

GEORREFERENCIACIÓN

Javier Espiago y Carlos Almonacid
*Servicio de Cartografía de la Universidad
 Autónoma de Madrid*

El conocimiento espacial de la tierra exige las coordenadas geográficas. Resultan equivalentes las coordenadas cartesianas de un espacio plano e infinito. Solo en territorios de muy reducida amplitud podríamos despreciar la curvatura terrestre. En los ámbitos restantes, es desacertada esa presunción. La información y los análisis han de estar georreferenciados. Con la latitud y la longitud obtenemos un sistema tridimensional cuyos valores angulares se miden respecto a los tres ejes de la tierra. El sistema de coordenadas normalizado para todas las ciencias de la tierra es el *International Terrestrial Reference System* (ITRS). Es un sistema ideal y convencional con el que adoptamos unas propiedades teóricas, matemáticas y físicas. Además, esas coordenadas geográficas se restringen a una superficie regular, también convencional, que ajusta el planeta a unas dimensiones supuestas limitándose las posiciones a las que están sobre la superficie geométrica de la tierra. Es conocido que la latitud y la longitud se expresan como ángulos con respecto al centro de esa figura tomando el ecuador como origen de latitudes y un meridiano inicial convencional de longitud 0°. Además, para cada posición obtenemos el valor de la altitud que nos permitirá el análisis del relieve. Conseguimos un sistema válido que no puede sustituirse por otro¹.

*Todo estudio terrestre científico
 debería presentarse con
 fundamentación georreferenciada.
 Es el caso destacable de la geología
 o el de la geobotánica*

En la Antigüedad griega se asienta un orden geométrico específico de la geografía para la definición de objetos y entidades, para las delimitaciones de ámbitos territoriales o para la comprobación de las escalas de los fenómenos y los procesos. La escala de estudio únicamente puede calcularse a través de estas coordenadas y es indispensable para el conocimiento del mundo. Con el orden geométrico de la georreferenciación efectuamos un control formal –no retórico o literario– y respondemos a dos cuestiones principales: cuáles son las entidades terrestres que se localizan relacionadas con otras entidades y cuáles son las entidades que encontramos en una localización delimitada. Se calculan distancias, direcciones o superficies y se logra el análisis formal de las combinaciones, correspondencias, asociaciones, comparaciones, superposiciones y otras relaciones espaciales de todos los datos terrestres. También se pueden estudiar organizadamente la adyacencia, la proximidad, la agrupación geográfica o la conectividad. Como hemos dicho en otras publicaciones, “no pueden lograrse de forma satisfactoria cuando se usan únicamente criterios de ordenación que sean numéricos, textuales o alfabéticos”².

Lo geográfico no ha sido un acercamiento preferente. Suelen someterse a una deconstrucción territorial los textos de la literatura especializada, aunque procedan de lenguajes formales. En su vertiente más científica, las propiedades y los fenómenos de la tierra son descritos eliminando su componente territorial. Es una deconstrucción o fragmentación en elementos o conceptos generales, un acercamiento a lo terrestre con un uso abusivo de categorías pretendidamente universales. Se reducen las manifestaciones geográficas de la particularidad-singularidad o de la diversidad y se eliminan relaciones geométricas presentes en la naturaleza³. Todo estudio terrestre científico debería presentarse con fundamentación georreferenciada. Es el caso destacable de la geología o el de la geobotánica.

Inicialmente, la figura de la tierra fue considerada geoméricamente regular, una esfera perfecta de la que aparecieron opciones para definir su tamaño. En el siglo XVIII se percibió que era me-

¹ ESPIAGO, J. (2018), Cartografía geográfica. Carácter geométrico fundamental. En *Cartografía geográfica. Fundamentos*. Consultado en <http://guiadigital.uam.es/SCUAM/documentacion/>

² Idem.

