

La Cosmografía de Google

Introducción

Parece vanidad querer situar la grandeza de la Tierra, y es cosa fácil, pues su sitio está en medio del mundo. Sus aledaños son el mar que la rodea. No lo sé decir más breve ni más verdadero. López de Gómara.

Los mapas existían antes que la palabra escrita¹. Mediante su desarrollo puede estudiarse la evolución tecnológica expresiva del hombre; que va desde la escritura cuneiforme hasta las actuales herramientas multimediales; en su mayoría ampliamente utilizadas en la Internet. Los mapas dejaron de constituir una forma tangible del espacio geográfico para convertirse en una percepción espacial de carácter dinámico que ha afectado profundamente el modo en que se comprendían los mapas hasta finales del siglo pasado.

Las teorías y explicaciones astronómicas de Claudio Tolomeo dominaron el pensamiento científico desde el siglo II de nuestra era hasta el siglo XVI. Su obra maestra originalmente en griego se tradujo al árabe como *al-Majisti*, de donde deriva su nombre latino *Almagesto*, pero es en su obra *Geografía* (8 volúmenes) donde describe la forma de la tierra como era concebida en su época, utilizando coordenadas de latitud y longitud.

A mediados del Renacimiento, los mapas contenían la realidad del mundo conocido, con amplia regiones incógnitas. Cuando el descubrimiento de América, la misma Europa se ignoraba así misma, fue necesario refinar la percepción científica del espacio y del territorio para emprender el descubrimiento de lo desconocido.

Los griegos habían establecido los pilares de la *cosmografía* como ciencia explicativa y descriptiva del universo, fundamentando su campo de acción en la astronomía y la geografía:

“Los griegos concedieron al universo, es decir, a los grandes cuerpos del cielo y tierra que se muestran ante nuestro ojos el término «cosmos». Y a su descripción la denominaron «cosmografía». Se trata de una ciencia que tiene dos partes: astronomía y geografía. La astronomía describe los cielos, los cuerpos celestes y los distintos movimientos observados en ellos; es decir, define y explica todo lo que se puede ver en el cielo. La geografía – la descripción de la tierra – determina la posición de toda la tierra en general y de sus partes principales en particular, como son los países, los reinos, las ciudades más famosas, los mares, los ríos, los cabos conocidos y las islas. Y no determina su posición únicamente respecto a sus relaciones mutuas, sino que también indica su situación respecto a los cielos que los rodean. A su vez la geografía se divide en dos partes: corografía y topografía.” (Blaeus, 1569).

A partir del siglo XVI, luego de los grandes descubrimientos, se inició en forma sistemática la aplicación de los avances físico-matemáticos en las descripciones geométricas y proyectivas del *cosmos*. El mapa sigue teniendo su suprema relevancia, pero su contenido estaba más próximo a la verdad que el de sus antecesores. El desarrollo de los medios de grabado y reproducción, hizo posible compilar colecciones de mapas en volúmenes que fueron llamados Atlas; que contenían mapas impresos con coherencia en cuanto al formato, estilo de dibujo, y

¹ En 1930-1931, los arqueólogos encontraron en la ciudad de Ga-Sur, en Nuzi (la actual Yorghhan Tepe, Irak), una tablilla que contenía un mapa, que suponen era de una propiedad de unas 12 hectáreas. Fue datada hacia el 4300 de nuestra era, lo que lo convierte en el mapa conocido más antiguo. Obviamente, ésta y otras tablillas conocidas, no son las más antiguas, sino sólo la más antigua conocida. [en: Joyas de la Cartografía. 100 ejemplos de cómo la cartografía definió, modificó y aprehendió el mundo. Editado por John. O. E. Clark., Salamander Books. 2005. Pág. 18].

descripciones geográficas explicativas. Lo que hizo necesario el establecimiento de normas y estándares para la cabal comprensión del mapa.

La latitud y longitud conceptualmente establecidas desde la antigüedad, eran explicadas en el siglo XVI con estas palabras: *“Llaman grados de longitud a los que se cuentan de Sol a Sol, que es por la Equinoccial, que va de Oriente a Oriente por medio del Orbe y bola de la Tierra; los cuales no se pueden tomar bien, por haber en el cielo señal permanente y fija por aquella parte a que tener ojo [...] Grados de altura o anchura llaman a los que se toman en cuenta desde el norte, los cuales salen ciertas y puntualmente, a causa de estar quieto el mismo norte, que es el blanco a quien encaran.”* (Gómara, 1552).

