapas son unos de los mejores instrumentos de comunicación que se han ido introduciendo en los hogares a través de la prensa escrita y, sobre todo, de la televisión con los programas meteorológicos para la previsión del tiempo y, más recientemente, con la popularización de series con fundamentos históricos o fantásticos, a través de los canales de plataformas televisivas de formato prepago a nivel mundial.

Actualmente, cualquier persona en cualquier parte del mundo tiene acceso a la telefonía móvil, desde los centros de negocio mundiales hasta las zonas rurales de países desfavorecidos. Y la necesidad de los seres humanos por comunicarnos se refleja en Internet en el absoluto dominio de las redes sociales (de muy diversa índole), uniendo el entorno físico personal con el espacio digital global. Los mapas estadísticos, de coropletas o de isopleas, son de los más populares en las redes.

Suelen estar elaborados a partir de datos alfanuméricos abiertos, que combinan la utilización de escalas pequeñas para representar la distribución de una variable determinada, facilitando las comparaciones territoriales y la variedad de temáticas planteadas.

De hecho, en los primeros meses del año 2020, claro ejemplo paradigmático ha sido el impacto cartográfico de la pandemia mundial de la COVID-19 derivada del coronavirus SARS-CoV-2. Se ha desatado una carrera en generación de datos estadísticos de contagios, recuperaciones y fallecimientos a diferentes niveles administrativos y, consecuentemente, ha proliferado la cartografía específica a todas las escalas. Además, se ha formado un cuerpo de geovoluntariado que ha ido organizando plataformas de cartografía colaborativa por todo el planeta, con experiencias que han servido de ayuda fundamental para colectivos desfavorecidos, colaborando con administraciones locales en la gestión de las crisis sociales derivadas de la pandemia.

La cartografía colaborativa «inteligente» ya venía siendo utilizada en otros episodios sanitarios anteriores como el ébola o la malaria, o en catástrofes humanitarias como terremotos, huracanes, tsunamis, etc., a través de plataformas como Humanitarian OpenStreetMap Team (HOT), con casi 200.000 agentes mapeadores por todo el mundo, dedicados a la acción humanitaria y el desarrollo de la comunidad a través del mapeo abierto.

En mi caso, dentro del grupo de Cartografía y Geomática de la Universidad de Alicante, varios profesores/as y alumnos/as del grado en Geografía y Ordenación del Territorio y del master en Planificación y Gestión de

Riesgos Naturales llevamos unos cuantos años participando en diversos proyectos de cartografía colaborativa dentro de la cooperación internacional al desarrollo, con acciones en Ruanda y Guatemala. En ambos países hemos trabajado con las escuelas rurales, con el objetivo de que se conviertan en agentes dinamizadores de sus respectivas comunidades. Con la complicidad y el apoyo de sus profesores/as, los niños y las niñas del sector de Rukara (provincia del Este, Ruanda) y las municipalidades de Cobán y San Pedro Carchá (departamento de Alta Verapaz, Guatemala) han aprendido conocimientos básicos de cartografía digital y han mapeado sus territorios para publicarlos en Internet a través de la plataforma OpenStreetMap. Todo ello de la mano de ONGDs de reconocida trayectoria en el mundo educativo de esos territorios como son Nueva Fraternidad de Torre Vieja (Alicante) en Ruanda y Asociación CONI (Madrid) en Guatemala.

Las tecnologías de geoposicionamiento a través de la telefonía móvil están facilitando nuevas visiones para la Geomática y el uso personalizado de la Cartografía. En un pasado reciente, Google Maps supuso la democratización del uso de los mapas. Sin embargo, en un futuro cercano, las nuevas plataformas abiertas de captura de datos y digitalización cartográfica van a posibilitar la creación de bases alfanuméricas. Aunque es cierto que no hay que olvidar la necesaria salvaguarda de la protección de los datos personales, será posible analizar los fenómenos globales desde perspectivas locales para planificar la gestión de los territorios de la forma más adecuada posible.



Sobre los Drones y su interacción con el territorio

Israel Quintanilla

Dr. Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Profesor Titular de la Universitat Politècnica de València (UPV). Presidente de la Comisión de Drones de la UPV
Miembro del Consejo Asesor de RPAS de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA)

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 106-109
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Desde el inicio de los tiempos, el ser humano, en su ámbito de explorar, ha necesitado orientarse y trazar caminos por donde ir y volver. Estamos en el primer tercio del siglo XXI de la era cristiana, y aun seguimos necesitando orientarnos y **trazar caminos de ida y vuelta**. Y pasarán años, lustros y siglos, y el ser humano seguirá orientándose y trazando caminos a través de los planetas, las estrellas y las galaxias. En cada una de esas épocas pasadas, presentes o futuras, se requiere de una observación del entorno, de una adquisición de información, de un tratamiento, análisis y visualización de la misma, y de un ser humano que sea capaz de encargarse de que todo el proceso funcione de forma correcta. No es necesario que especifique el nombre de la persona encargada de esta función, pues ha tenido varias denominaciones (Topógrafo, Cartógrafo, Geodesta, Ingeniero en Geomática,...), pero si decir, que, **sin este especialista, no se alcanzará la calidad necesaria que esta disciplina requiere**.

La interacción con el territorio es la base del avance del conocimiento para cualquier tipo de ingeniería o aplicación que tenga como objetivo principal el desarrollo del ser humano; de esta forma, podemos hablar de ingeniería geomática, agronómica, civil, industrial, aeroespacial... o disciplinas y ciencias como la Geografía, Geología, Arqueología. Una primera acción de la gestión del territorio, se considera que es la adquisición de datos para su posterior tratamiento y análisis. Esto es algo más complejo de lo que el profano en la materia pueda entender pues entran en juego diferentes componentes y disciplinas (Geodesia, Geofísica, Fotogrametría, Teledetección...) que son necesarias para que el resultado final sea acorde al esperado. No obstante, para mayor entendimiento del artículo, profundizaremos en los aspectos claves de este proceso de adquisición, es decir, de la instrumentación, sensores y las plataformas para llevarlo a cabo, que nos permitirán hacer una adquisición puntual y/o masiva en función de nuestras necesidades.

De esta forma, nos encontramos con **instrumental** para la adquisición de datos puntuales, como el astrolabio que tantas rutas abrió en la época inicial de la navegación marítima, y actualmente las esta-

ciones totales y los sistemas GNSS. Este tipo de observación puntual se caracteriza por su elevado nivel de precisión y suele estar integrada con técnicas de adquisición de datos de forma masiva. Las técnicas de adquisición de datos masiva disponen de **sensores** de todo tipo: RGB (Fotogrametría), multiespectrales (Teledetección), laser (Laser Escáner/LIDAR), radar de penetración terrestre (Georradar), sonar marítimo (Ecosondas, Sonar barrido lateral)... que generan imágenes/modelos de datos de millones de puntos, y que se pueden integrar y complementar entre ellos para una mayor eficiencia y calidad en los resultados finales. El instrumental y sensores pueden estar montados en **soportes y plataformas** de gran variación: trípodes, vehículos terrestres o marítimos, aeronaves tripuladas, satélites, y desde hace menos de una década (refiriéndome a aplicaciones civiles), los drones.

¿Y cuál son las ventajas e inconvenientes de los drones? ¿Cuál es el presente y el futuro de esta plataforma aérea para aplicaciones de ingeniería, y concretamente de ingeniería Geomática?

La respuesta es sencilla. Acorde a la introducción previa, si analizamos los drones desde el punto de vista de plataforma con sensores de adquisición de datos masivos, podremos ver su importancia y sus ventajas respecto de otras técnicas de observación: los drones son *plataformas aéreas versátiles, económicas, fiables, ecológicas y fácilmente manejables*, y ninguna de las otras plataformas, ya sean vehículos terrestres, marítimos, aeronaves tripuladas o satélites, tienen la capacidad de abarcar de forma conjunta todas esas características. El segundo análisis deber ser en cuanto a los sensores embarcados, y en este caso, la evolución tecnológica en los últimos años ha hecho que existan sensores más compactos y menos pesados, de forma que actualmente, *los drones son capaces de embarcar sensores de todo tipo: RGB, multiespectral, térmico, laser...* al mismo nivel que el resto de plataformas (si hablamos de drones marítimos ocurre lo mismo en su relación con las embarcaciones tripuladas)

Luego es evidente que una gran ventaja es la consideración del dron como plataforma aérea que es capaz de embarcar cualquier tipo de sensor. No obs-

tante, desde mi punto de vista, el principal elemento diferenciador es **su capacidad de interactuar con el territorio en cualquier condición, en cualquier momento y en cualquier situación**, es decir, la gran ventaja de los drones es que podemos adquirir cualquier tipo de dato a través de múltiples sensores, analizar la información, sacar conclusiones, realizar las acciones de interacción con el territorio y poder volver a adquirir datos de nuevo para ver la eficacia de esa acción o su evolución en el tiempo, y eso, esa cualidad, permite retroalimentar el sistema, es decir, el territorio, pudiendo interpretarse y entenderse incluso de una manera holística.

¿Y dónde está el límite? En este caso, el límite no es tecnológico, pues el fenómeno dron, proviene de desarrollos e investigación militar y es una tecnología multidisciplinar y de ámbito internacional, que en menos de una década ha avanzado de forma exponencial. En este caso, **el límite es el marco regulatorio aplicable a este tipo de aeronaves**. Porque, que no se nos olvide, un dron, es una aeronave, y no un juguete, y como tal, viene regulada por la normativa de Aviación Civil a nivel internacional, europeo y nacional. En estos momentos nos encontramos en un periodo de transición de normativas, con la adaptación de una primera fase de la normativa europea en enero del 2021, y en la adaptación de la normativa española del RD 1036 de diciembre del 2017 a dicha normativa europea.

¿Y cómo afectará esta normativa a las aplicaciones de ingeniería, y concretamente a la ingeniería en Geomática? Sin ánimo de extenderme, solo decir que la normativa europea categoriza en función del riesgo de la operación, creando tres tipos de categorías: Abierta (riesgo mínimo), Específica (mayor riesgo) y Certificada (mucho riesgo). El 70%-80% de las actividades de gestión e interacción con el territorio por medio de drones se realizan en entornos rurales y de día, que se corresponde con la categoría Abierta, y el otro 20%-30% en entornos urbanos o áreas de influencia de aeropuertos, que se englobarán en la categoría Específica y, en este caso, será necesario llevar a cabo un Estudio de Seguridad Operacional (EAS) que si se realiza en un escenario estándar no requerirá de autorización por parte de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) al ser declarativo. Luego como conclusión, **con la en-**

trada en vigor de la normativa europea, se podrán realizar cualquier tipo de actividad con drones en cualquiera de los escenarios que se requieran, y eso incrementará aun mas el potencial y capacidad de los drones⁽¹⁾.

Como ejemplo concreto de esta transición de normativas aplicada al ámbito de la Geomática, podemos decir que por ejemplo para realizar fotogrametría en urbano utilizando RPAS-drones a fecha de la redacción de este documento, son menos de 10 los operadores que están autorizados a realizar esos trabajos, además, el peso de la carga de algunos sensores en las aeronaves imposibilita por completo esa operación ya que según el Artículo 21-3 el MTOM (Masa máxima al despegue) no debe superar los 10 kg para operaciones urbanas. Una aeronave con un sensor LIDAR o una cámara multispectral normalmente rondará más de los 10 kg. La entrada en vigor de la normativa europea (a la espera de como se adaptará en España) parece orientada a favorecer este tipo de operaciones.

Gracias a la concreción de la nueva normativa y los avances tecnológicos recientes en los que los sensores son más compactos y se ha visto reducido drásticamente el peso de las aeronaves, se ha pasado de RPAS con pesos que rondaban los 20kg que cargaban cámaras multispectrales a los apenas 1500 g (equiparable a la clase C2) que pesa actualmente un DJI Phantom 4 con cámara multispectral y RTK.

En cuanto a cámaras termográficas existen modelos compatibles con la mayoría de marcas comercia-

⁽¹⁾Quiero destacar el gran esfuerzo que se ha realizado desde AESA con la normativa española actual que permite también volar en cualquier escenario y condición siempre que se obtenga autorización en caso de que exista riesgo en la operación, y eso nos ha posicionado como referencia a nivel europeo. El único problema que ha existido es la gestión de ese tipo de autorizaciones debido a la masividad de solicitudes y los procedimientos complejos de su evaluación.



Figura 1- Captura de cámara térmica de un Mavic 2 Enterprise Dual



Figura 2 - DJI Matrice 300 RTK

les de RPAS, como por ejemplo los modelos de FLIR compatibles con algunos modelos de DJI o cámaras muy ligeras que pueden embarcarse en cualquier plataforma aérea. El DJI Mavic 2 Enterprise con un MTOM de 1100 gramos viene en una versión de cámara dual (RGB y Térmica) que, pese a su baja resolución en la imagen térmica, puede ser utilizada de forma óptima dependiendo del objetivo de las tomas.

La cada vez más definida normativa, ha ayudado a que aumente la competitividad entre los fabricantes, ya que tener un marco regulatorio definido es algo muy positivo a la hora de la toma de decisiones para nuevos dispositivos, emergiendo alternativas al fabricante que actualmente ocupa más de un 80% del mer-



Figura 3- Nube de puntos LIDAR de la catedral de Notre Dame

cado (DJI) con aeronaves muy ligeras y competitivas con las gamas Mavic y Phantom, como lo son el UX11, los Microdrones de AllTerra, Skydio 2, Yuneec Mantis y Autel Evo, todos ellos por debajo de los 2 kg.

La compactación de los sensores LIDAR también ha avanzado mucho, pudiendo encontrar sensores LIDAR por debajo de los 2 kg como el VUX-1-UAV RIEGL o el Scout Phoenix, siendo embarcables en cualquier plataforma aérea sin llegar a superar los

10kg en total.

Asimismo, también se ha avanzado mucho en la autonomía de las aeronaves, teniendo como opción más reciente el DJI Matrice 300 RTK con 55 minutos de vuelo y un MTOM de 9 kg y una capacidad de carga de 2,7 kg, siendo apto por ejemplo el sensor LIDAR mencionado anteriormente.

Estas mejoras tecnológicas habilitan a estas aeronaves dentro de la categoría **Abierta**, evitando así posibles procedimientos de autorización, pero también, implementan medidas para que, en caso de querer realizar operaciones en la categoría específica, los procedimientos de autorización sean ágiles gracias a la alta estandarización que están siguiendo los fabricantes.

Generar réplicas exactas basándonos en técnicas de fotogrametría, LIDAR y tenerlas debidamente georeferenciadas es una tarea que descubrimos como de vital e importante era cuando ardió la catedral de Notre Dame de París, tener un patrimonio conservado e inventariado ayudó a la planificación de su reconstrucción poder sobrevolar con sensores tan avanzados, en zonas urbanas o de difícil acceso para la representación fiel de nuestro patrimonio es uno de los avances que nos traerá la nueva normativa.

Por último, en 2020 veremos por primera vez como los drones sobrevuelan las playas con el fin de controlar las distancias entre personas mediante tecnologías de machine learning a causa de la crisis del COVID-19, también veremos drones con cámaras térmicas analizando la temperatura de individuos sospechosos de estar infectados y también se han visto drones realizando tareas de desinfección de forma automatizada mejorando así la eficiencia de esas tareas.

¿Y que más nos puede aportar la normativa europea y el avance tecnológico? Para responder a esta pregunta debemos hablar de futuro y, en un futuro próximo,

tenemos que ser conscientes de que el cielo estará surcado por multitud de drones, que **podrán** ser autónomos y con capacidad de transportar materiales, e incluso, en un futuro más lejano, personas. Esto hace que se requieran una serie de acciones tanto a nivel normativo como tecnológico que puedan garantizar la seguridad operativa, y que, en algún caso, están relacionadas con la Geomática. Para ello se introduce un concepto nuevo que es U-Space (UAS-Space) de aplicación europea que proviene de otro concepto similar que es el UTM (Unmanned Traffic Management) y que no es más que la **gestión del tráfico de Aeronaves no Tripuladas**. En una primera fase de implantación del U-Space se establecen tres acciones fundamentales: registro de los drones, **identificación remota** y definición de zonas geográficas, que además son tres elementos claves en la implantación de la normativa europea. Las dos últimas acciones hacen uso de conceptos y disciplinas geomáticas, por un lado la identificación remota es el envío en tiempo real de la posición, velocidad, altitud y otros datos de la aeronave para ser gestionada en un sistema de información robusto y eficiente capaz de controlar en tiempo real todas las aeronaves, y por otro lado, la **definición de zonas geográficas** que delimiten áreas de inclusión o exclusión del vuelo de aeronaves, que deben ser

integradas en los drones y en los gestores de tráfico aéreo. De esta forma, se espera que el conjunto de las acciones sea capaz de geolocalizar a las aeronaves no tripuladas en tiempo real y posicionarlas en un gestor de la información de tráfico con zonas geográficas inclusivas o excluyentes, y eso queridos amigos, **eso es orientarse en caminos de ida y vuelta**.