³ Idem.

por un ajuste elipsoidal, con una figura achatada por los polos. Actualmente, se trata de una figura física, no geométrica en origen, configurada por las distintas fuerzas y movimientos que actúan sobre una masa internamente heterogénea. Modifican su forma y la posición de elementos fundamentales como el centro, los polos y el eje de rotación. Se han ido proponiendo distintas mejoras con figuras geométricas de ajuste a la forma y posición de la tierra. Al cambiar los parámetros de la figura, las coordenadas cambian, incluso cambia significativamente la posición de los puntos. La determinación del momento temporal es totalmente necesaria para convenir una elipse de ajuste que sirva de referencia en las mediciones. Actualmente, las normas internacionales definen el Sistema de Referencia Geodésico para el primer momento de 1980 (en siglas, GRS 80) y utilizando el *IERS Reference Meridian* (Greenwich). Los datos con otras fechas o con parámetros distintos, han de transformarse. Desde los USA y sus tecnologías digital y satelital, se organiza el que llaman *World Geodetic System* para el primer momento de 1984 (WGS 84), también muy utilizado, pero que es, prácticamente, igual que el anterior. La evolución de la placa europea dio lugar al *European Terrestrial Reference System* (ETRS 89) que es oficial en España.

Las normas ISO sobre información geográfica definen: **georreferenciación**, *atribución de coordenadas a los puntos de la superficie terrestre*. Según la norma, el sistema de coordenadas ha de estar especificado como metadatos, los valores han de ser números enteros y el registro del valor altitudinal es opcional. Se indicarán el sistema de referencia, el elipsoide, el datum, el sistema de coordenadas con sus parámetros, la resolución y el sistema de unidades de las coordenadas, especificando la escala de captura.

Además del necesario conocimiento científico, que exige una normalización, se utiliza ampliamente en el control del territorio en sus vertientes

- estadísticas,
- militares y
- fiscales.

Otras utilidades las encontramos en:

- navegaciones aérea y marítima o en los desplazamientos terrestres,
- ingenierías de actuación territorial o medioambiental,

- otras actividades de gestión, protección y administración territorial,
- actividades de servicios⁴.

Para su visualización, en papel o en pantalla, las coordenadas geográficas tridimensionales se proyectan controladamente en un plano mediante distintas proyecciones, igualmente geográficas. Es decir, la georreferenciación también considera coordenadas proyectadas o planas a partir de las iniciales coordenadas geográficas. Evitan gran parte de las dificultades del conocimiento organizado en 3D y son de aplicación para datos obtenidos o representados directamente en 2D.

En España, se adopta oficialmente la proyección cónica transversal UTM con unos parámetros, también oficiales, con los que se obtienen coordenadas georreferenciadas métricas

Sobre las proyecciones geográficas no existen convenios internacionales equiparables a los que hemos visto antes. En España, se adopta oficialmente la proyección cónica transversal UTM con unos parámetros, también oficiales, con los que se obtienen coordenadas georreferenciadas métricas. Anteriormente, se utilizaron otros elipsoides y otras proyecciones que obligan a la transformación de sus georreferencias antiguas. Debido a criterios no científicos, no tendremos un método único e inequívoco de posicionamiento sino una serie de sistemas. En lugar de una definición simple y sencilla, se resuelve la complejidad con transformaciones matemáticas en procedimientos que reciben el aparatoso epíteto de *interoperables*.

Con la digitalización empleamos dos conjuntos o tipos de datos georreferenciados. Con una estructura regular de los datos (raster) será suficiente la asignación de los valores de coordenadas geográficas a un único punto (pixel) siempre y cuando la malla esté definida (organizada) en

⁴ Idem.

un sistema de proyección⁵. Además de la localización, la norma obliga a la especificación del tamaño de las celdas y el número de filas y columnas. Los sensores para la observación de la tierra (orbitales y aerotransportados) miden las propiedades físicas, químicas y biológicas de la superficie terrestre y de la atmósfera. Se registran las distintas áreas de la tierra con una resolución que es cada vez mayor en unidades que asociamos con celdas de una malla. Destacan los sistemas para el registro de la altitud, los del espectro electromagnético, la observación de fenómenos atmosféricos y los sensores orbitales del campo de gravedad.