En su Geografía, Tolomeo había seleccionado como el meridiano principal desde donde debería iniciarse la cuenta de las longitudes, el meridiano de El Hierro; en la isla Canaria más al oeste, lugar donde consideraba se encontraba la frontera más occidental del mundo. En 1634 (luego de los grandes descubrimientos) en virtud de un decreto del rey francés Luis XIII esta antigua consideración tolemaica fue ratificada y acordada por los cartógrafos más afamados; pero se continuó midiendo la longitud siempre al este. Otros insistieron en sus propias consideraciones: las Azores y las islas de Cabo Verde, Cádiz, Roma, Copenhague, Jerusalén, San Petersburgo, Pisa, París y Filadelfia, entre otros lugares fueron también meridianos principales. Fue hasta 1884, cuando se adoptó como primer meridiano, el que pasa por Greenwich, desde donde se podía medir la longitud al este o al oeste.

La historia del desarrollo de la cartografía, en ambos lados del mundo (oriente y occidente), responde a los avances tecnológicos. En el derrotero cartográfico, observamos como los acuerdos y consideraciones personales o grupales, señalan a las generaciones futuras el marco de referencia en que deben expresar su entorno real y sus nuevos espacios. En respuesta al estado de sofisticación que hemos alcanzado con las tecnologías informáticas, nos ha sido posible disponer de un Atlas Dinámico del Orbe; mediante el conjunto de herramientas tecnológicas de servicios de mapas que actualmente se ofertan en Internet. Entre ellas resalta la herramienta de mapas y otros servicios de Googleⁱ, que en un sentido estricto se han convertido en una Cosmografía; un espacio virtual lleno de certezas e incertezas.

Google Maps en forma general, no es más que una sofisticada herramienta tecnológica informática, que en base a consideraciones propias y otras estandarizadas desde la antigüedad, establece un marco referencial donde es posible desplegar diversos tipos de mapas dinámicos y estáticos; con una estructura de capas de información superpuestas, con contenido de objetos híper vinculados a una diversidad de nuevas fuentes de información gráfica y documental sobre la web.

Algunos detalles del marco referencial cartográfico de Google Maps son discutidos en este artículo, que tiene un objetivo concreto, pero que también pretende convertirse en un discurso explicativo de una tecnología mistificada y cerrada; pero que en razón de la herencia tecnológica, es propia de todos los pueblos del mundo.

Objetivo: Disponer de una herramienta de software que permita descargar de los servidores de Google Mapsⁱⁱ, imágenes de sus diversos tipos de mapas en la mejor resolución ofertada.

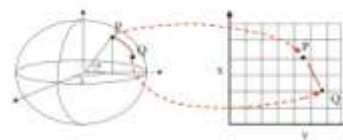
Esta herramienta tecnológica ha sido replicada por los principales servicios de imágenes de mapas y calles sobre la Internet. Los usuarios de Google interactúan con los repositorios cartográficos mediante una selección (inconsciente) de los sistemas coordinados solapados siguiente: Coordenadas de píxeles que hacen referencia a un punto dentro una tesela^{iv} determinada, Coordenadas de mosaico que hacen referencia a una tesela específica en una capa de mosaicos, y un sistema mono-Coordinado de acercamiento que define el número total de mosaicos dependiendo del acercamiento o resolución que se requiera.

Este diagrama ilustra el concepto de zoom en un sistema de coordenadas. Se muestra una serie de planos rectangulares superpuestos, cada uno con una cuadrícula, que representan diferentes niveles de detalle. Los planos están etiquetados con valores de N: N=16 (el plano superior más grande), N=8, N=2, N=1 y N=0 (el plano inferior más pequeño). Las flechas indican la dirección del zoom, desde N=16 hacia N=0. El eje vertical se etiqueta con 'N' y los ejes horizontales con 'X' y 'Y'. Las imágenes de la Tierra en los planos muestran una progresión de mayor resolución y detalle a medida que N disminuye.