Al comienzo del artículo hablaba del ámbito de explorar del ser humano en diferentes épocas, buscando orientarse por caminos de ir y volver, y del futuro de la exploración más allá de la Tierra. Y parece que ese futuro ya está aquí, pues ya exploramos e interactuamos con el territorio a través de plataformas aéreas no tripuladas, de múltiples sensores, con potencial de adquisición de datos masivos, en cualquier tipo de entorno, ya sea terrestre o marítimo, y en cualquier instante de tiempo, y eso, eso queridos amigos, es evolución tecnológica, y que cuando se publicó el primer número de esta revista, allá por 1991, se podría imaginar solo en películas de ciencia ficción. Pero eso es lo bonito del ser humano y su relación con la tecnología, que todo es posible, que **solo es cuestión de ser capaz de relativizar para poder llegar a vislumbrar lo que el ser humano puede lograr**, porque como dijo Julio Verne: «*Cualquier cosa que un hombre pueda imaginar, otro hombre lo puede hacer realidad*».



El mapa geológico, del papel al objeto tridimensional

Alejandro Robador y María J. Mancebo

Área de geología, geomorfología y cartografía geológica.
Instituto Geológico y Minero de España

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 110-111
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

El mapa geológico es una publicación científica que documenta la expresión superficial de la configuración geológica de una región. La representación de los elementos geológicos sobre un mapa topográfico es una abstracción que hace el científico de la diversidad presente en la naturaleza. El criterio más común usado por el geólogo para este análisis es la naturaleza litológica del objeto geológico. De este modo el mapa geológico constituye la representación de los diferentes tipos de rocas y de sus contactos y las estructuras que las afectan en un documento bidimensional, pero realmente constituye la representación sobre una superficie bidimensional de unos objetos espaciales que tienen tres dimensiones. El mapa resulta de expresar la intersección de los volúmenes litológicos sobre una superficie tridimensional, la superficie de la Tierra, lo que nos va a permitir extraer datos sobre la disposición espacial de las unidades geológicas debido a las variaciones topográficas. Se trata del único mapa temático de la naturaleza que permite este tipo de análisis, que le convierte en una herramienta predictiva para la búsqueda de recursos en el subsuelo, además de constituir un documento esencial para la ordenación del territorio.

Precisamente hace 30 años el mapa geológico comenzaba a experimentar su transformación desde una impresión en papel a un archivo digital, iniciándose la digitalización de la cartografía existente con el objetivo de generar información geológica en formato electrónico. Paralelamente a iniciativas de otros países, como el *National Geological Map Database Project* (NGMDB), que nació a raíz del *National Geographic Mapping Act* de 1992 en los Estados Unidos y que dio lugar a la principal base de datos de mapas geológicos e información relacionada de geociencia de los Estados Unidos, el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), inició en 1991 un programa de transformación digital de su infraestructura cartográfica centrado en su programa MAGNA de cartografía geológica sistemática a escala 1:50.000 (1) con el fin de generar una base de datos espacial para su explotación con tecnología SIG.

En este contexto, los servicios geológicos, de manera independiente, definen sus propios modelos de datos orientados a cubrir sus necesidades específicas y locales, por lo general, dirigidas a proporcionar una estructura para la organización, el almacenamiento y el uso de los datos de sus mapas geológicos

en un ordenador local. Son modelos que definen formalmente la gramática de los mapas geológicos y tienen como un objetivo principal la reproducción de éstos. Esta labor de transformación digital da lugar a la creación de grandes bases de datos geológicas georreferenciadas a finales de los años 90, que se revelan como una poderosa herramienta para la resolución de problemas relacionados con el medio natural. Su disponibilidad, junto al desarrollo de la tecnología, aumenta su base de usuarios que demandan nuevas opciones de visualización y análisis espacial y estadístico, que en muchos casos requiere integrar información procedente de distintas fuentes para ser explotada en sistemas locales. Para cumplir con estas demandas se pone de manifiesto la necesidad de contar con información continua y homogénea tanto a nivel espacial como semántico.

Consecuentemente, los servicios geológicos reorientan su actividad hacia la creación de bases de datos cartográficas continuas, sin límites de hojas, con un diseño originalmente digital y orientadas a su difusión a través de la web mediante aplicaciones telemáticas para la consulta, visualización y descarga de la información. La respuesta del IGME consistió en el desarrollo del programa de cartografía geológica continua digital GEODE (2004) (2), soportado por el proyecto BADAFAI, que tiene dos ámbitos de acción: la definición de un modelo y una estructura de datos, y su difusión y consulta a través de la aplicación denominada SIGECO; y en el desarrollo del Sistema de Información Geoespacial (INGEES), que permitía a los usuarios descargar la información en múltiples formatos, desde formatos nativos SIG para usuarios expertos hasta mapas en formatos pdf y jpg de libre difusión. Posteriormente, este proyecto evolucionó hasta el actual portal de cartografía del IGME (3), se crearon servicios de mapas que permiten, a través de aplicaciones cliente específicas, la visualización y consulta de la información cartográfica y bases de datos del IGME y la integración con información de otras organizaciones (4) y se desarrolló el navegador de información geocientífica Visor InfoIGME (5), que permite la visualización y consulta de diversa información geológica mediante herramientas estándar y añadir servicios WMS de otros organismos.

A pesar del gran avance que suponen iniciativas como éstas para facilitar el acceso y uso de la información geológica, siguen existiendo problemas de explotación conjunta. La

aplicación de la interoperabilidad, a todos los niveles, de forma consensuada por parte de los Servicios Geológicos es la manera de solucionarlos y alcanzar un grado alto de integración en la información que comprende la cartografía geológica.

Con este fin se acuerda, por un lado, la adopción de normas y estándares internacionales, como la familia de normas ISO 19100 de la Organización Internacional para la Estandarización como marco general de referencia para la interoperabilidad, el intercambio y la distribución de información geográfica digital y los estándares y especificaciones del Open Geospatial Consortium (OGC) para la utilización de los servicios web geoespaciales; y por otro lado, desarrollar un modelo conceptual y un vocabulario que asegure la interoperabilidad semántica.

La conceptualización geológica fue llevada a cabo por la Commission for the Management and Application of Geoscience Information (CGI), auspiciada por la International Union of Geological Sciences (IUGS), y dio como resultado GeoSciML (GeoScience Mark-up Language) en 2004 (6). Se trata de un formato de intercambio basado en GML y un modelo lógico que incluye diccionarios de términos controlados que permiten describir de forma global, completa e inequívoca la información geológica. La versión 4.1 de GeoSciML fue aprobada como estándar OGC. GeoSciML ha dado soporte a proyectos internacionales fundamentales para la interoperabilidad geológica como OneGeology y OneGeology-Europe, y su modelo básico está alineado con el núcleo del modelo de datos INSPIRE del tema geología y es el estándar de referencia para la extensión de dicho núcleo.

La Directiva que desarrolla la Infraestructura de Datos de la Unión Europea o INSPIRE (7), se ha convertido en una ambiciosa e importante iniciativa en cuanto a interoperabilidad de información geológica se refiere. Lo hace estableciendo un marco jurídico-legal-técnico interinstitucional que da garantías al acceso e intercambio de información espacial y que es de obligado cumplimiento para todos los organismos europeos responsables de la producción de la información objeto de la Directiva, incluido el IGME. De manera sintética, puede decirse que los compromisos de los Servicios Geológicos con INSPIRE para lograr el acceso y uso de la información son generar metadatos conformes de la información geológica, crear servicios web de búsqueda, visualización y descarga acordes con sus especificaciones, y adoptar sus modelos de datos y vocabularios. Los dos primeros puntos son de más fácil asunción por los organismos productores de cartografía geológica, mientras que la transformación de la información geológica al modelo INSPIRE está siendo más difícil y problemática de lo esperado desde la experiencia concreta del IGME, labor que forma parte de sus obligaciones actuales.

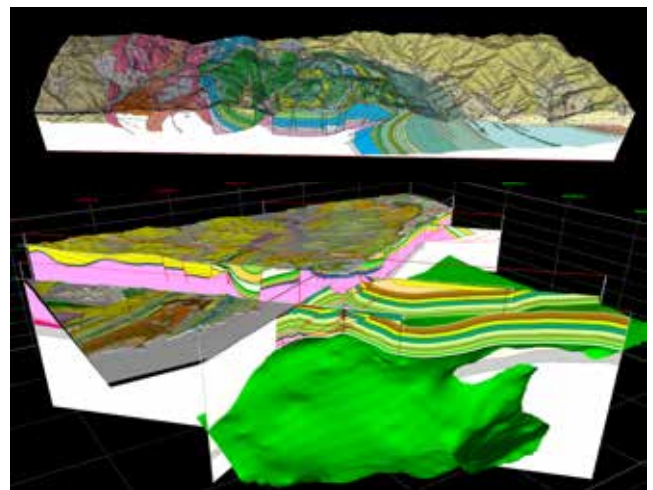
La interoperabilidad semántica y su explotación siguen ocupando gran parte de la actividad de los Servicios Geológicos. También se trabaja en la integración de los datos espa-

ciales procedentes de muy diferentes fuentes: teledetección e información geofísica: magnetometría gravimetría, radiactividad y en el análisis dinámico de las deformaciones de la superficie terrestre mediante imágenes satélite radar.

Desde hace varios años, los servicios geológicos están volcando toda su información en grandes modelos tridimensionales de la configuración geológica del subsuelo generados mediante la integración de los datos superficiales con múltiples fuentes de información geofísica, que ahora resulta factible gracias a los avances en el hardware y software de modelización geológica. Estos modelos adolecen todavía de la falta de estándares, cuyo desarrollo marcará su evolución futura. Los profesionales de las Ciencias de la Tierra obtienen así las herramientas que les permiten estudiar los objetos geológicos en todas sus dimensiones, algo que hasta ahora conseguían únicamente en el interior de su cerebro.

Aunque resulta difícil aventurarlo, probablemente dentro de 30 años la cartografía geológica consistirá en modelos geológicos tridimensionales que responderán a múltiples variables petrofísicas y no únicamente la litología y que evolucionaran dinámicamente en función de los datos disponibles. Por otro lado, el monitoreo continuo de la superficie permitirá una detección precoz de los riesgos geológicos asociados a movimientos del terreno y las deformaciones de la superficie terrestre ligadas a la actividad volcánica y los terremotos.

- (1) <http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50.aspx?language=es>
- (2) <http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Geode.aspx?language=es>
- (3) <http://info.igme.es/cartografiadigital/portada/default.aspx?mensaje=true>
- (4) <http://mapas.igme.es/Servicios/default.aspx>
- (5) <http://info.igme.es/visorweb/>
- (6) <https://www.ogc.org/standards/geoscimlhttps://inspire.ec.europa.eu/>
- (7) <https://inspire.ec.europa.eu/>



«El ciberespacio. Una alucinación consensual experimentada diariamente por billones de legítimos operadores [...] Una representación gráfica de la información abstraída de los bancos de todos los ordenadores del sistema humano. Una complejidad inimaginable».

William Gibson (Neuromante, 1984)

1990

Si se acepta que internet es como un perro⁽¹⁾, porque un año de evolución de la red equivale a siete en la vida de una persona, se entiende que hablar sobre cómo eran las cosas en la infósfera hace 30 años equivale a analizar cómo era nuestra vida hace ¡Más de dos siglos!, cosa extraordinariamente difícil porque hemos cambiado varias veces de mentalidad desde entonces.

En aquellos años la web no existía aún porque Tim Berners-Lee y Roger Cailliau la estaban desarrollando en el CERN de Ginebra para que pudiese aparecer en 1992. Internet era un conjunto de servicios lentos y limitados, cuyas posibilidades casi nadie entendía, los teléfonos móviles cabían a duras penas en un bolsillo y faltaban dos años para que se enviase el primer mensaje SMS (Neil Papworth, 1992): «Feliz Navidad».

Estamos hablando de la prehistoria, o lo que es lo mismo de la época preweb, cuando Microsoft comenzó a tener éxito con el lanzamiento de Windows 4.0, los grandes ordenadores centrales (*mainframes*) resistían el empuje de los PC, teníamos *workstations*, se usaban disquetes pequeños de 3 ½ pulgadas con 1,44 MB de capacidad, faltaban ocho años para que se fundase Google, once para que se constituyera la fundación *Creative Commons*, catorce para que apareciese la web 2.0, dieciséis para que explotasen las redes sociales (Twitter, Facebook) y diecisiete para que se hablase de datos enlazados.

En información geográfica, estábamos en la era de los Sistemas de Información Geográfica completamente aislados, verdaderos silos de datos sin prácticamente ninguna interoperabilidad. Se decía SIG y no

GIS, y los nombres de las aplicaciones más en boga resultarán ahora prácticamente desconocidos: ArcInfo, MGE, Genamap, SICAD, MapInfo, Aristown... era la época de los SIG híbridos, basados en la unión de un CAD (*Computer Assisted Design*) y una Base de Datos, mediante la introducción en las primitivas geométricas de un identificador de una tabla, de los primeros SIG ráster, algunos *open source*, como GRASS, MOSS e IDRISI, y de los primeros sistemas orientados a objeto, como SmallWorld (1987), TIGRIS (1988) y SYSTEM 9 (1989).

Rebobinemos algunos paradigmas hacia atrás. En 1990, no había aparecido todavía la Web 2.0 (2004), las IDE no existían todavía (faltaban cuatro años para que Bill Clinton lanzase la NSDI con la Orden Ejecutiva 12906 y ocho para que Al Gore formulase la idea de *Digital Earth*) y los SIG todavía no estaban maduros. Las implementaciones eran muy dependientes del *software* empleado, se infravaloraban el coste y esfuerzo necesarios para adquirir los datos y actualizarlos, había escasez de información y en general, había poca experiencia en gestión de proyectos SIG.

En 1992 se finalizó la primera versión de la Base Cartográfica Numérica 200.000 (BCN200) del IGN, recuerdo que ninguno de los *software* SIG que probamos soportaban ese volumen de datos y a veces, el problema radicaba en el formato de entrada. Durante algún tiempo, la solución fue enlazar Adabas, una Base de Datos, con Microstation, un CAD, para tener un SIG híbrido.

La oferta de datos se completaba con un MDT200 (1991), un MDT25 y BCN25 incipientes, acabados en 1998, una Base de Datos de Líneas Límite y otra de Entidades de Población, ambas disponibles desde finales de los 80, y el CORINE. *Land Cover* 1990. Eran otros tiempos.

⁽¹⁾Vinton Cerf, <https://www.quotemaster.org/q617a415c00daa6f5bd5fb27aa8ef5bae>

2020

Vivimos un momento ciertamente peculiar. Los SIG maduraron hace tiempo, probablemente durante la década de los 2000 cuando se liberó el GPS, había formatos de intercambio aceptables y varias aplicaciones que resolvían con solvencia el análisis de redes y de superficies. La democratización de la cartografía con la aparición de Google Earth (2004), Google Maps (2005) y otros Globos Virtuales, junto con la llegada de los móviles inteligentes en el 2007 y la popularización de los navegadores, ha hecho que los mapas se hayan convertido en algo cotidiano y los usemos prácticamente para todo. En un solo día pueden aparecer en la prensa una decena de mapas y los analistas se han acostumbrado ya a estudiar la distribución geográfica de los fenómenos de actualidad, ya sean la distribución del voto, su relación con el nivel de renta, el precio de la vivienda o la expansión de la tristemente famosa COVID-19.

Tenemos abundancia de datos abiertos, al menos en España, proliferan los servicios interoperables oficiales de visualización, descarga y catálogo, muchos productos espectaculares (ortofotos, LiDAR, nomencladores, imágenes de satélite, datos de alta resolución) están disponibles y la panoplia de tecnologías emergentes en interacción con los datos geográficos es muy prometedora.

La IDEE, desde sus inicios en 2004, ha experimentado un desarrollo espectacular. Actualmente comprende más 3000 servicios web, cerca de 100 nodos IDE en red, otros tantos Centros de Descarga y su cartografía se utiliza como referencia en multitud de aplicaciones y está disponible para todo tipo de plataformas. Los servicios básicos del nodo IDEE sirven al año más de 65 000 millones de teselas WMTS y la relación coste-beneficios se estima⁽²⁾ al menos en 1:10.

Sin embargo, las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) ya no están de moda y su expansión parece que prácticamente se ha detenido en cierto modo. La Directiva INSPIRE se acerca al final de su periodo de implementación sin planes futuros conocidos y actualmente es frecuente la publicación de mapas web utilizando

la costosa API de Google Maps, *OpenStreetMap* y soluciones de *Software as a Service* (SaaS), como *ArcGIS On Line*, *CARTO*, *Mapbox*, *Google Earth Engine* y otras que, ni son interoperables, ni se basan en estándares abiertos.

Por otro lado, la *Global Spatial Data Infrastructure* (GSDI), que hasta 2018 promovía las IDE y los geoservicios abiertos, ha interrumpido su actividad porque considera que su misión ha sido asumida por UN-GGIM (Grupo de Naciones Unidas para la Gestión de Información Geográfica), que parece haber olvidado las IDE por ahora, como se deduce del simple análisis de contenidos de su web y sus documentos, donde apenas aparecen las palabras clave IDE, servicios abiertos, servicios OGC, estándares, interoperabilidad y similares.