Es tarea de los organismos oficiales el mantenimiento de infraestructuras de datos georreferenciados sobre las entidades de su competencia, incluyendo el histórico de su evolución

El segundo tipo de datos georreferenciados lo encontramos en la descripción y la delimitación de objetos o entidades mediante vértices o conjuntos de pares de coordenadas. En este momento, son de interés las entidades (puntos líneas o superficies) a las que podemos vincular datos numéricos o de textos. De esa forma, estos datos se georreferencian de una manera indirecta. Obtendrán la posición de las entidades. Anteriormente, los estudios geográficos o los estadísticos manejaban y presentaban sus datos según su orden alfabético o numérico. Con la georreferenciación, todos los datos de Albacete ya no necesitan estar más entre los de Álava y Almería, sino en su verdadera posición sobre la superficie terrestre, con la enorme ventaja que aporta el orden territorial y el análisis del componente espacial de la información. Cuando se atiende a la configuración geográfica de las entidades territoriales se hace patente que existen aspectos de su geometría que afectan al análisis de sus datos. Forma, tamaño o continuidad espacial —quebrada en las entidades disjuntas formadas por varios polígonos separados o con enclaves dentro de otras entidades— afectan significativamente a la distribución, la densidad y la comparación de sus informaciones.

La asociación de datos a entidades administrativas georreferenciadas ha de atender a su configuración en cada momento temporal. Las delimitaciones administrativas cambian con recurrentes anexiones, segregaciones o modificaciones de límites. Estos cambios pueden ser más controlables en algunos tipos de entidades —como los municipios— pero son de más difícil seguimiento en otros casos como en los distritos postales, los partidos judiciales o los distritos hipotecarios. A menudo, es necesario acudir a la cartografía antigua para la reconstrucción histórica de las entidades, debiendo considerarse las particularidades de sus georreferenciaciones en desuso⁶. Es tarea de los organismos oficiales el mantenimiento de infraestructuras de datos georreferenciados sobre las entidades de su competencia, incluyendo el histórico de su evolución. De no cubrirse adecuadamente esta necesidad se generarán invasiones de competencias o suplantación de responsabilidades por parte de terceros. Si algún organismo, por comodidad o cualquier otra razón, genera sus propias entidades fuera de sus competencias creará confusiones y conflictos de derecho. En algunos casos de términos municipales en España esta situación se ha aprovechado para recalificaciones urbanísticas incontroladas.

Gracias a la cartografía digital elaborada por numerosas organizaciones existe una gran variedad de entidades georreferenciadas más allá de las administrativas. Áreas de pendiente homogénea, ejes de comunicaciones, unidades geológicas, bosques, masas de agua, fincas, direcciones postales, pueden ser portadoras de información georreferenciada indirectamente a través de ellas. Incluso, pueden ser definidas geográficamente para cada estudio nuevas entidades significativas.

Actualmente, a través de la telefonía móvil, la mayoría de los individuos están constantemente georreferenciados. Directamente mediante el receptor GPS de los teléfonos inteligentes o indirectamente, a través de los nodos (antenas) de comunicación a los que se conectan sus terminales. No solo las personas, también los objetos conectados desde internet de las cosas poseen una georreferenciación continua. El tratamiento de este volumen ingente de datos hace necesaria la utilización de técnicas de análisis de *big data* entre las que la representación cartográfica de los conjuntos o nubes de datos resulta esencial.

⁵ Idem.

⁶ ALMONACID, C. (2016), Georreferenciación de cartografía antigua para los visores del SCUAM. Consultado en <http://guiadigital.uam.es/SCUAM/documentacion/>