Coordenadas de mosaico: Siempre que el API de mapas necesite convertir una ubicación del mundo (expresada en coordenadas geográficas), en una imagen desplegada en pantalla que exprese una ubicación, primero deberá convertir los valores de latitud y longitud en coordenadas "mundiales". Esta conversión se realiza mediante el uso de la muy bien conocida proyección cartográfica de Mercator. Las teselas de Google Maps se enumeran (en Coordenadas Mundiales) a partir de un origen definido en la esquina superior derecha del mosaico global rectangular plano, obtenido mediante el uso de la proyección de Mercator; el origen se corresponde al Polo Norte con una longitud de -180 grados. Las teselas se indexan mediante coordenadas $(x,y)_T$ a partir de dicho origen. Los valores $(x)_T$ aumentan hacia el este, y los valores $(y)_T$ hacia el sur.

Coordenadas de píxeles: cada tesela de Google Maps es un cuadrado de (256×256) píxeles. Es posible hacer referencia a un punto dentro de una tesela, mediante un par de coordenadas pixel $(x,y)_P$. El origen $(0,0)$ de cada tesela es la esquina superior izquierda de la misma y varía hasta la esquina inferior derecha; de coordenadas $(255,255)$ pixel. Para la ubicación de un punto concreto (con un nivel de acercamiento específico) se pueden emplear dos valores: uno para hacer referencia a la tesela utilizada y otro para las coordenadas del píxel dentro de esa tesela o imagen de (256×256) pixel. Pero también se puede especificar un punto inequívoco sumando a las coordenadas de la tesela que lo contiene $(x,y)_T$, las coordenadas pixel $(x,y)_P$ del punto; lo que permite una correspondencia biyectiva entre el sistema de coordenadas geográficas y el sistema triple-coordenado de Google Maps.

La Tierra es un esferoide, mientras que un mapa es un objeto bidimensional plano. Los mapas que utiliza Google Maps se obtienen mediante una proyección de ese esferoide a una superficie plana. Gran parte del problema se reduce a desarrollar una función que en tiempo real, permita una conversión entre sistemas coordenados; a partir de un modelo genérico esferoidal del globo terrestre, se genera un modelo geométrico plano de la Tierra:



¡He aquí la solución!

$$f: \mathcal{S}_{\text{Coor Geográficas}} \rightarrow f: \mathcal{S}'_{\text{Coor Mundiales Google Maps}}$$

$$x = f'_1(\varphi, \lambda) \quad ; \quad y = f'_2(\varphi, \lambda)$$

Google Maps utiliza para resolver esta dificultad una de las proyecciones cartográficas más famosa y simple (en cuanto a su construcción), desarrollada en el siglo XVI (1569) por Gerardus Mercator^{vi} natural de Rupelmonde (Flandes; actualmente Países Bajos). Básicamente consiste en representar la superficie terrestre sobre una superficie cilíndrica tangente al ecuador, que al ser cortada longitudinalmente y desplegada presenta al mapa terrestre en forma plana. Como resultado de su diseño, la proyección Mercator es de tipo conforme, con un factor de escala sobre el Ecuador igual a la unidad. El propósito fundamental de Mercator al desarrollar esta proyección fue la navegación, ya que todas las líneas de igual rumbo (loxodrómica) aparecen como una línea recta.

Los otros modelos de visualización de mosaico disponibles sobre la Internet, en su mayoría también utilizan la proyección de Mercator para desplegar sus teselas de imágenes en los mayores niveles de acercamiento, excluyendo la región polar; la cuales pueden ser tratadas mediante el uso de otras proyecciones que no divergen en $\varphi = \pm 90^\circ$, ó $(-\pi \text{ y } \pi)$.

La proyección Mercator tiene un ancho longitudinalmente finito, pero un alto latitudinalmente infinito. Teóricamente la latitud debería estar entre (-90 y 90) grados; $(-\pi$ y $\pi)$ radianes. Por ello la proyección presenta los polos en el infinito, esta es la razón por la que Google Maps “corta” la imagen del mapa base en aproximadamente +/- 85 grados, de esta manera el mapa resultante tiene forma rectangular, así la selección de mosaicos presenta una lógica mucho más sencilla. Google Maps tiene una zona de cobertura un bit menor de -90 a 90 (+/- 85,0511287798066). Esta no es la única dificultad de la Proyección Mercator, además hay que considerar las deformaciones progresivas a medida que nos alejamos del ecuador, y al hecho de que la escala sólo es verdadera en la latitud cero, o cercana a ella (+/- 14°).