Además parece que las IDE no acaban de conjugarse bien con las nuevas tecnologías (*linked data*, BIM, 3D, IoT...) ¿Por qué? Quizás el OGC se ha quedado demasiado tiempo apegado a una generación de estándares demasiado antiguos. La primera versión del WMS (2000), cariñosamente llamada por algunos el paleoserver, tiene ya 20 años y la versión teselada WMTS tardó 15 años en aparecer, cuando existía la solución WMS-C de OSGeo desde el año 2006. Ahora OGC está trabajando en una nueva generación de estándares basados en Open API y REST, completamente integrados en los estándares TIC más usados y las buenas prácticas en la web. ¿Es demasiado tarde para recuperar el tiempo perdido? Pronto lo sabremos.

De momento, ya no se habla de IDE, servicio y geoportal, sino de una nueva generación de ideas-fuerza: «ecosistema» (conjunto de actores y usuarios fina-



⁽²⁾http://ojs.revistamapping.com/index.php?journal=MAPPING&page=issue&op=view&path%5B%5D=209&path%5B%5D=MAPPING_199

les que colaboran e interactúan en un nicho temático determinado), «API» (haciendo énfasis en la interfaz de los servicios geoespaciales) y «plataforma» (sitio web donde tanto el usuario como el desarrollador encuentra todo lo que necesita). Es una manera de acercar las IDE a los usuarios y sus necesidades prácticas, de no quedarse anclado en el principio de la cadena de valor añadido, la implementación de servicios.

Los datos geográficos abiertos siguen extendiéndose, quizás lentamente para los tiempos que corren, pero en un avance progresivo e imparable y cada día crece la conciencia de la sociedad sobre la oportunidad y los beneficios de los datos abiertos, la reutilización de la información del sector público y la transparencia.

Por último, la Información Geográfica Voluntaria y los proyectos colaborativos están jugando un papel muy importante de fomento y concienciación de la importancia de tener datos geoespaciales abiertos, y como fuente complementaria y alternativa a las oficiales.

2050

Es difícil jugar a predecir el futuro, cuando dos de los fenómenos recientes que más han condicionado nuestra vida cotidiana, los teléfonos inteligentes y la pandemia del coronavirus, nos han cogido a la mayoría por sorpresa y desprevenidos.

Sin embargo, si es difícil saber qué va a ocurrir y qué es lo mejor, lo que sí sabemos es lo que deseamos y parece más interesante convertirse en sujeto activo de la historia y modelar el futuro, que sufrirla pasivamente. En ese sentido, proponemos un futuro basado en cuatro puntos:

Datos geográficos abiertos.

Arquitectura orientada a servicios abiertos y estándar (más IDE).

Incorporación de tecnologías emergentes a las IDE, especialmente metadatos enlazados.

Revalorización del papel de los Institutos Geográficos como productores de datos y servicios de referencia (llamados fundamentales en Latinoamérica) supranacionales.

Aun así, puestos a jugar a las mancias, somos de la misma opinión que Enrique Dans, que identifica a corto plazo dos tendencias de futuro muy claras en TIC: *machine learning* y huella de carbono⁽³⁾.

Y a largo plazo, para quienes lean este artículo den-

tro de 30 años, creo que es probable que tengamos:

- Fusión total de datos vectoriales con imágenes, texturas, multimedia y nubes de puntos en cuatro dimensiones.
- Generalización, confluencia y case de bordes resueltos al vuelo.
- Actualización diaria de datos mediante sensores y edición automática a cargo de robots.
- Integración de exteriores e interiores, y de realidad planificada, histórica y actual.
- Datos geográficos inyectados en el campo visual, realidad aumentada permanente.
- Nuevos derechos digitales consolidados.

El último punto puede incluir el derecho a acceder a la mejor georrepresentación digital del mundo para garantizar la igualdad de oportunidades, el derecho a distinguir en todo momento lo real, lo planificado, lo imaginado, lo simulado y lo anterior, y el derecho tanto a estar geolocalizado cuando uno quiera como el derecho a estar perdido.

Espero que todos podamos comprobarlo pronto.



⁽³⁾<https://www.enriquedans.com/2019/10/mi-nuevo-libro-viviendo-el-el-futuro.html>



«Produce una inmensa tristeza pensar que la naturaleza habla mientras el género humano no la escucha»

Víctor Hugo

Los avances tecnológicos asociados a potentes desarrollos informáticos (hardware y software), implementados de manera constante y creciente, estas últimas décadas, referidos a la captación, aplicaciones, desarrollos, tratamiento, procesamiento, modelización, caracterización e integración de la información ambiental (espacio/temporal), su acceso y difusión; así como una mayor sensibilización social, en los temas ambientales, que demandan de manera creciente esta información han supuesto una auténtica revolución en este ámbito.

Hace 30 años la disponibilidad, procedimientos y formatos, era realmente limitada, así como sus posibilidades de tratamiento, resultados e integración informática. Los métodos de registro e inventariación, en gran medida, manuales y lentos (estadillos y libretas de campo), requerían de un gran trabajo sobre el terreno y procesamiento que suponían un gran esfuerzo y dedicación de personal especializado (p.e. equipos analógicos en levantamientos topográficos, restituidores fotogramétricos, etc.).

Hoy en día no se conciben los trabajos o proyectos técnico-científicos en el manejo, análisis e interpretación rigurosa y exhaustiva de la Biosfera, Hidrosfera, Litosfera o Atmósfera sin la sinergia e integración de múltiples disciplinas que convergen en la Geomática.

La Geomática, disciplina integradora asociada a las Geociencias y directamente vinculada en la Topografía, Geodesia, Teledetección, Fotogrametría y SIG, entre otras, permite abordar las aplicaciones multidisciplinares y desarrollos tecnológicos de la Información y la Comunicación (TICs) asociadas, entre otras, a la caracterización, geolocalización y análisis y monitorización de variables ambientales.

Todos los fenómenos ambientales controlados o espontáneos se pueden localizar de manera puntual, lineal o superficial, lo cual nos permite obtener una «foto fija» de la realidad (3D), sin embargo un aspecto significativo es que son dinámicos, por ello la variable temporal asociada a esa información adquiere un valor de primer orden. En

este sentido indicadores y trazadores ambientales resultan fundamentales.

Se considera, conceptualmente, el medio ambiente al medio natural en el que se desarrolla la vida como un sistema en el que intervienen y se relacionan los seres vivos (flora, fauna y también los seres humanos), además de elementos y factores abióticos (suelo, aire y agua).

Analizando en mayor profundidad, a este concepto habría que añadir consideraciones antrópicas: sociales, culturales e históricas que le dan una dimensión de mayor complejidad, pues es la participación, en el complejo sistema, la que induce cambios en ocasiones irreversibles (p.e. pérdida acelerada de la biodiversidad).

Es por ello que se requieren análisis interdisciplinares de la problemática ambiental, medidas de control, preventivas y correctoras de los efectos (impactos) provocados por la acción humana. En concreto se inducen efectos que desequilibran y desestabilizan los sistemas naturales a través de la sobreexplotación y la contaminación que afectan a la salud y seguridad, no solo de los seres vivos, sino de la propia humanidad.

La población mundial crece a un ritmo vertiginoso y su concentración en espacios geográficos limitados (grandes ciudades) y sus desequilibrios demográficos provoca efectos y alteraciones ambientales sustanciales: generación de residuos, demanda de recursos, contaminación de suelos, atmosférica y de los recursos hídricos.

Además se plantean escenarios diferentes y en muchos casos incompatibles, entre ecosistemas naturales y urbanos, que requieren de variables y tratamientos diferenciados. Los sensores asociados a cada uno de ellos se adaptan a estas circunstancias.

Por otra parte una mayor concienciación colectiva, presión y sensibilización social está suponiendo un cambio sustancial, pues se busca un avance, social, económico y tecnológico armónico con el entorno, orientado a medidas de protección ambiental crecientes. Las Administraciones se han visto abocadas a crear servicios de gestión y manejo

de información georreferenciada de diferente tipología, tanto de uso interno como de libre difusión en páginas web, con diferente implantación en los ámbitos nacional, autonómico y municipal.

En este contexto plantear soluciones a la complejidad y problemática ambiental, en la que hay que conciliar múltiples intereses, requiere de fuentes de información variadas (Teledetección en diferentes bandas y resoluciones, LiDAR, vuelos fotogramétricos, RPAs, GPS, scanner terrestres, etc.), y la necesaria sinergia entre ellas a través de plataformas de gran capacidad de almacenamiento y procesado, mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) que se destaca como una herramienta imprescindible.

Integrar y manejar esta información a nivel global (p.e. cambio climático, capa de ozono) continental (p.e. fenómenos sísmicos), nacional (p.e. diferentes figuras de protección del Medio Natural) y local (p.e. control vertederos y emisiones) requiere de soluciones específicas y escaladas (análisis macro y micro), a favor de un desarrollo sostenible, que pasan necesariamente por el manejo de ingentes y fiables fuentes de datos, que pueden ser desagregados, para su tratamiento, procesamiento y gestión.

En la actualidad, Universidades, centros de Investigación, ONGs, empresas consultoras, de ingeniería y desarrolladoras o las Administraciones emplean fuentes de información digitales (en algunos casos de acceso gratuito), potentes herramientas y procedimientos para la caracterización, diagnóstico, estudios de biodiversidad, evaluación de desastres naturales, protección de ecosistemas terrestres y marinos, planes y programas de conservación en Espacios Naturales, control, planificación, gestión y ordenamiento territorial, evaluación de poblaciones, establecimiento de corredores ecológicos, así como monitoreo y modelización de variables ambientales. Todo ello con el concurso de la Geomática aplicada.

En el ámbito de los Recursos Naturales disponer de una cartografía temática actualizada y completa resulta imprescindible para su adecuada caracterización, ordenación y planificación de fenómenos complejos, conservación del Patrimonio Natural, gestión o zonificación ecológica, lo que además permite una evaluación de procesos erosivos o desastres naturales como incendios, inundaciones, sequías, y las posibles soluciones viables a adoptar, en cada caso.

En el caso particular de los incendios forestales (aplicable a otros ámbitos) se han desarrollados potentes programas que permiten no solo evaluar, sino monitorizar en tiempo real su avance, e incluso simulaciones que permiten prever su evolución y anticiparse en las actuaciones, integrando para ello datos de tipo de vegetación, pendientes, vientos dominantes, factores atmosféricos, infraestructuras, medios de extinción disponibles, etc. Tras la extinción contar con información precisa de los efectos en la zona

afectada permite abordar de manera eficaz las actuaciones posteriores de regeneración del área.

Se están aplicando técnicas en el seguimiento y monitorización de fenómenos inusuales como icebergs, el control de especies amenazadas (collares geolocalizadores o cámaras) o la evaluación de los efectos provocados las especies invasoras (tanto terrestres como acuáticas) y sus consecuencias ambientales. Estas técnicas, relativamente recientes, aportan una información fundamental.

En un futuro, que se adivina, con la utilización masiva de los dispositivos móviles resulta previsible la incorporación de nuevos sensores, con capacidades aún por desarrollar, que permitan no solo compartir en plataformas, en la nube y redes, sino servir como fuente de captación de información de interés ambiental, que adecuadamente procesados ofrezcan resultados, casi en tiempo real, de fenómenos que en la actualidad requieren de largos procesos de registro, o resultan inabarcables.

Además las imágenes de satélite que ofrecen, ya hoy en día, soluciones inimaginables hace unas décadas en estudios de vegetación y territoriales, podrán ofrecer resultados con una calidad extraordinaria. Sin olvidar los nuevos desarrollos de geoposicionamiento espacial desarrolladas por países asiáticos, totalmente operativos en los próximos años, que reforzaran los ya existentes de GPS, GLONNAS y GALILEO.

Los procesadores informáticos futuros resolverán, con toda probabilidad, complejas combinaciones de datos y los desarrollos que hoy nos resultan inconcebibles tendrán solución con unos resultados asombrosos. «Cualquier tecnología suficientemente avanzada es indistinguible de la magia». Arthur C. Clarke



¿Quiénes somos, dónde estamos, hacia dónde vamos?

César Rodríguez Tomeo

Secretario General del Instituto Panamericano de Geografía e Historia

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 118-119
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Antes de iniciar, felicito a la revista Mapping por su 30 aniversario y agradezco la invitación. Me atreví a realizar este artículo donde integré aspectos institucionales, vivencias y perspectivas que se inician allá por 1988 cuando comencé el camino de aprender -y sobre todo a valorar- lo relacionado con la Geomática y Ciencias de la Tierra.

¿QUIÉNES SOMOS?

Hoy me desempeño como Secretario General del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), organismo científico-técnico de la Organización de los Estados Americanos (OEA), dedicado a la generación y transferencia de conocimiento especializado en las áreas de Cartografía, Geografía, Geofísica e Historia. Nació el 7 de febrero de 1928, en ocasión de la Sexta Conferencia Internacional Americana en Cuba, con la misión inicial de posibilitar la «cooperación entre los institutos geográficos de América, para facilitar el estudio de las cuestiones de frontera entre las naciones americanas». A propuesta de la delegación anfitriona cambia su naturaleza inicial -únicamente geográfica- para transformarse en «Geografía e Historia», ya que para el estudio de una frontera o división geográfica es necesario contar con documentos históricos, argumento que tuvo aceptación entre los delegados. Su sede central, desde 1930, se encuentra en la Ciudad de México. Actualmente tiene 21 Estados Miembros y 5 Observadores Permanentes.

HACE 30 AÑOS...

Mi primer contacto con lo relacionado a las Ciencias de la Tierra ocurrió en 1988, cuando fui destinado al entonces Servicio Geográfico Militar del Uruguay. El inicio fue bajo la norma «aprender haciendo». En aquel tiempo, pude apreciar la evolución en trabajo de campo, desde el teodolito al GPS; y en gabinete, en el área de la fotogrametría, de los restituidores analógicos a los analíticos. Vi y viví cómo la tecnología cambia los procesos y el empleo de los recursos.

Era el tiempo en que iniciaba la consolidación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y mi primer encuentro con ellos fue en Colombia cuando fui enviado a realizar un curso en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

El empeño personal me condujo por el camino del aprendizaje continuo. Tomé conciencia del valor de una beca como herramienta y oportunidad de progreso. Destaco, entre mis

recuerdos, la sinergia que generó el trabajo conjunto de los Institutos Geográficos de América del Sur y el Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña, lo que permitió que integrantes de dichos organismos -incluyéndome- se capacitaran en Barcelona. A su vez, tuve la oportunidad de realizar una maestría en la Universidad Católica de Uruguay.

¿Qué aprendí a lo largo de ese camino? La importancia del trabajo en equipo; que académicos, empresarios, civiles y militares pueden y deben trabajar juntos, y sobre todo el valor de escuchar perspectivas diferentes; que en la diversidad está la fortaleza y cuán dañinos son los prejuicios. Esto ha sido la base de mi gestión en el IPGH.

Por su parte, al tiempo que comencé mi trayectoria profesional, el IPGH ya había cumplido más de 60 años de trayectoria con varios aportes a su campo de acción. Gran cantidad de proyectos y estudios obtuvieron voz y apoyo del IPGH. De todos ellos, me atreví a reflexionar sobre cuál fue el que más impacto -por su concepción, esfuerzo e integración- ha tenido durante las últimas tres décadas. En mi opinión, han sido los Mapas Integrados de América Central y de América del Sur, que fueron posibles gracias a la iniciativa del IPGH y el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) a través del Programa GEOSUR. De este proyecto ahondaré más en el siguiente apartado.

¿DÓNDE ESTAMOS HOY?

En febrero del 2018 asumí como Secretario General del IPGH. Fue un cambio total en mi vida profesional y personal. Inicié un nuevo camino de aprendizaje con el desafío de fortalecer a las Secciones Nacionales del IPGH y su revinculación con instituciones gubernamentales, académicas y civiles.

Hoy, el IPGH se pregunta, *¿cómo puede incrementar su utilidad institucional?* Es sustantivo tener historia y logros, pero hay que rendir examen cada día y debemos generar resultados.

Por ello, hemos ampliado el programa de becas, asimismo, el apoyo a la investigación por medio del Programa de Asistencia Técnica. Otros puntos a resaltar son el inicio de gestiones para el desarrollo de un proyecto conjunto para Centroamérica que integrará Información Geográfica (IG) con Estadística y la difusión de conocimientos a través de las Revistas Científicas y redes sociales, con las cuales se logrará mejorar calidad, visibilidad e interacción de las comunidades regionales.

Uno de los desafíos institucionales es perfeccionar y actualizar el Geoportal de GEOSUR desde el punto de vista

tecnológico y organizativo. Por otra parte, el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), que han apoyado hasta la actualidad a este programa, manifestaron que este será el último año de soporte a estas actividades. Esta dificultad se tomó como una oportunidad de mejora y hemos salido a la búsqueda de financiamiento a organismos externos.

