



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.