En resumen, hay que hacer las transformaciones necesarias para ir:

- Del sistema de Coordenadas Geográficas, acotado por:

$$(-\pi \leq \text{latitud} \leq \pi; -2\pi \leq \text{longitud} \leq 2\pi)$$

- al Sistema Coordenado Mundial expresado por una proyección cartográfica cilíndrica de Mercator, acotado por:

$$(0 \leq \text{latitud} \leq 2\pi; 0 \leq \text{longitud} \leq 4\pi)$$

- y luego al Sistema Coordenado de Google Maps en pixeles.

Para el caso de una tierra esférica las fórmulas que permiten transformar las coordenadas geográficas a la proyección cartográfica cilíndrica de Mercator, son las siguientes:

De la esfera al plano, con latitud = φ y longitud = λ ; (λ_0 longitud para $X = 0$):

$$x = \lambda - \lambda_0 \quad ; \quad y = \ln(\tan(\varphi) + \sec(\varphi)) \quad \Rightarrow \quad y = \frac{1}{2} \ln \left[\frac{1 + \sin(\varphi)}{1 - \sin(\varphi)} \right]$$

Del plano a la esfera:

$$\varphi = 2 \tan^{-1}(e^y) - \frac{\pi}{2} \quad ; \quad \lambda = x + \lambda_0$$

Estas fórmulas no son únicas y existen maneras alternativas de escribirlas. En sentido estricto la Tierra no es una esfera, sino más bien un esferoide achatado por los polos, es ese caso o cuando consideramos la Tierra como un elipsoide, las formulas son más complejas.

Bibliografía:

API de Google Maps, Superposiciones en mapas.

http://code.google.com/intl/es/apis/maps/documentation/javascript/v2/overlays.html#Custom_Map_Types

Hean y Baker. 1988. Graficas por Computadora. Prentice-Hall Hispanoamericana.

Google Maps javascript API V3 Map Types.

<http://code.google.com/intl/es-ES/apis/maps/documentation/javascript/maptypes.html>

Gómez Moreno. R. 2002, Guía de Proyecciones Cartográficas. Instituto nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). México.

Pascal Buierey. 2008. An analysis of the encoding of the tiles used by Google map. The code project.

<http://www.codeproject.com/KB/scrapbook/googlemap.aspx>.

Plastock y Kalley. 1987. Graficas por Computadora, serie Shaum.

Wessel, P., y Smith W. 2001. Smith. The Generic Mapping Tools (GMT). Technical Reference and Cookbook.

Wikipedia Enciclopedia Libre. Proyección de Mercator.

http://es.wikipedia.org/wiki/Proyecci%C3%B3n_de_Mercator

ⁱ Google Inc., 1600 Amphitheatre Parkway, Mountain View, California 94043 (Estados Unidos).

ⁱⁱ Ver [Condiciones de servicio de Google Maps](#).

ⁱⁱⁱ Ver [API de Google Maps](#) (Superposición de Mosaicos).

^{iv} Tesela: f. (lat. *Tessela*). Nombre de las piezas cúbicas de mármol, piedra, etc., que empleaban los antiguos para formar los pavimentos de mosaicos. (Pequeño Larousse).

^v El Sistema Coordinado Mundial (WCS: *world coordinate system*) es el sistema coordinado cartesiano derecho en cuyas coordenadas se describe la imagen exhibida. (Plastock y Kalley. 1987. Graficas por Computadora, serie Shaum; pág. 100). Las coordenadas referidas por un usuario se denominan coordenadas mundiales y las utilizadas por un dispositivo de salida particular reciben el nombre de coordenadas de dispositivo o bien coordenadas de pantalla en caso que se trate de un monitor de video. (Hean y Baker. 1988. Graficas por Computadora. Prentice-Hall Hispanoamericana; pág. 54).

^{vi} En 1544 Mercator fue uno de tantos habitantes de Lovaina que fue arrestado por herejía, cinco de ellos fueron ejecutados pero después de varios meses fue liberado. (Gómez Moreno. R. 2002, Guía de Proyecciones Cartográficas. Instituto nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). México. Pág. 41).