El punto de partida será la realización de un análisis profundo de la actual plataforma GEOSUR y diseñar la migración a la nueva plataforma basada en software libre, considerando datos, servicios, arquitectura tecnológica, componentes y herramientas. En paralelo a la migración, se llevarán a cabo las tareas necesarias para que no se interrumpan los servicios. Por ello es necesario perfeccionar y actualizar el Geoportal desde el punto de vista tecnológico y organizativo. A su vez, consolidar una red panamericana y agregarle valor, divulgar y mejorar el acceso a la información cartográfica oficial. Esto permitirá cubrir las necesidades actuales en esa materia para todo tipo de instituciones que lo requieran.

A su vez, la realidad se manifiesta en el territorio, «todo pasa en algún lugar», y las tecnologías y los datos nos permitan gestionar de forma más eficiente dicha realidad. Hoy, la IG es esencial para una gran diversidad de áreas: gestión de infraestructuras, medio ambiente, agricultura, seguridad, salud, etc.

En ese sentido, los Mapas Integrados del Programa GEOSUR están llamados a ser la IG fundamental y de contexto, óptima por su calidad, garantía, oficialidad, sostenibilidad e interoperabilidad para aplicaciones relacionadas con emergencias sanitarias y desastres naturales, y los servicios web pueden resultar esenciales por su estandarización, que les permite ser explotados desde cualquier entorno SIG.

Un ejemplo actual, es lo relacionado a la pandemia por COVID-19. La IG unida a los datos estadísticos ha constituido, en algunos países, una de las claves para identificar posibles cursos de acción. La pandemia ha sido algo totalmente inesperado que tendrá consecuencias sin precedentes. A la fecha aún no es posible calibrar el impacto de disponer de un geoportal de estas características, pero se anticipa que será parte importante de la infraestructura digital que surgirá en el futuro.

¿HACIA DÓNDE VAMOS?

Si algo define al futuro es su impredecibilidad. Algunos piensan que el camino está escrito, mientras que para otros éste se va construyendo.

Me gustaría compartir dos conceptos para finalizar este artículo. El primero de ellos es el de «cisne negro», formulado por el filósofo e investigador Nassim Taleb y que describe el impacto de un suceso altamente improbable, como lo fue el inicio de la Primera Guerra Mundial, los atentados del 11 de septiembre de 2001, o incluso -quizás- la actual pandemia. Un

nuevo paradigma surgió entonces y otro surgirá ahora.

El segundo concepto, desarrollado por el historiador Yubal Noah Harari, versa sobre los datos: el «dataísmo» (o «religión de los datos»), que ha invertido «la pirámide tradicional del conocimiento». Antes los datos proporcionaban información, ésta conocimientos y los conocimientos, sabiduría. Ahora, como el autor plantea, esto se ha invertido, ya que es imposible para la humanidad procesar la enorme cantidad de datos disponibles. Por ello los «dataístas» depositan su confianza en los datos masivos y en los algoritmos informáticos.

Con estos conceptos en mente, considero que con los avances tecnológicos el ser humano podrá tener mayor control de su futuro al mitigar el impacto de lo improbable, ya que la inmensa cantidad de datos procesados por las inteligencias artificiales harán esto posible. Por ejemplo, la IG de la mano con la estadística y los datos personales, a través de geolocalizadores, tendrán un rol más relevante.

Mi visión -y mi propuesta- es que los institutos responsables de la IG asumirán la gestión de la información efímera, así como también será sustantiva la validación de dicha información proveniente de voluntarios, conformando así un ecosistema que se retroalimentará a sí mismo. Será posible valorar diferentes escenarios en tiempo real y el proceso de toma de decisiones será más rápido y eficiente. Existirán potentes algoritmos que posibilitarán generar esos escenarios y con ello facilitarán observar qué decisiones tendrán mayor probabilidad de éxito.

Es en ese aspecto donde estimo que el IPGH tiene que seguir construyendo su camino. Hoy no sabemos cuál será el próximo «cisne negro», sin embargo, la experiencia de una institución como el IPGH, aunada al progreso tecnológico, será crucial para hacer un mundo mejor.



La Ingeniería Geomática, una profesión de futuro

Antonio Miguel Ruiz Armenteros

Dr. Ingeniero en Geodesia y Cartografía - Profesor Titular de Universidad
Director del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría
Escuela Politécnica Superior Universidad de Jaén

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 120-121
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

¿Dónde estaba nuestro campo profesional hace 30 años?, ¿dónde estamos actualmente? y ¿dónde estaremos en los próximos 30 años?

Volviendo la vista atrás en estos 30 años de vida de la revista Mapping, nos encontramos su primer número, septiembre de 1991. Por aquel entonces no había muchas revistas en castellano sobre Cartografía, Geodesia, Topografía, Fotogrametría, etc., por lo que vino a cubrir un hueco importante de difusión profesional en este ámbito. Sólo hay que ojear este primer número para comprobar donde estábamos en aquellos años en nuestro sector.

En aquel tiempo, asistíamos a la expansión de los Sistemas Globales de Navegación por Satélites (GNSS) GPS y GLONASS. Teníamos receptores monofrecuencia y bifrecuencia ciertamente voluminosos. En el campo de la Topografía, encontramos taquímetros y teodolitos electrónicos, niveles automáticos y los primeros digitales, así como las primeras estaciones totales. Éstas incluían colectores de datos, algo muy novedoso por aquella época. La Cartografía pasaba de ser analógica, con técnicas de delineación cartográfica y esgrafiado de planos, a ser digital, expandiéndose las técnicas de digitalización para la generación de banco de datos usados en cartografía digital y en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que también empezaban a emerger. En Fotogrametría, se realizaban vuelos con cámaras aéreas analógicas para la generación de cartografía catastral y cartografía en general. Las empresas realizaban restitución analógica, implementando la restitución analítica y digital poco tiempo después.

El perfil del ingeniero de esta especialidad era, en general, bastante analógico, comenzando a introducirse en el campo de la informática para convertirse al mundo digital.

¿Cómo hemos evolucionado en estos 30 años y dónde nos encontramos en la actualidad? Durante este tiempo hemos asistido a una modernización exponencial de este sector gracias al avance de la tecnología. Poco a poco se fue introduciendo el término Geomática, al principio siendo un poco reacios a su utilización, quizá por su desconocimiento. Este moderno término científico estudia la adquisición, interpretación, gestión y representación de la información geoespacial. En particular, técnicas y campos de aplicación de esta ingeniería como la Geodesia, la Fotogrametría, la Teledetección, la Cartografía, los SIG, la Topografía en sus extensas aplicaciones, la Hidrografía o la gestión de la información del territorio, etc.,

están incluidos en este término, el cuál se expandió internacionalmente durante estos años para referirnos a todas estas técnicas/disciplinas. Utilizábamos la Geomática en nuestro día a día sin ser conscientes de ello. En el futuro, este término se irá transformando para integrar todas las técnicas de adquisición espacio-temporal de datos y servicios basados en el posicionamiento inteligente de objetos y actividades humanas.

Durante estos años se han modernizado las técnicas y la instrumentación y, hoy en día, nos encontramos, por ejemplo, con los escáneres láser terrestres y los sistemas móviles terrestres o mobile mapping de captura masiva de datos. Estos se han convertido en una herramienta de trabajo habitual gracias a su capacidad de registrar grandes volúmenes de datos 3D en muy poco tiempo. Tenemos estaciones totales robotizadas con cámaras integradas, o los sistemas LiDAR aerotransportados e integración con otro tipo de sensores cada vez más miniaturizados, como cámaras, sensores infrarrojos y térmicos. También disponemos de modernas ecosondas, georradar, y hemos asistido a la aparición y expansión del uso de drones o el BIM.

Se está produciendo una, cada vez más, automatización de procesos y servicios englobando computación en la nube, los macrodatos o big data y el deep learning, basados en el reconocimiento y extracción de rasgos de imágenes digitales y modelado semántico que nos permite detectar cambios, analizar y tomar decisiones en tiempo real.

La Geodesia se ha modernizado gracias al desarrollo de los GNSS, permitiendo el establecimiento de sistemas y marcos de referencia de manera más rápida y precisa, y la monitorización continua de desplazamientos de la corteza terrestre, se ha avanzado en el modelado del campo de gravedad terrestre y la determinación de sus variaciones en el tiempo, así como otros aspectos relacionados con el tamaño y forma de la Tierra, la rotación terrestre, etc. Es de destacar el avance de las técnicas de Geodesia espacial integradas en el Sistema de Observación Geodésico Global (GGOS) creado para mejorar el conocimiento de la dinámica del sistema Tierra y cuantificar sus cambios temporales y espaciales. El desarrollo de los GNSS ha dado lugar a infinidad de aplicaciones basadas en el posicionamiento como la aparición de la agricultura de precisión.

La observación de la Tierra desde el espacio utilizando la Geodesia espacial y la Teledetección óptica, radar, multiespec-

tral, hiperespectral, etc., nos permite monitorizar la dinámica de nuestro planeta ante desastres naturales y el cambio climático. De particular mención es el programa Copernicus de la Unión Europea, el mayor laboratorio de vigilancia de la Tierra desde el espacio.

Las infraestructuras de datos espaciales así como la planificación, análisis y modelado de información espacial utilizando soluciones SIG en infinidad de sectores, desde la industria de la construcción al sector de las tecnológicas, han venido a modernizar la Cartografía, antaño analógica. Las técnicas fotogramétricas digitales avanzadas han evolucionado permitiendo el desarrollo de nuevos productos como Structure from Motion (SfM) para la visualización 3D de objetos a partir de grandes nubes de puntos. La visión robótica junto a la inteligencia artificial son aplicaciones que han influido en el desarrollo de la Geomática en el campo de la conservación del patrimonio y las geociencias, y han permitido explorar nuevos campos de aplicación de la fotogrametría utilizando dispositivos de bajo coste en teléfonos móviles como, por ejemplo, la medicina.

Durante estos años se han modernizado las técnicas Geomáticas aplicadas al desarrollo de infraestructuras en edificación e ingeniería civil, la minería, la gestión de la propiedad (catastro y registro), la metrología, las ciudades inteligentes, el geomarketing, la arqueología o la gestión del transporte entre otros.

El perfil actual del profesional de este sector, el llamado Ingeniero en Geomática, es totalmente diferente al de hace 30 años. Está totalmente inmerso en el mundo digital y acostumbrado a todas estas tecnologías.

En los próximos años, el big data, el desarrollo de la inteligencia artificial y las técnicas de visión computarizada por las grandes empresas en el sector geoespacial permitirán la explotación de imágenes de satélite de alta resolución con aplicaciones posiblemente inimaginables hoy en día. Todo ello sumado al desarrollo de la realidad virtual y realidad aumentada, aplicaciones móviles y dispositivos, así como del internet de las cosas. El sector de la automoción avanzará en el desarrollo de vehículos autónomos, los cuales requieren de la captura y análisis de una gran información geoespacial procedente de diversos dispositivos y sensores conectados entre sí para poder detectar objetos y obstáculos en tiempo real.

La integración de técnicas de imagen, video, telefonía, posicionamiento indoor y por satélite, así como diversos sensores permitirá la generación de nuevos productos para la gestión de múltiples servicios. Los sistemas mobile mapping de captura masiva de datos integrando posicionamiento y navegación GNSS, sistemas inerciales de navegación, cámaras y escáner prometen un gran impacto en la industria permitiendo la exploración de nuevas aplicaciones así como la combinación del LiDAR y drones u otras plataformas controladas remotamente. El desarrollo de sof-

ware y soluciones SIG aprovechando el avance y desarrollo de la inteligencia artificial y la inteligencia geoespacial, la información procedente de grandes nubes de puntos, etc., ofrecerá nuevas posibilidades en la gestión inteligente del territorio.

Asistiremos al gran despliegue de los sistemas GNSS, al avance de la Geodesia espacial y de observación de la Tierra desde el espacio en diversas bandas del espectro electromagnético que gracias al desarrollo de los satélites de comunicaciones generarán una fuente inagotable de información geoespacial, desarrollarán el big data y generarán inmensas posibilidades de negocio. En definitiva, todas las técnicas Geomáticas avanzarán de la mano del desarrollo de nuevos productos, sensores y dispositivos móviles en sus diversos campos de aplicación, desde la construcción y el desarrollo de infraestructuras y la planificación urbana, la batimetría, la agricultura de precisión, hasta industrias como la minería y la energía, entre otras muchas.

Todo este cambio será posible gracias al avance de la informática y técnicas de computación que permitirán disminuir tiempos de procesamiento de información y disponer de gran capacidad de almacenamiento de datos y gestión en tiempo real. En definitiva, la demanda de servicios en el sector de la Ingeniería Geomática está garantizada en los próximos años, ya que la necesidad de la captura y tratamiento de la información geoespacial se irá incrementando, pero se hará de forma diferente a como se hacía hace 30 años y, posiblemente, de forma diferente a la actual debido a las innovaciones tecnológicas que irán apareciendo. En cualquier caso, el futuro está asegurado porque la formación en Ingeniería Geomática abre puertas en este mundo cada vez más geolocalizado, el conocimiento geoespacial genera trabajo en un creciente negocio y son pocos los profesionales que engloban este tipo de conocimientos. No debemos de dejar de aferrarnos a las nuevas tecnologías y seguir demostrando nuestra capacidad de adaptación a los continuos cambios tecnológicos. Existe desconocimiento generalizado sobre qué es la Geomática y qué puede hacer esta ingeniería por la sociedad. Nuestro reto es saber transmitir esta apasionante profesión a los jóvenes estudiantes preuniversitarios para conseguir que esta ingeniería y los profesionales formados en esta rama sigan teniendo cabida en el futuro.



DÓNDE ESTÁBAMOS

HACE 30 AÑOS

Recuerdo muy bien como descubrí la revista Mapping hace unos 30 años, fue durante un TopCart, aunque no recuerdo si fue en la edición de 1988 o la de 1992, celebrado en el Pabellón de Convenciones de la Casa de Campo en Madrid, y lo recuerdo porque al salir del pabellón donde se hacia la exposición comercial, donde yo participaba en el stand de Topcon, y que se celebraba paralelamente al congreso, fui a coger mi coche en el parking exterior junto al pabellón, y todos los coches tenían el número de la revista Mapping en su parabrisas.

Es evidente que la distribución de la revista ha cambiado muchísimo en estos 30 años, siendo ahora el formato digital el más lógico, efectivo y cómodo desde casi todos los puntos de vista. Esta "digitalización" se ha producido en todos los pasos necesarios para la edición de la revista: Desde la creación de los artículos, envío de los mismos, maquetación, publicación y distribución.

De la misma forma, el sector de los productos, soluciones y sistemas aplicados en las diversas ramas de la Geomática ha cambiado de una forma extraordinaria y, curiosamente, un aspecto muy relevante de ese cambio es también la «digitalización».

Para los que no lo han vivido, pensad que hace 30 años, no solo no existía internet para el gran público, ni el correo electrónico, sino que prácticamente nadie tenía todavía teléfono móvil y en muy pocas empresas se utilizaban ordenadores, de hecho, el IBM PC-386 con 256kb de memoria RAM es del año 1987, y era carísimo y con una capacidad y utilidad muy limitada.

En aquel tiempo, dentro de los instrumentos topográficos, lo más avanzado eran EDM's montados sobre teodolitos, algunas «semiestaciones» de la marca SOKKISHA como la SDM-3E,

y las primeras estaciones totales como la Topcon GTS3 del año 1985, o la popular Topcon GTS-3B de 1988, ningún fabricante en 1990 comercializaba todavía receptores GPS RTK en España. Las primeras libretas electrónicas y los softwares de topografía en sistema operativo MS-DOS aparecieron en la década de los 90. Existía, en 1992, un único modelo de nivel láser rotatorio horizontal Topcon RL-H para aplicaciones exteriores y, por supuesto, los niveles ópticos automáticos. Poco más.

DÓNDE ESTAMOS EN LA ACTUALIDAD

Como ya he dicho, la evolución ha sido formidable, hoy en día disponemos de una enorme lista de soluciones relacionadas con aplicaciones Geomáticas, solo como ejemplo, a continuación, una relación que sería interminable:

- Sistemas de captura masiva de datos, como los vehículos Mobile Mapping, láser escáner terrestres, LiDAR aéreos, láser móviles o cinemáticos con tecnología SLAM, drones multi-rotors y de ala fija.
- Estaciones totales robotizadas, sistemas automáticos de auscultación, sensores de desplazamiento e inclinación.
- Giróscopos de alta precisión combinados con estación total.
- Niveles digitales con miras invar de código de barras.
- Sistemas automáticos para control de maquinaria de obra pública combinando receptores GNSS, estaciones totales, sensores inerciales y de ultrasonidos, para retro excavadoras, motoniveladoras, bulldozers y extendedoras o pavimentadoras
- Software de verificación de ejecución de obra, de modelización a partir de nubes de puntos, de diseño de proyectos de todo tipo, de almacenamiento de datos en la nube para facilitar el trabajo en equipo y colaborativo entre





diferentes disciplinas.

- Redes GNSS RTK multi-constelacion y multi-frecuencia, receptores GNSS rover con sensores de inclinación de jalón y potentes controladoras y software con interface gráfico.
- Flujos de trabajo consistentes en hardware y software de Scan to BIM y Scan vs BIM para control de calidad de los As-Build, estaciones totales y láser escáner combinados en un solo instrumento.
- Software de aplicaciones específicas como control y ejecución de túneles, y control de carro de vías de ferrocarril.
- Software de optimización de movimientos de tierra en proyectos de obra lineal.
- Software de tratamiento de datos capturados con drones para inspección y mantenimiento (puentes, presas, plataformas offshore, aerogeneradores, etc.).
- Incorporación de sistemas de realidad virtual y realidad aumentada, combinando instrumentos como estaciones totales robóticas y gafas de visualización 3D y RV.
- Sistemas automáticos para fresado, re-asfaltado y compactación, equipados con perfilómetros láser, GNSS y ultrasonidos.
- Soluciones para agricultura, incluyendo el guiado de tractores tanto visual como completamente automatizado combinando receptores GNSS y sensores que actúan sobre la dirección hidráulica.
- Soluciones para agricultura de precisión, desde drones con sensores multiespectrales hasta software de tratamiento de datos de índices NDVI.
- Dentro de las soluciones de agricultura de precisión, sistemas integrados en los aperos arrastrados por el tractor, desde cuchillas niveladoras, cosechadoras, plantadoras, sembradoras, pulverizadoras o fertilizadoras. Combinando mapas de aplicación variable con sensores, desde GNSS hasta sensores del estado de nutrientes de las plantas o cultivo a tratar.

Estamos en un proceso de digitalización completo de todo el ciclo, tanto de la construcción de una infraestructura: Desde la captura de datos del estado actual, diseño del proyecto, ejecución, verificación y control de calidad, monitorización o auscultación, inspección y mantenimiento. Como el ciclo completo en agricultura: Laboreo, siembra, abonado-fertilizado, tratamientos fitosanitarios-herbicidas, cosecha.

DÓNDE ESTAREMOS DENTRO DE 30 AÑOS

La evolución en los últimos 30 años no ha sido lineal, ha sido exponencial. Esto significa que para imaginar como estaremos dentro de 30 años, debemos comparar como estamos en la actualidad a como estábamos hace 60 años. Dicho de otra forma, el salto es «inimaginable».

Aún con todos los avances que hemos visto, el sector de la construcción, tanto obra civil, edificación, industrial y rehabilitación, es de los de menor productividad, en especial si se compara con los sectores industrial o de servicios. Uno de los motivos de esa baja productividad, es que es un sector con una velocidad muy lenta en la adopción de las nuevas tecnologías disponibles. En mi opinión, esto se soluciona con mayor formación en todo el personal, y con el desarrollo de tecnología cada vez más fácil de utilizar.

Haciendo un ejercicio de predicción, la tendencia serán conseguir sistemas o soluciones cada vez más colaborativas para permitir la intervención de equipos de personas multi-disciplinares, con soluciones cada vez más automáticas y que permitan ejecutar el trabajo con altos niveles de seguridad, calidad y velocidad, en ese orden de prioridad.

Solo espero y deseo que lo veamos todos.

En el mes de abril de 2020, trigésimo quinto día de confinamiento por la pandemia del Coronavirus.



El Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire del siglo XXI

Coronel D. Luis Alfonso Toledano Muñoz

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 124-126
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

El Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire (CECAF), creado como tal en 1979 pero cuyos antecedentes se remontan a la obtención de imágenes aéreas desde los albores de la aviación, se caracteriza por la diversidad de capacidades que pone al servicio del Ejército del Aire en particular, y de las Fuerzas Armadas en general. Capacidades que permiten desarrollar el ciclo completo de producción de diferentes productos geoespaciales que son necesarios para apoyar las operaciones aéreas de varios sistemas de armas.

Sin ánimo de ser exhaustivo, el CECAF realiza con sus medios aéreos vuelos fotográficos, calibración e inspección de radioayudas y transporte logístico. En la parte

técnica se produce cartografía aeronáutica militar a diferentes escalas, se confeccionan los nuevos proyectos de servidumbres aeronáuticas, se informan los estudios aeronáuticos de dichas servidumbres y se diseñan procedimientos de navegación de aproximación instrumental de aquellas instalaciones competentes del Ministerio de Defensa, se imprimen los productos geoespaciales y otro tipo de publicaciones, se gestiona el archivo fotográfico, donde una de las joyas de la parte histórica es el vuelo fotográfico que realizó el gobierno estadounidense sobre España a mitad del siglo XX⁽¹⁾, se gestionan las solicitudes

⁽¹⁾Este material es conocido como el vuelo americano serie A (1945-1946) y serie B



de obtención de imágenes aéreas en zonas restringidas al vuelo fotográfico y se tratan digitalmente imágenes previamente a proporcionarles una salida gráfica en soportes tanto físicos como digitales.

En el ámbito de la docencia geoespacial, se imparten enseñanzas de formación y perfeccionamiento para oficiales, suboficiales y tropa profesional pertenecientes a las Fuerzas Armadas españolas y de países amigos y aliados.

Todo ello hace del CECAF una unidad única en el Ejército del Aire que abarca un amplio abanico de responsabilidades.

EVOLUCIÓN EN LAS ÚLTIMAS DÉCADAS

En la última década del siglo pasado, los vuelos fotográficos del CECAF, con el C-212 *Aviocar* como aeronave, utilizaban la cámara aerofotogramétrica *Wild-Leica RC-10* tomando las imágenes sobre película fotográfica de gran formato 23x23 y de diferentes emulsiones (pancromático, color e infrarrojo). La tripulación utilizaba el sistema Doppler como ayuda a la navegación. Una vez terminado el vuelo, la película era procesada en la Sección de Laboratorios con las procesadoras de película aérea, destacando la *Ektachrome RT*, capaz de trabajar con cualquier formato de película aérea en color, donde la experiencia y conocimientos del personal era fundamental para que, realizando un procesado perfecto, no se perdiera el trabajo previo realizado.

La Sección de Campo apoyaba el proceso, enviando a la zona volada un equipo de topógrafos a medir los puntos de apoyo y de control de calidad necesarios para realizar la Aerotriangulación de bloques fotogramétricos. Partía de vértices geodésicos para dar coordenadas a estos puntos utilizando teodolitos y prismas y, a mediados de los años 90, mediante técnicas GPS. Finalmente, la Sección de Fotogrametría realizaba la aerotriangulación con el restituidor analítico de que disponía el CECAF capacitado para ello, el *Aviolyt AC1*. Este restituidor analítico, con mesa asistida por ordenador, permitía ajustar grandes bloques de imágenes con gran precisión y, a la vez, reducir considerablemente el número de puntos de apoyo. Esto significaba disminuir la carga de trabajo del equipo topográfico, con el correspondiente beneficio para el personal y para el coste final del producto. Tras varias horas calculando la compensación de un bloque para una servidumbre aeronáutica, se obtenían los datos para poder restituir los pares estereoscópicos en los demás aparatos analógicos.

(1956-1957) realizado por el Air Photographic and Charting Service.

Importante era, y sigue siendo, la medición de los obstáculos, a través de la estereoscopia, en las áreas afectadas por las servidumbres aeronáuticas de cada Base Aérea o Aeródromo militar. Si no se disponía de ningún vuelo reciente, se enviaba al equipo de topógrafos a medir "in situ" la posible colocación de nuevos obstáculos que pudieran ser un factor determinante para la seguridad de vuelo de las aeronaves.

Hasta el año 2016, el proceso antes comentado ha seguido la misma hoja de ruta adaptando los medios materiales utilizados al ritmo del desarrollo tecnológico. En 1992 se recibió la primera Cessna Citation V que, unida a la adquisición en 1995 de la cámara aerofotogramétrica *Wild-Leica RC-30* y al sistema ASCOT⁽²⁾, aumentaba la capacidad fotográfica del CECAF.

A finales del año 2016, este Centro adquirió una cámara fotogramétrica digital de gran formato *UltraCam Eagle Mark 2*, lo que le ha permitido abandonar los procesos analógicos y unirse a los avances tecnológicos de última generación. Este cambio ha supuesto la readaptación de los ciclos de trabajo en todas las facetas involucradas, desde la planificación y ejecución del vuelo, al almacenaje y transmisión de los datos en servidores de gran capacidad. Los procesos fotogramétricos actuales de excelente calidad han permitido la generación de diferentes productos geoespaciales⁽³⁾, así como el desarrollo de nuevos flujos de trabajo. Uno de ellos es, por ejemplo, la detección semiautomática de obstáculos en zonas alrededor de instalaciones aeronáuticas.

La base de datos aeronáuticos del CECAF, donde se introducen, entre otros, los obstáculos detectados mediante el proceso descrito en el párrafo anterior, también ha evolucionado con el paso del tiempo, adaptándose a los estándares más avanzados. El modelo de datos e intercambio de información ha sido actualizado al AIXM 5.1. (*Aeronautical Information Exchange Model*), posibilitando el intercambio de información aeronáutica normalizado con otros organismos.

Aunque soy consciente de que el presente y el futuro pertenece a los productos geoespaciales digitales, me gustaría, también, hacer una breve reseña de los medios de impresión del CECAF. En los años ochenta del siglo pasado se potenció la Sección de Artes Gráficas con la adquisición de la máquina offset *Roland Rekord* de impre-

⁽²⁾El sistema ASCOT permitía cargar en la aeronave un proyecto de vuelo previamente diseñado, lo cual facilitaba a la tripulación la ejecución del mismo. También se obtenían las coordenadas de los centros de proyección y los giros de cada una de las imágenes, reduciendo el número de puntos de apoyo a medir y mejorando el posterior cálculo de la aerotriangulación.

⁽³⁾Ortofotografía tradicional y "True-Orto" (RGBI), nubes de puntos por correlación automática (1 punto/píxel), MDS (Modelo Digital de Superficie) y MDT (Modelo Digital del Terreno) de excelente calidad.

sión a cuatro colores, con el objeto de que el Centro fuese autónomo en procesos de impresión de la cartografía que producía. Esta máquina ha estado en funcionamiento hasta el año 2019, habiendo prestado un servicio de incalculable valor a la actividad del CECAF y, por ende, al Ejército del Aire durante casi cuarenta años. No obstante, todo evoluciona y, gracias a la reciente cesión de maquinaria del Boletín Oficial del Estado, actualmente se opera la *Heidelberg Speedmaster SM-102*, una máquina offset que ofrece un avance tecnológico considerable, el cual, junto con los medios de impresión digital disponibles, servirá para mejorar y extender la capacidad de impresión del Centro en las próximas décadas.

EL FUTURO PRÓXIMO

En mi opinión, el futuro de una organización se cimenta en tres pilares estratégicos: el recurso humano, los medios materiales y el recurso financiero.

El personal del CECAF se caracteriza por estar altamente cualificado y por tener una tasa de permanencia elevada en la unidad, lo que le confiere la experiencia necesaria que debe ir acompañada de una formación permanente y continua. Además, disponer de personal docente que enseña lo que aplica diariamente en su puesto de trabajo, hace del CECAF un centro docente de referencia en el ámbito de los productos geoespaciales aeronáuticos en las Fuerzas Armadas españolas.

El recurso material siempre está condicionado a la disponibilidad de medios económicos para poder actualizar, o adquirir, aquellos medios que permitan a la organización posicionarse lo mejor posible en la carrera de fondo de los avances tecnológicos.

El CECAF, en relación a la disponibilidad de los recursos comentados, está involucrado en el desarrollo de un procedimiento de detección semi-automático de obstáculos aeronáuticos, el cual, mediante la utilización de diferentes metodologías, pueda alcanzar una alta producción, calidad y viabilidad. Los vuelos fotogramétricos con la cámara digital de gran formato permiten obtener, mediante tecnología de correlación automática de puntos (1 punto/píxel de la imagen), modelos digitales de superficies muy precisos que, mediante un proceso de comparación con los modelos digitales del terreno y con los modelos digitales de las superficies limitadoras de obstáculos, detectan la existencia de los obstáculos, obteniendo su localización planimétrica, la altura del mismo y las vulneraciones respecto a cada una de las superficies limitadoras de obstáculos. El operador de restitución únicamente tiene que validar el obstáculo y «metadatarlo» según normativa. Si el operador tiene dudas, puede medir

el obstáculo mediante estereoscopia o derivarlo para una medición topográfica.

El uso de drones o RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) ha ido creciendo en los últimos años y su empleo seguirá expandiéndose en el futuro alcanzando avances importantes en la calidad de la carga de pago y en la precisión de la geolocalización. En este entorno, el Centro lleva desde 2016 involucrado en programas de este tipo. En concreto, en el proyecto RAPAZ, consistente en la evaluación operativa de RPAS clase I⁽⁴⁾ con fines cartográficos. Para áreas reducidas, el empleo de este tipo de RPAS proporciona una alternativa económica a los levantamientos topográficos tradicionales que se puede extrapolar al despliegue de efectivos de las Fuerzas Armadas en zonas de operaciones donde se carezca de cartografía o productos geoespaciales.

Éstos son, a modo de ejemplo, algunos de los proyectos que el CECAF tiene en desarrollo en la actualidad.

Y, cómo no, para finalizar es ineludible mencionar que el futuro de esta Unidad «única» del Ejército del Aire reside, también, en algo que el CECAF lleva haciendo desde hace muchos años, como es el mantener esa buena y estrecha colaboración que existe con los demás centros cartográficos «hermanos» de las Fuerzas Armadas y con los organismos competentes en esta materia de otras instituciones y universidades de nuestra Nación.

⁽⁴⁾Los RPAS clase I son vehículos con un peso al despegue inferior a 150 kg.





Evolución del Catastro: Directrices Internacionales

Amalia Velasco

Coordinadora de Relaciones Internacionales en la Dirección General del Catastro

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 128-129
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Las **diferentes organizaciones internacionales** del sector han emitido a lo largo de los años documentos, directrices y recomendaciones en el ámbito catastral que analizándolas, nos dan una clara idea de donde **estábamos** hace 30 años, donde **estamos** ahora e incluso nos permiten aventurarnos sobre donde **estaremos** dentro de unos años. Estos documentos carecen de fuerza vinculante alguna; sin embargo, tienen como efecto el establecimiento de pautas de actuación que permiten a las autoridades nacionales dedicadas al Catastro la modernización y mejora de sus sistemas, que, siendo diferentes, como lo son la historia y la cultura de cada país, comparten sin duda una base común.

Podemos comenzar este repaso en los años 90 del pasado siglo cuando la Comisión Económica para Europa de la ONU publicó sus **Directrices sobre Administración del Territorio** <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/hlm/documents/Publications/land.administration.guidelines.e.pdf> que sirvieron de base para el establecimiento de mercados de la propiedad inmobiliaria en países en transición a la economía de mercado y para la modernización de los sistemas de catastro y registro de los países de Europa occidental.

En la misma línea la FIG publicó en 1998 uno de sus documentos más importantes en el ámbito catastral. Fue el denominado «**Catastro 2014, una Visión para un Sistema Catastral Futuro**» <http://www.fig.net/resources/publications/figpub/cadastre2014/translation/c2014-english.pdf> que definió 10 principios que deberían cumplir los catastros en 2014 para adaptarse a los cambios tecnológicos y sociales de aquel momento. Como por ejemplo:

- Tener toda la documentación digitalizada, que no lo estaba en 1998, y trabajar solo digitalmente.
- Manejar un Sistema de Información Catastral con datos integrados gráficos y alfanuméricos.
- Definir servicios para atender las necesidades de los usuarios, que en 1998 casi no existían.
- Colaborar con el sector privado: El catastro dejará de ser un tema exclusivo de la administración y se trabajará en conjunto con el sector privado
- Mostrar una imagen completa sobre la situación legal del terreno señalando tanto los derechos como las restricciones.

Todos estos vaticinios con el tiempo se han cumplido, o están en proceso de cumplirse, en la mayoría de los sistemas catastrales. Sin embargo señalaba también que el catastro se mantendría con la venta de sus productos, vaticinio que actualmente está totalmente en cuestión con la política de datos abiertos y gratuitos al servicio de los ciudadanos y considerarse ya en muchos países un servicio público que debe estar mantenido y asegurado por el estado.

Con la aprobación de la Directiva Europea INSPIRE, el desarrollo de la tecnología, sobre todo de las tecnologías de comunicación; el descubrimiento por parte de la sociedad de los datos geográficos; el cambio climático y los retos medioambientales; la creciente urbanización y desertización, entre otros factores, llevaron a la FIG a publicar en Diciembre de 2010 una nueva visión del papel del catastro con el título: **Del Catastro a la Gestión del Territorio en apoyo de la Agenda Global**. https://www.fig.net/resources/monthly_articles/2010/december_2010/december_2010_enemark.pdf. Este documento analiza el papel del catastro en sus cuatro vertientes: propiedades, valores, uso de la tierra, y desarrollo del territorio como motor para el buen gobierno; y concluye que el papel del catastro ha evolucionado con el tiempo, y de servir principalmente como base de la imposición inmobiliaria y/o de la seguridad de la propiedad ha pasado a ser la clave para la gestión del territorio y de los recursos naturales en apoyo de las políticas nacionales y de la agenda global. En definitiva, cómo ha pasado a convertirse en un **catastro multipropósito** y en un elemento del esqueleto básico sobre el que todo gobierno debe basar sus políticas.

Para completar esta visión, superados en muchos países los conceptos que se recogían en el documento de Catastro



2014, en 2012 la FIG publicó junto con *GSDI (Global Spatial Data Infrastructure)*, otras «directrices» sobre cómo debe ser un modelo catastral al servicio de las políticas públicas y de las actividades privadas: <http://www.fig.net/pub/figpub/pub58/figpub58.pdf> Este documento explica el concepto de «**sociedades con habilidades espaciales**» (SES) que son las que hacen uso y se benefician de una amplia gama de datos espaciales- sobre y bajo tierra-, información y servicios, con el fin de supervisar, planificar y gestionar de forma sostenible. En estas directrices se recalca el papel del catastro para ayudar a los gobiernos y a la sociedad, **no solo a gestionar información espacial, si no a gestionar información espacialmente**, matiz muy diferente. Además en comparación con los documentos anteriores de la FIG, abre la visión hacia un mundo más globalizado en el que todas las naciones y todos los catastros deben de pensar en combinar datos para afrontar los grandes retos globales y el desarrollo sostenible.

Sin embargo, después de todo lo avanzado, se calcula que aun actualmente el 75% de las propiedades en el mundo no están correctamente catastradas, lo que constituye un impedimento para el logro y monitorización de los Objetivos de Desarrollo Sostenible definidos por Naciones Unidas. Por ello en 2020, el Grupo de Expertos en Administración y Gestión de Tierras de la ONU ha considerado necesario elaborar el documento **Marco para la Administración Efectiva de la Tierra (FELA)** http://ggim.un.org/documents/FELA_draft_final_Es.pdf, que es la guía que las Naciones Unidas asume como referencia para desarrollar, reformar, fortalecer o modernizar los sistemas de administración del territorio y que señala como **pilares de un buen sistema: el mantenimiento de los datos; los estándares internacionales y la interoperabilidad; la accesibilidad y la transparencia; y la capacitación**. Consolida el principio de que los datos se deben de tomar una vez, de forma colaborativa, en un modelo estándar y ponerse después al servicio de los usuarios de forma que sean combinables con otros datos.

Es importante señalar que este documento se hace siguiendo los principios de otro **Marco Integrado de Información Geoespacial** <http://ggim.un.org/UN-GGIM-Integrated-geospatial-information-framework/> que de forma similar al FELA, es la guía que las Naciones Unidas asume para el desarrollo y el fortalecimiento de las infraestructuras de datos geoespaciales y que recoge entre sus datos geoespaciales fundamentales: **las parcelas catastrales, las direcciones y los edificios**, temas todos de responsabilidad del catastro en la mayoría de los países. Estos dos documentos nos dan las pautas de cómo deben de ser nuestros datos catastrales en el futuro, señalando que a medida que los datos se comparten entre diferentes organizaciones, es cada vez más importante que utilicen los mismos estándares. Los datos que cumplen con los estándares reconocidos serán más fáciles de **combinar** con otro conjunto de datos que

cumpla con el mismo estándar y es particularmente importante cuando los datos se producen en un formato legible por ordenadores en procesos automáticos.

Además, en nuestro ámbito, existe una creciente necesidad de armonizar los datos catastrales a nivel europeo para poder utilizarlos como apoyo de muchas políticas europeas y globales. Por ejemplo para que sirvan para la ubicación de los datos estadísticos de Eurostat o combinados con otros datos se utilicen para el seguimiento de las políticas medioambientales, de seguridad o para emergencias. La Comisión Europea considera también que los datos catastrales deben de estar abiertos y gratuitos para su utilización por las empresas y ciudadanos europeos, potenciando con ello la creación de servicios de valor añadido y la transparencia y seguridad del mercado inmobiliario europeo.

Siguiendo toda esta evolución y los desarrollos que están poniendo en marcha los países más avanzados, ¿cómo creo yo que será el catastro del futuro? Creo que se constituirá como la plataforma que integre toda la información digital existente que afecte a los bienes inmuebles: datos físicos y jurídicos, valores, imposición inmobiliaria, restricciones públicas, urbanismo, infraestructuras(gas, electricidad, agua) etc..., donde los datos sean mantenidos por cada institución responsable, ofreciéndosela a través de servicios a las instituciones públicas y a los ciudadanos; servicios estándares que deben proporcionar datos estándares interoperables, y que sean capaces de adaptarse a las necesidades de los usuarios. Un sistema donde los bienes inmuebles nazcan digitalmente en catastro y se compartan digitalmente en formatos en 3D entre todos los agentes que actúan en el tráfico inmobiliario y en las políticas que afecten a los bienes inmuebles y al territorio.



INTRODUCCIÓN

Si echamos la vista atrás en estos últimos 30 años podemos ver la gran evolución que se ha producido en nuestra sociedad. Ciñéndonos al ámbito de la Ingeniería Topográfica, podemos destacar, entre otras cuestiones:

- 1.- Cambios surgidos en las enseñanzas universitarias, conceptos como graduado o máster, han sustituido a ingeniero técnico o ingeniero.
- 2.- Nuevos planes de estudios.
- 3.- Llegada de nuevas tecnologías.
- 4.- Nuevas oportunidades en el mercado laboral.

CREACIÓN DEL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Si analizamos la evolución de las enseñanzas universitarias nos encontramos con lo siguiente:

En 1998, los ministros de enseñanza de Alemania, Francia, Italia y Reino Unido firmaron la declaración de la Sorbona cuyo objetivo era crear un Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) que permitiera el desarrollo de un marco común de enseñanza y de aprendizaje.

En 1999, los ministros de enseñanza de 29 países, firmaron la Declaración de Bolonia. En la actualidad, son 49 países los que participan en el plan Bolonia. En ella se establecen los principales objetivos orientados a la consecución de una homologación de la enseñanza superior europea con el fin de fomentar la libre circulación de estudiantes y aumentar el atractivo internacional de la educación europea.

La Declaración de Bolonia plantea, entre otras, las siguientes metas:

- 1.- Reestructurar el sistema de enseñanza de acuerdo a **tres niveles**:
Grado (240 ECTS), Máster (60ECTS-120 ECTS) y doctorado.

Donde el ECTS (Sistema Europeo de Transferencia de Créditos), constituye una nueva medida del tiempo invertido en cursar cualquier título de enseñanza superior.

El crédito ECTS valora las horas correspondientes a las clases lectivas, las horas de estudio, las horas dedicadas a la realización de seminarios, trabajos, prácticas o proyectos, y las exigidas para la preparación y realización de los exámenes y pruebas de evaluación. El número de créditos ECTS por curso es de 60.

Se pasa de un concepto de crédito, que valoraba el **esfuerzo del docente** al concepto de crédito que valora el **esfuerzo del alumno/a**.

- 2.- **Establecer un sistema común de créditos.**
- 3.- **Implantar un Suplemento Europeo al Título.**
- 4.- **Fomentar la movilidad de estudiantes y profesores dentro del EEES.**
- 5.- **Promover la cooperación europea para garantizar la calidad de los estudios superiores** de acuerdo a criterios equiparables.

BREVE RESEÑA HISTÓRICA DE LA TOPOGRAFÍA

Si realizamos un breve resumen de la historia de la topografía debemos comentar que, hasta mediados del siglo XX, la instrumentación básica era el teodolito, taquímetro, nivel, cintas, estadías.

La aparición de los distanciómetros supuso un gran avance en el mundo de la topografía a lo que hay que añadir los primeros «ordenadores». Es decir los métodos de captura de datos y cálculo empezaban a cambiar.

Por otro lado, el gran impulso de las infraestructuras en nuestro país, motivó un gran aumento en la demanda de ingenieros en topografía.

Si bien la distanciometría supuso un cambio en la topografía, desde mi punto de vista la verdadera revolución en esta ingeniería se produce con las técnicas de medidas con GNSS.

El no ser necesaria **la intervisibilidad** entre puntos para poder medir, por ejemplo, nos cambia la metodología de diseño de redes geodésicas y topográficas (geometría, precisiones, grandes distancias, figura de la Tierra...)

Si a la llegada del GPS añadimos los grandísimos avances en lo que denominamos **TIC** (Tecnologías de la Información y la Comunicación), muy necesarios en la actualidad para el desarrollo de nuestra Ingeniería, llegamos a la conclusión de la **«Transversalidad de nuestra ingeniería»**.

Todo lo anteriormente comentado supuso un reto en las Escuelas donde se formaba al ITT para lo cual era necesario una continua actualización del profesorado en las materias que impartían debido a la rápida evolución de las mismas.

Mayoritariamente, el egresado de las Escuelas ejercía su labor profesional en grandes constructoras y por ello éramos conocidos, es decir, **al ITT en general**, se le asociaba con una Estación Total en una obra midiendo, pero la labor de dicho ingeniero, como de todos los profesionales del sector, sobrepasa y con mucho esos conocimientos,

Esto provocó, cuando llegó la crisis en nuestro país, la disminución de demanda de nuestros profesionales y como consecuencia, pasó de ser un campo dónde se exportaba ingenieros de otros países a tener que emigrar y buscar trabajo fuera de España (lo mismo que ha sucedido con otras profesiones).

EVOLUCIÓN DE LA TOPOGRAFÍA Y LA PROFESIÓN DE I.T

Desde mi punto de vista, dos factores, fundamentalmente han provocado la revolución de la Ingeniería Topográfica:

- 1.- **La facilidad y rapidez en la toma de datos**, así como **la sencillez en el manejo de equipos**. Se pasó de una carrera donde uno de los objetivos era la captura del dato (métodos de medida) al análisis de una enorme cantidad de datos, no sólo se trata de capturar datos, sino su cálculo, análisis y difusión de dichos datos.
- 2.- **La aparición de nuevos equipos RTK, VRS, sistemas inerciales, métodos satelitales de observación de la Tierra, BIM. UAVs, Laser Scanner, Big Data, IDEs, Realidad aumentada, etc.**, nos ha hecho replantearnos las metodologías, y son necesarios nuevos conocimientos y habilidades para desarrollar nuestra profesión. En

definitiva, nuestra Ingeniería, no solo pertenece al área de conocimiento de la Obra Civil, dónde somos perfectamente conocidos y reconocidos, sino también al área TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones).

Todo esto ha motivado la aparición del nuevos términos como Geomatica, Geoinformática, Geoespacial, entre otros.

En definitiva, la topografía ha pasado de ser una ingeniería conocida, por lo general, en el mundo de la Obra Civil a ser una ingeniería, como comentaba anteriormente transversal y muy relacionada con el campo de las Tecnologías de Información y Comunicaciones.

La Universidad debe recoger todos los cambios que se producen y se vayan a producir en la Sociedad con la finalidad de preparar profesionales que la Sociedad demanda. Desde este punto de vista la ETSI En Topografía, Geodesia y Cartografía de la UPM abordó, aborda y abordará los cambios en los planes académicos (en este aspecto el Plan Bolonia nos permite ser muy ágiles en realizarlos). En definitiva pues **«Es fácil entender la necesidad de ofertar nuevos títulos que recojan las necesidades cambiantes de nuestra sociedad»**.

ENSEÑANZA EN LA ACTUALIDAD (UPM)

Las enseñanzas están inmersas en una constante revolución que exige consenso y cambios. En un periódico leía que el 65% de los niños entre seis y diez años van a trabajar en una profesión que aún no existe, nuestro deber es estar preparado para cuando esto ocurra.

Por otro lado comentar la relevante iniciativa de **Naciones Unidas** sobre la Gestión de la Información Geoespacial Global, conocida por sus siglas en inglés **UN-GGIM** (Global Geoespatial Information Management).

Así, en el documento «Tendencias a futuro en la gestión de información geoespacial: La visión de cinco a diez años» se plantean claramente las perspectivas y necesidades de una disciplina en continua evolución, la **Geomática**, que se adapta a los vertiginosos cambios tecnológicos y a las nuevas necesidades de la Sociedad.

«La proliferación de sensores de bajo costo, tecnología simple y conexiones en red... implicará la creación de cantidades de datos.

La creación de estas grandes cantidades de datos

hará necesaria la habilidad de obtener provecho de todos ellos, y dicha necesidad por sí misma impulsará la demanda de información geoespacial, conforme la gente recurra a la localización para ayudar a encontrar sentido e identificar patrones del mar de datos que se está creando».

Comprender la ubicación y lugar es un componente fundamental para una toma de decisiones efectiva.

Las aeronaves no tripuladas del sector civil son un complemento de las imágenes satelitales y por otros medios aéreos.

Cada vez son más precisos los sensores ópticos.

Las mejoras en misiones de gravimetría satelital ya comienzan a desafiar la manera en que se definen los sistemas verticales de referencia.

Los marcos de referencia se están definiendo con mayor precisión a medida que se desarrollan las técnicas: GNSS, SLR, VLBI, DORIS.

Los marcos de referencia están alineados con los ITRF, esto facilita la interoperabilidad y unificación de los paquetes de datos de información geoespacial.

En Europa, la importancia de la Geomática está reconocida al amparo de la Directiva INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe), que establece las reglas generales para el establecimiento de una Infraestructura de Información Espacial en la Comunidad Europea basada en las infraestructuras de sus Estados miembros (Directiva 2007/2/CE).

A partir de todo lo comentado anteriormente, la ETSI En Topografía, Geodesia y Cartografía de la UPM realiza una oferta académica desde el curso 2017-2018 dos nuevos Grados que modificaron la oferta existente hasta ese momento (Grado en Geomática y Topografía):

Grado en Ingeniería Geomática: Hereda las atribuciones profesionales del Grado en Ingeniería Geomática y Topografía (Ingeniero Técnico en Topografía).

Grado en Ingeniería de las Técnicas de Información Geoespacial.

Así mismo oferta dos másteres oficiales:

Máster en Ingeniería Geodésica y Cartográfica.

Máster en Análisis de Riesgo Sísmico mediante tecnologías geoespaciales.

La oferta académica se completa con un programa de doctorado impartido entre las Universidades Politécnica de Madrid y de Valencia

Doctorado en Ingeniería Geomática.

En este artículo se ha tratado de realizar un análisis de la Ingeniería Topográfica en los últimos treinta años así como la puesta a punto, desde una perspectiva universitaria, de la actualización de los planes de estudios, en continuo desarrollo con el fin de dar respuesta a nuestra sociedad, cada vez más cambiante, en la formación de profesionales en el ámbito de nuestra ingeniería, los cuales será capaces, a partir de su formación de resolver los problemas que se vayan planteando.

CONCLUSIÓN

Si en los últimos treinta años la evolución de la Ingeniería Topográfica ha sido incuestionable, en los próximos años dicha evolución se realizará de una forma más pronunciada, por lo cual debemos estar preparados y para ello es necesario que desde ahora mismo se empiecen a poner los cimientos que formen a las generaciones venideras.

La formación académica y su adaptación a las nuevas tecnologías tiene que ser un objetivo y una necesidad, esto nos abrirá nuevos nichos de mercado, nos permitirá seguir siendo útiles, necesarios e imprescindibles a nuestra sociedad.

Tenemos conocimientos, ilusión, ganas de seguir aprendiendo y mejorando con el fin de transmitir todo este bagaje acumulado en los años de nuestra profesión.





Nuevas formas de captar y procesar el dato

Enrique Veloso Obregón

Consultor de soluciones de negocio en Geomática y Catastro de IECISA.
División: Ingeniería | Departamento: Geo Analytics & Big Data

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 134-135
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Me resulta complicado hacer una valoración desde el punto de vista personal sobre donde nos encontrábamos en el sector hace 3 décadas, pues en esa época yo tenía 9 años y mi conocimiento sobre las Ciencias de la Tierra y la Geomática, se limitaban a los escasos mapas temáticos que, a modo ilustrativo, aparecían en los libros de texto de la Educación General Básica, para representar datos demográficos, climatológicos o del avance de los cartagineses a través de los Alpes.

Lo cierto, es que aún recuerdo que no había nada más clarificador para un niño como yo, que la representación de algo tan complejo como la demografía o la ubicación espacial de un concepto tan etéreo como el clima de los diferentes lugares. Esos mapas con su representación simplificada de la realidad permitían de un golpe de vista y de una manera muy clarificadora, que todos esos conceptos indefinidos y difíciles de explicar mediante palabras, se acabasen grabando a fuego en la memoria de una manera rápida y sencilla, tan solo con un golpe de vista y una pizca de atención. En ese preciso instante y sin saberlo, se estaba empezando a cuajar lo que a la postre sería mi interés por la cartografía y la representación espacial.

Pasaron los años de colegio e instituto y fue aquí cuando finalmente tuve que tomar la decisión sobre qué camino emprender para continuar con mi formación universitaria y enfocar mi vida profesional. La decisión fue fácil, ingresar en la Escuela de Topografía de la Universidad Politécnica de Madrid. Aquí empezó todo.

Aún recuerdo mi paso por la universidad con mucho cariño, fue en esos primeros años donde decidí que ramas de la Geomática resultaban de mayor interés para mi desarrollo profesional y creo que en ese sentido lo enfoqué de una manera muy afortunada gracias sobre todo a la marca que dejaron en mi profesores tan brillantes y exigentes como lo eran Miguel Ángel Bernabé, Miguel Ángel Manso, Francisco García Cepeda o Antonio Federico Rodríguez Pascual; cada uno de ellos especializados en ámbitos tan diferentes como el diseño cartográfico, las bases de datos y la programación, los SIG, la fotogrametría y la calidad y normalización de la información geográfica, pero que supieron encender esa chispa en mi interior que despertó mi interés por esas ramas de la geomática.

Fue a partir de este momento, a principios del año 2000, cuando tuve la gran suerte de tener mi primera toma de contacto en el mundo académico, con las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs), los Sistemas de Información Geográficos (SIG) y de conocer el valor de la estandarización de la Información Geográfica de Referencia de la que se nutrían las IDEs para ofrecer sus diferentes servicios. En ese época también empecé a tomar constancia del papel tan trascendente de debía de tener sobre las IDEs y las herramientas en general de visualización geográfica, el diseño y el rendimiento de las plataformas sobre las que se sustentaban, para que resultasen más accesibles, vistosas, usables y abiertas a la mayor parte de la ciudadanía, expertos o no en la materia.

En el año 2004 pasé a formar parte del Laboratorio de las Tecnologías de la Información Geográfica y a raíz de ello, comencé a trabajar en el departamento de cartografía informatizada, de una de las instituciones de referencia en el mundo cartográfico, la Dirección General del Catastro de España. Allí, tuve el privilegio de adquirir importantes conocimientos de la gestión Catastral, la gestión alfanumérica del dato mediante BBDDGG, los automatismos de producción masiva de Información geográfica y la importancia de las plataformas colaborativas de producción cartográfica, así como las iniciativas privadas de visualización, que durante mi estancia en la DGC empezaron a implantarse con gran fuerza en la sociedad y en el sector (OSM, Google Earth, Google Maps ...).

Con la llegada de estas nuevas herramientas, donde se primaban conceptos como la usabilidad, el visionado, la potencialidad y la capacidad de generar Información geográfica a gran escala y detalle, de una manera altruista, por encima de otros conceptos más básicos e implantados en el sector, como lo son la precisión o la oficialización y veracidad del Dato Geográfico publicado, se abrió un debate entre profesionales y no profesionales que se posicionaban a favor o en contra de esta nueva corriente de herramientas, con unas capacidades de accesibilidad y llegada a la sociedad en general, como nunca antes había se había experimentado en el sector.

Desde mi punto de vista, La aparición de este tipo de herramientas, fue una de las cosas más notables que le pudo pasar al sector geográfico por diferentes motivos; el

primero de todos y ya mencionado, fue la capacidad que tuvo de acercar el mundo de la visualización geoespacial a toda la población en general. Sin necesidad de ser un erudito en la materia, te ofrecían la posibilidad mediante un simple registro y a golpe de ratón, la representación cartográfica de tu calle y además de todo esto, estas herramientas eran tan potentes que se movían a una velocidad de vértigo en comparación con cualquier otra herramienta cartográfica conocida hasta el momento. Todo esto posibilitó una mayor demanda a la hora de consumir datos geográficos como nunca antes había existido. La información geográfica empezó a ser tan accesible como pretendida.

Lejos de desaparecer o estancarse, estas herramientas y el entorno que las sustentan han permitido con cada año que ha pasado, ser más potentes, estar más consolidadas y ser más usadas por la sociedad, siendo hoy día herramientas de uso tan cotidiano, que las usamos hasta sin querer, de una manera globalizada.

Esa globalización que ha supuesto la aparición de este nuevo concepto de consumir datos geográficos, ha hecho que la demanda de los mismos haya crecido de manera exponencial y por lo tanto esa demanda solicite cada vez en mayor medida, más datos georreferenciados, más actualizados, imágenes con más resolución, mayor capacidad de análisis, mayor capacidad de cómputo, mayor capacidad de almacenamiento y posibilidades de

predicción y de automatización de procesos antes impensables. En este sentido, herramientas como el software de ESRI (siempre han estado ahí), la ya mencionada Google, CARTO o la aparición de otras novedosas como GEO, han sabido adaptarse a estas nuevas exigencias y demandas, siendo referencias del sector y líderes en producción y representación de la información geoespacial adaptada a los nuevos tiempos a nivel mundial.

También han surgido nuevas plataformas y metodologías para obtener datos geográficos, como por ejemplo el Mobile Mapping, la sensorización y los equipos de captura de imagen embarcada en UAVs, helicópteros u otras plataformas. Estas plataformas, se salen de los cánones convencionales de captura y procesamiento del dato tradicional, pero ofrecen más posibilidades en cuanto a rendimientos, optimización de recursos y tiempos de disponibilidad, sin perder precisión y ganando detalle. Estas nuevas formas de captar y procesar el dato, con rapidez, precisión y detalle, combinadas con la analítica avanzada, la gestión de grandes volúmenes de datos, la capacidad de cómputo e infraestructura para el almacenamiento y la gestión de todos esos datos geográficos generados, es por donde desde mi punto de vista debe de avanzar el sector para competir en un mundo donde la inmediatez de disponer de un dato preciso, empieza a primar por encima de la rigidez y lentitud de los procesos más convencionales de generación de esa misma información.



Hacia una inteligencia geográfica imposible de imaginar por el cerebro humano

Ángeles Villaescusa

Directora General de Esri España

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 136-138
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Hablar de mapas es adentrarse, posiblemente, en uno de los mundos más fascinantes que se conocen. Ya el propio término *mapa* tiene una etimología curiosa puesto que, en origen, el término púnico *mappa* hacía referencia a las telas o toallas con las que daban inicio a las carreras circenses de carros de caballos. Más tarde, *mappa mundi*, ese término que ha llegado prácticamente intacto a nuestros tiempos, representaba las telas o los lienzos sobre los que se dibujaba el mundo. Ya en su propio nombre, los mapas guardan la reveladora historia de un mundo invisible a nuestros ojos.

Cuando a finales de los 80 los Sistemas de Información Geográfica llegaron a España, lo hacían como una tecnología madura. Treinta años antes, el surgimiento de la Informática había sentado las bases de una nueva Geografía cuantitativa e informatizada. Un grupo de geógrafos e informáticos desarrollaban desde un laboratorio de la Universidad de Harvard los primeros programas de cartografía, sentando el germen de lo que serían los conceptos y aplicaciones GIS.

En este grupo de estudiantes estaba Jack Dangermond, quien en 1969 fundaría junto a su esposa, Environmental Systems Research Institute, Inc. (Esri), una consultoría que había surgido en el garaje de su casa dedicada a aplicar las capacidades informáticas de los mapas y el análisis espacial a problemáticas medioambientales. Probablemente, en ese momento, los fundadores de Esri no pensaban que treinta años después su Sistema de Información Geográfica ya estaría presente en países de medio mundo.

La llegada de la tecnología Esri a España a finales de los años 80 supuso el desembarco del GIS en la Administración, que vio en esta tecnología una oportunidad para avanzar en aspectos medioambientales y de digitalización de catastro. Ya no hablábamos de esa tecnología

gráfica rudimentaria de los inicios, sino de una tecnología elaborada que había dado un salto cualitativo gracias a la aparición de Microsoft Windows y al inicio de trabajo en entornos colaborativos.

En esta línea, el primer proyecto que se desarrolló en España con Esri fue el Mapa Forestal de Galicia, que lo llevó a cabo Eptisa. Tras esto, siguieron otros organismos: se digitalizó el catastro de todo el territorio nacional a través de una aplicación que permitía su mantenimiento, actualización y consulta de información a través de cédulas catastrales. Por otro lado, el Centro Municipal del Ayuntamiento de Madrid y la Agencia de Medio Ambiente de Andalucía también hicieron uso de esta tecnología que, paradójicamente, llegaba para digitalizar procesos cuyos mapas luego se imprimían en papel.

ESRI ESPAÑA: TRES DÉCADAS DE ALTA TECNOLOGÍA

En 1991 se erigió Esri España y, con ello, se dio un nuevo paso hacia la gestión de infraestructuras



y otros ámbitos asociados al geomarketing. Uno de los proyectos más reseñables fue el ERZ (Eléctricas Reunidas de Zaragoza), un sistema para gestionar la red eléctrica desde el GIS y conectar los sistemas de teledividida para poder hacer mantenimiento en campo, planificación de potencia, etc. Asimismo, el Banco Central Hispano dimensionó su red convirtiéndose en el primer proyecto de geomarketing.

Probablemente, si en aquel momento nos hubieran dicho en qué punto estaría el GIS en 2020, habríamos respondido con incredulidad porque el GIS no ha evolucionado solo, sino que lo ha hecho de la mano de un ecosistema tecnológico incapaz de imaginar en esa época y que ha cambiado la forma en la que concebimos nuestra realidad.

Los últimos treinta años han sido una época de desarrollo tecnológico sin precedentes, comenzando con la incursión de Microsoft Windows e Internet para terminar con el Cloud, Open Data, IoT, Big Data, Analytics, Realidad Aumentada, BIM, Realidad Virtual o Inteligencia Artificial, que se han colado en nuestro día a día, abriéndonos un universo de posibilidades que no siempre es fácil de seguir.

Asimismo, hitos como el lanzamiento del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) en la década de los 90 y los smartphones con capacidades de localización han cambiado la forma en la que concebimos del concepto del «dónde», así como nuestras expectativas a la hora de consumir la información o nuestra forma de trabajar. Y, durante este tiempo, los Sistemas de Información Geográfica no solo han sido capaces de adaptarse y aprovechar estas tendencias tecnológicas, sino también de integrarse con otras tecnologías y crecer ante esas nuevas realidades.

Hoy en día hablar de GIS es hablar de plataformas abiertas que proporcionan un marco de trabajo y un modelo de información y procesos que permite a nuestras organizaciones medir y visualizar a través de mapas; analizar y modelizar la realidad; planificar modelos actuación; en definitiva, ayudar en la toma de decisiones. Estas infraestructuras de datos geoespaciales integran todo tipo de datos, conectan personas, procesos, territorios, tecnologías, dispositivos y facilitan la colaboración con otras organizaciones.

Estamos en un momento en el que los Sistemas de Información Geográfica han conseguido derribar en pocos años todas barreras a las que nos enfrentábamos: ahora somos capaces de trabajar desde plataformas abiertas y colaborativas; analizar millones de datos desestructurados en cuestión de segundos; prever patrones de comportamiento y adelantarnos al futuro o integrar información agregada de diferentes

fuentes. Es decir, podemos crear modelos predictivos para adelantarnos a los acontecimientos al tiempo que somos capaces de poner en marcha aplicaciones móviles en pocos minutos.

En definitiva, contamos con una tecnología de alta calidad, potente, precisa, extremadamente sofisticada y segura, pero que también cuenta con la capacidad de desplegarse fácilmente y sin necesidad de desarrollo.

EL FUTURO: UNA INTELIGENCIA GEOGRÁFICA IMPOSIBLE DE IMAGINAR POR EL CEREBRO HUMANO

¿En qué momento nos encontramos ahora y hacia dónde vamos?. La pandemia de la COVID-19 ha hecho patente la necesidad de avanzar en un nuevo camino dentro de la evolución de la tecnología, especialmente de los Sistemas de Información Geográfica. Nos enfrentamos a una nueva etapa en la que, más que nunca, valdrá más prevenir que curar y los **modelos predictivos** se posicionan como soluciones imprescindibles para afrontar los próximos años.

En este sentido, y haciendo uso del GIS, ya se está trabajando en el proyecto CHIME (COVID-19 Hospital Impact Model for Epidemics), un modelo que proporciona información a los hospitales, ciudades y regiones para la planificación de capacidad en torno a COVID-19 al proporcionar estimaciones de nuevos ingresos diarios y hospitalizaciones actuales, ingresos en UCI, necesidad de respiradores, etc.

Asimismo, de igual modo que el desarrollo de las aplicaciones móviles ha supuesto una nueva forma de entender el consumo de información, la experiencia de usuario y las posibilidades del GIS, la situación que estamos viviendo va a potenciar la necesidad de trabajar con información en **tiempo real**: sensorización, agregación de grandes volúmenes de datos procedentes de diversas fuentes, análisis, visualización, comunicación, integración de tecnologías, etc. Esto pondrá de nuevo la vista en una tecnología capaz de dar respuesta a la necesidad de inmediatez y de adaptación a escenarios permanentemente cambiantes.

En relación a este aspecto, el papel de los **gemelos digitales** será esencial. La tecnología GIS se comportará como una fábrica de gemelos digitales capaz de unir el mundo que vemos con un infinidad de réplicas virtuales cambiantes, variables y resilientes ante un

escenario impredecible y en evolución constante. Los gemelos digitales permitirán a los organismos predecir en entornos virtuales lo que sucederá en el mundo real, dándonos la posibilidad de anticiparnos a cualquier situación y su resolución, con todas sus posibles variables analizadas.

Por último, no podemos dejar de hacer alusión a la GeoAI o, lo que es lo mismo, la **Inteligencia Artificial** adaptada al entorno Geográfico, algo que para quienes trabajamos con Sistemas de Información Geográfica tiene cada vez más protagonismo.

Es importante señalar que el uso de *machine learning* en ArcGIS no es algo novedoso puesto que la capacidad de análisis está en el ADN de los Sistemas de Información Geográfica y algunas de las herramientas de ArcGIS que conocemos trabajan en torno a técnicas de *machine learning* desde hace tiempo. En este sentido podemos hablar de predicción, clasificación y de *clustering*, aplicaciones que sin duda se irán perfeccionando con el paso del tiempo.

Aunque la evolución imparable, y cada vez más impredecible, de las tecnologías hace muy difícil prever su potencial y aplicaciones en los próximos 30 años, sí está claro que los Sistemas de Información Geográfica se convertirán en una inteligencia capaz de transformar nuestras ciudades a través un nuevo concepto de diseño urbanístico inteligente; nuestra movilidad, a través de la automatización de los vehículos que llevarán a bordo toda la información del gemelo digital de la ciudad en su cerebro. La planificación y diseño

de infraestructuras de todo tipo será una actividad soportada por una inteligencia geográfica imposible de imaginar por el cerebro humano; y los futuros GIS también serán la base de múltiples aplicaciones prácticas que cambiarán nuestra manera de enfrentarnos a crisis o catástrofes medioambientales o sanitarias, como la reciente pandemia de la COVID-19.

Si echamos la vista atrás y miramos con perspectiva histórica, podemos decir que el GIS ha evolucionado en tanto en cuanto lo ha hecho la tecnología, la disponibilidad de los datos y las necesidades y evolución de los diferentes sectores de aplicación. Se concibieron para utilizar en la gestión del territorio; más tarde, las compañías de infraestructuras, aguas y utilities lo incorporaron en su gestión; y, posteriormente, las entidades financieras y otras empresas que necesitaban analizar su mercado y su competencia. Hoy en día nuestro mundo sin un GIS sería totalmente diferente a como lo conocemos.

Los mapas han sido, desde sus inicios, las «telas» sobre las que se ha dibujado el mundo más allá de lo que ven nuestros ojos. Hoy en día los mapas son más que «telas», son la tecnología que no solo nos muestra el mundo que no alcanzamos a ver a simple vista, sino también los mundos que podríamos llegar a ver. Como siempre que hablamos de futuro en materia de tecnología y de mapas, prever hasta dónde podremos llegar es tirar una moneda al aire. Es muy probable que, como ha ocurrido tantas veces antes, la evolución tecnológica supere los límites de nuestra imaginación.





¿Hacia dónde vamos? Tecnología, ciencia ciudadana y selectividad de datos

Roberto Matellanes Ferreras
GEOBLOGGERS. Licenciado en Ciencias Ambientales

Juan Toro Rebollo
GEOBLOGGERS. Consultor experto Geoespacial – Ingeniero Técnico en Topografía

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 140-143
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Comparar el desarrollo que han sufrido las TIG y ciencias afines en sólo unas décadas puede darnos una idea de lo que está por venir. Un mundo rebosante de información donde, a diferencia del pasado, factores tecnológicos, el aporte de la ciudadanía, la necesidad de precisar la información y lo selectivos que seamos con los datos serán las pautas que determinarán nuestro trabajo.

Sólo unas décadas nos separan de un despliegue de tecnología, un uso de los datos procesados y compartidos por los usuarios y una nueva necesidad en la selección y filtrado de estos datos. Nuestros teléfonos móviles tienen más capacidad y rendimiento que la tecnología a bordo de la misión Apolo 11. Internet y las redes sociales son capaces de ofrecer y filtrar datos aportados por los ciudadanos y la inversión de tiempo que dedicamos a filtrar esa información se compensa con el tiempo que dedicábamos antiguamente a buscar los escasos datos disponibles.

Seguramente, los tres aspectos que más han influido en nuestro día a día e influirán en nuestro ámbito de trabajo serán las tecnologías, la ciencia ciudadana y la selectividad de datos.

TECNOLOGÍA

Nuestros primeros contactos en el mundo de la Topografía y el Medio Ambiente, allá por los años 90, se basaban en un cacharro algo más grande que una caja de zapatos que recibía señales de satélites GPS Navstar, los almacenaba en unas tarjetas de memoria que después, junto con las de otro dispositivo análogo colocado en otro punto, se introducían en ordenadores de diskettes de 5 pulgadas. Una forma novedosa de obtener coordenadas siempre que planificaras las horas de observación, ya que apenas había satélites en el horizonte y en algunos momentos del día no estaban disponible el mínimo de los cuatro satélites necesarios.

Con la llegada de algunos GPS asequibles, empezábamos a poder mapear coordenadas por el territorio para localizar la presencia de especies o delimitar parcelas, aunque la tecnología más segura que estaba en nuestra mano se basaba en una libreta de campo

para transcribir coordenadas y ángulos horizontales y verticales para no arriesgar la pérdida de información.

Algunos topógrafos se aventuraban a usar libretas o colectores electrónicos que, conectándolas a la estación total, hacían ese registro de ángulos e incluso de cálculo de las coordenadas, con lo que se evitaban ese pesado trabajo de oficina. Los estudios de Topografía punteros comenzaban a usar programas de dibujo asistido por ordenador para dibujar informáticamente los planos topográficos. Y el seguimiento de especies en campo (radioseguimiento) consistía en ir corriendo detrás de ellas con una gigantesca antena para identificar sus patrones de distribución.

Los viernes eran días clave para dejar procesando los datos cartográficos durante todo el fin de semana y esperar con ansia hasta el lunes para ver si los mejores 528 megas del mejor ordenador de la oficina habían conseguido procesar y guardar la información.

Desde entonces, hasta hoy, la tecnología ha avanzado a pasos gigantes. Las estaciones totales de hoy tienen un mejor registro interno, se mueven solas (robóticas), se pueden manejar desde el jalón (asistidas), ya son capaces de generar un plano topográfico, tener de fondo una ortofoto o de incluso conectar a internet para enviar en tiempo real los ficheros de trabajo a la oficina de proyectos. El medio ambiente puede ser monitorizado con estaciones climáticas, podemos predecir y realizar un seguimiento de desastres naturales gracias a infinidad de satélites que ofrecen datos abiertos. Los GPS son ya multiconstelación, por lo que hay llamarlos GNSS, pudiendo llegar a medir debajo de árboles o zonas inimaginables hace unos años. Ya no hay escondite para las especies, y sus movimientos y migraciones son seguidas a través de emisores cutáneos y collares. Podemos visualizar a las especies en tiempo real a través de cámaras o recibir imágenes a través de mensajes para saber qué está ocurriendo en campo.

Los postprocesos están en desuso, salvo para equipos de GIS, apenas necesitan una base ya que la corrección en tiempo real la proporcionan las estaciones de referencia GNSS permanentes o la banda L de algunos fabricantes de receptores.

Las nivelaciones de alta precisión dejaron de ser

complicadas salvo por unos sencillos cuidados a la hora de estacionar el nivel y la mira, la cual tiene un código de barras capaz de ser interpretado por el nivel sin necesidad de dejarse el ojo leyendo hilos superiores inferiores para hacer media con el central y comprobar que no hay equivocación.

Los drones irrumpen en la actualidad de la topografía y otras profesiones. Unos sencillos motores, acompañados de una cámara, vuelan por control remoto para mapear el territorio y generar planos de gran precisión aplicándoles técnicas fotogramétricas. Para la mayoría de los trabajos ya no es necesario volar un avión convencional o tener una brigada de topógrafos con sus equipos para levantar una parcela de grandes dimensiones. El dron reduce la dependencia de la disponibilidad de imágenes satélite pudiendo mapear el territorio para el análisis de tasas de cambio en el paisaje, realizar seguimientos catastrales o potenciar la actividad agraria como la agricultura de precisión.

Ahora no somos topógrafos, somos geomáticos porque usamos más el ordenador y las llamadas Tecnologías de Información Geoespacial. Integramos nuestras observaciones y coordenadas en proyectos multidisciplinares. No nos limitamos a entregar un plano acotado en papel o en fichero CAD.

Sistemas de escaneo 3D y Mobile Mapping hacen que ya se dimensione y se tomen decisiones en 3D sobre una pantalla. Planta, alzado y perfil a través del procesado de las nubes de puntos que se obtienen con esta tecnología, se analizan en conjunto sin trabajar planimetría y altimetría por separado.

BIM permite acudir a obras con un modelo y que sea éste el que se alimente directamente con las observaciones que haga un topógrafo. Ya no hay lugar para enormes carpetones con cientos de planos en papel y sus respectivas modificaciones para replantear una obra.

Otra tecnología que ha hecho su irrupción incipiente es la realidad virtual y la realidad aumentada. Una pantalla con GNSS proyectada sobre el terreno permite localizar elementos sobre el terreno, ver sobre ella los suministros que hay enterados o cómo quedaría visualmente la proyección futura de un proyecto.

Los GIS, o Sistemas de Información Geográfica, se empezaban a trabajar hace 30 años y había que ser un programador friki en una multiestación UNIX. Actualmente se han universalizado, todo ayuntamiento y organismo público que se precie tiene su GIS informático, o cualquier usuario puede recurrir a él para analizar y procesar datos cartográficos independientemente de su temática. A golpe de clic podemos saber el número de farolas que tiene un barrio o analizar el camino ópti-

mo que tiene que hacer un camión para recoger la basura, para que recorrido sea en menos tiempo y costes.

Si la tecnología ha mejorado nuestra vida diaria en las tres últimas décadas, ésta también es la causante del consumo de datos y la mejora en la precisión de la información disponible. Hasta hace unos años, podíamos tardar días o semanas en conocer qué había ocurrido en el lado contrario de la Tierra. Hoy en día, podemos conocer a la precisión qué está ocurriendo en cualquier parte del mundo y descargar o consumir sus datos con la llega del conocido near real time. Datos en tiempo real, con un desfase temporal de escasas horas o minutos, que permiten tener informada a la sociedad, descargar la información geográfica y localizar acontecimientos para una mejora en la gestión. Fenómenos de impacto en la sociedad pueden ser monitorizados gracias a satélites que nos ofrecen, en cuestión de minutos, la localización de un incendio con un margen de error de escasos centenares de metros. Imágenes satelitales están disponibles, prácticamente a diario, para analizar la evolución de las masas vegetales, la expansión de las ciudades o el retroceso de los glaciares a causa del Cambio Climático.

La tecnología ha sido capaz de crear y sostener una red, lo suficientemente robusta, como para nutrir a la sociedad de datos geográficos en tiempo real e incluso generar algoritmos de predicción futura a través de los datos históricos que van siendo archivados cada día.



CIENCIA CIUDADANA

Con el paso de los años, pocas cosas quedan por mapear y, en el futuro, lo que aún no esté georreferenciado, será llevado a cabo por cualquier usuario subiéndolo a una nube para su consumo por parte de los usuarios. Hace siglos empezamos mapeando la Tierra y los planetas. La cartografía actual más importante se caracteriza por el mapeo de sentimientos, comportamientos y problemas sociales.

La sociedad ha evolucionado hacia un punto en el que, el dato, es el propio usuario. Nuestro comportamiento, nuestros gustos, las fotografías, opiniones o lugares que visitamos, son monitorizados por aplicaciones dejando rastro de por dónde pasamos y qué hacemos cada día. Esto ha supuesto la incorporación de un grupo de datos geográficos no contemplados hasta ahora. Los mapas ya no están basados en límites administrativos y elementos territoriales de interés. A la geografía tradicional se le suman otras ciencias y aplicaciones como el marketing, la sociología, la psicología o la toxicología para localizar y representar información no mapeada ni analizada hasta ahora.

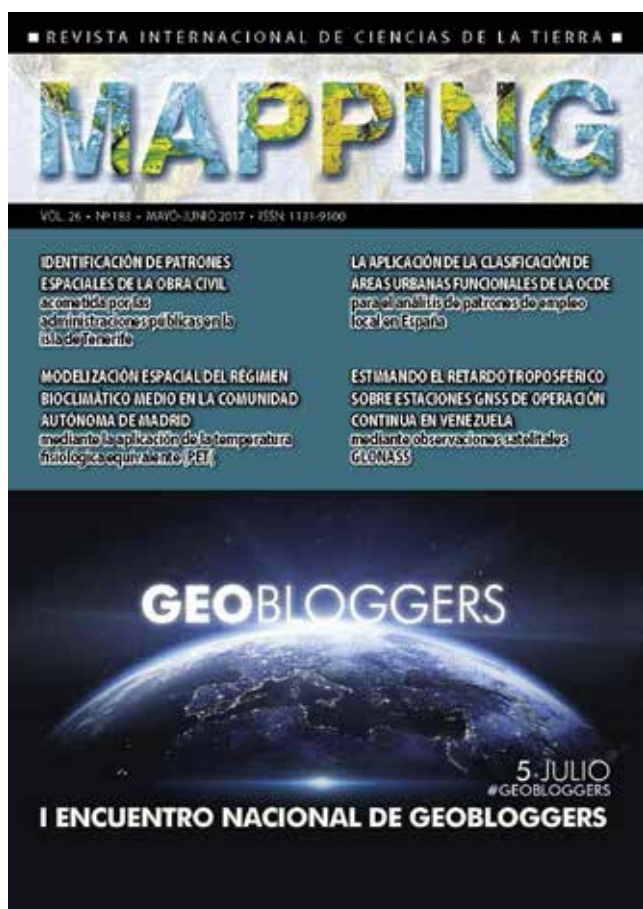
Estos datos, ofrecidos pasivamente, y a veces bajo el descuido por los usuarios, se complementan con

datos activos ofrecidos por iniciativas ciudadanas en la que la sociedad mapea y ofrece información de infinidad de aspectos sociales, políticos o ambientales. Es lo que se conoce como ciencia ciudadana y ha supuesto un incremento masivo de datos que, a nivel individual no tienen valor, pero a nivel global son una mina de oro en análisis en el ámbito económico y sociológico. Hoy, millones de usuarios toman y comparten datos georreferenciados para su tratamiento y consulta. Mapatones, hackatones y recolección de datos son una de las cosas que está ayudando al conocimiento científico y revolucionando la información, emergiendo conceptos como el Big Data, la ciencia de datos o el Learning Machine. Mientras hace unos años, escuetos datos eran procesados con fines científicos, actualmente, cualquier dato ofrecido por la ciencia ciudadana permiten analizar comportamientos y patrones de aspectos que nunca pensaríamos vincular con una coordenada. Las opiniones de la ciudadanía cuentan con coordenadas, las fotografías que tomamos durante nuestros viajes llevan coordenadas y nuestros teléfonos móviles dejan rastro de por dónde pasamos. Gracias a esta información y a los datos ofrecidos por organismos públicos y científicos, hoy en día, tenemos el open data y la posibilidad de disponer de datos abiertos, bajo cualquier temática, pudiendo usarlos con finalidades de lo más dispar. Cualquier temática es parte de los datos geográficos.

SELECTIVIDAD EN LOS DATOS

Nuestro comportamiento selectivo ante los datos es una de las cosas que más han cambiado a la hora de manejar datos espaciales. Si hace unos años había tan poca información disponible que pagábamos o nos agarrábamos a los únicos datos que podíamos disponer, hoy en día tenemos sobredosis de datos que pueden hacernos dudar en el recurso a utilizar o, peor aún, escoger el dato menos adecuado. Los avances tecnológicos, junto con la ciencia ciudadana, empiezan a ser un arma de doble filo a la hora de sondear y escoger la información pudiéndonos ahogar en un mar de datos.

Durante la evolución de las ciencias geoespaciales muchos hemos tenido que hacer frente a un enemigo importante: el volumen de información. El exceso de información en los datos y los formatos a los que hemos llegado en todo este tiempo ha supuesto avanzar hacia una selección minuciosa para la exclusión de datos innecesarios o inapropiados. La inversión de tiempo en la adquisición de información es, probable-



mente, lo que menos ha cambiado en los últimos 30 años y la que menos cambiará. La inversión de tiempo que hacíamos hace unas décadas para conseguir la información se equilibra actualmente con una inversión de tiempo para selección de información apropiada, tiempos en el procesado de datos o el aprendizaje de las nuevas tecnologías con las que gestionar la información.

Seguramente, el futuro, hará que la tecnología y la ciencia ciudadana terminen exterminando esta selectividad de datos en un futuro bastante próximo. Los datos y la tecnología serán capaces de retroalimentarse, basándose en nuestro patrón de trabajo, para generar algoritmos de éxito que terminen ofreciéndonos o sugiriéndonos la mejor opción ante un conjunto de datos o recreando datos en el vacío de una serie temporal.

¿Y MAÑANA, QUÉ?

¿Dónde estaremos dentro de 30 años? Si alguien piensa que el día de mañana ya estará todo medido y como profesionales en la Geomática, o cualquier ciencia que se nutra de datos geográficos, no tendremos razón de ser... se equivoca.

En una obra de replanteo de pilares a día de hoy, la estación total (sabiendo que botón apretar), ha sustituido al teodolito y la mira, en el futuro habrá otros aparatos los cuales ahora ni se nos pasan por la cabeza cuales serán

Si algo nos han enseñado las películas de ciencia ficción es que, en la mayoría de los casos, las tecnologías planteadas terminan siendo la inspiración de lo que vendrá en el futuro. ¿Sabíamos de drones o escáneres 3D hace 30 años? Evidentemente no, pero sí entendíamos cómo trabajaban porque la esencia de los conceptos físicos y la operatividad siempre es la misma. Sólo hay que combinarlo con tecnología y mejorar el producto.

Avanzaremos en tecnologías que facilite el trabajo, que aporten mayor rendimiento energético, que aminoren los olvidos, eviten fallos o tareas repetitivas. Lo único que habrá que hacer es entender la tecnología para aplicarla, y descubrir los ámbitos donde se puede aplicar, aunque ahora nos parezcan ámbitos inimaginables.

Socialmente, nuestro pasaporte, será un receptor de coordenadas que permitirá saber con quién nos hemos

relacionado, por dónde nos movemos y qué rutinas realizamos en los lugares que visitamos. Nuestro geopasaporte será el expediente de consulta sanitario, laboral o policial para saber qué hemos hecho y a qué hemos estado expuestos.

Nuestra vida se convertirá en un reality show donde los satélites tendrán la posibilidad de mostrarnos lo que ocurre cada día, capturar imágenes a mayor resolución, identificar expresiones faciales de personas y sucesos en cualquier rincón de la geografía. Absolutamente todo elemento territorial tendrá una trazabilidad espacial y necesitaremos recurrir a sistemas de almacenamientos mayores para la gestión de la información. Como todo ciclo en la vida, los petabytes y la nube se convertirán en elementos anecdóticos, como los diskettes o los curiosos ruidos de los primeros módems con los que nos conectábamos a Internet.

La Cartografía y la Topografía se seguirá haciendo igual que hace 30, 100 o 1000 años. Los paisajes cambiarán, pero continuaremos su monitoreo adquiriendo más datos, con mayor precisión y obteniendo un mayor conocimiento del sistema. Seguiremos analizando la distribución de nuestras especies, por pequeña que sea, y los insectos serán los siguientes en llevar dispositivos de seguimiento de tamaños microscópicos. Los ángulos y distancias seguirán ahí para tener que observarlas y calcularlas, pero no lo haremos nosotros. Lo harán máquinas y sus procesos automatizados combinando los cálculos con información adicional para ofrecer un repertorio de datos mayor. Nosotros seguiremos para interpretar los resultados o decidir cómo tienen que hacerlo. Fue, es y será tecnología a nuestro servicio, que no es otra que el de saber qué posición en coordenadas ocupa tanto lo que nos rodea, como nosotros.



Suscripción a la revista MAPPING

Subscriptions and orders

Datos del suscriptor / Customer details:

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

PAPEL

SUSCRIPCIÓN ANUAL / SUBSCRIPTION:

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

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

NÚMEROS SUELTOS / SEPARATE ISSUES:

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

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

DIGITAL

SUSCRIPCIÓN ANUAL / ANNUAL SUBSCRIPTION:

- Internacional / International : 25€

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

NÚMEROS SUELTOS / SEPARATE ISSUES:

- Internacional / International : 8€

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

Forma de pago / Payment:

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

2100-1578-31-0200249757

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

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

Distribución y venta / Distribution and sale:

Departamento de Publicaciones de eGeoMapping S.L.

C/ Arrastaria 21. 28022-Madrid

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

e-mail: info@revistamapping.com

www.revistamapping.com

Firma _____

CONTIGO TODO EL CAMINO



PLANIFICACIÓN > PROSPECCIÓN > DISEÑO > ORGANIZACIÓN > EJECUCIÓN > INSPECCIÓN

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

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

topconpositioning.com/es-es/insights

cartografía digital



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL



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

CENTRO DE DESCARGAS DE DATOS

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

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

MAPA TOPOGRÁFICO NACIONAL (MTN50,25),

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

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

ATLAS NACIONAL DE ESPAÑA, CARTOGRAFÍA TEMÁTICA.



Instituto Geográfico
Nacional 1870 · 2020