

GEORREFERENCIACIÓN DEL ‘MAPA DE LA PROVINCIA DE MADRID’ (1773) incluido en el ATLAS GEOGRÁFICO DE ESPAÑA, que comprende el mapa general de la península, todos los particulares de nuestras provincias y el del reino de Portugal, por D. Tomás López.

Los trabajos de georreferenciación han sido realizados por el Servicio de Cartografía de la Universidad Autónoma de Madrid según el procedimiento descrito en el documento [“Georreferenciación de cartografía antigua para los visores del SCUAM”](http://guiadigital.uam.es). Disponible en <http://guiadigital.uam.es>. El fichero georreferenciado procede del ejemplar del *Atlas* disponible en la Cartoteca Rafael Mas de la misma universidad.

Ámbito a georreferenciar

El mapa completo está incluido en una sola lámina. Incluye un recuadro con coordenadas en el que se recoge el partido de Almonacid. Se ha extraído este cuadro del espacio que ocupa en la lámina y, ampliando el ámbito del fichero, se ha trasladado a su posición real en el mapa tomando como referencia los marcos graduados. Al situar el recuadro según su marco graduado, se aprecia que Tomás López cometió un error de posición de 10’ en la longitud de esta zona con respecto a la del resto del mapa. Lo hemos detectado en la continuidad de elementos como el río Tajuña y en la posición de las poblaciones importantes de la zona (Almonacid de Zorita, Mondéjar o Pastrana). Corregimos ese error desplazando el recuadro 10’ hacia el este.

Parámetros del sistema de referencia del mapa original

El sistema de referencia que hemos encontrado más próximo al del mapa original es el siguiente:

Origen de coordenadas:	meridiano del Pico de Tenerife ¹ , situado a 16º39’14.025” oeste de Greenwich (-16,653895833333330 grados decimales)
Proyección:	sinusoidal
Meridiano central:	13º40’ al este del Pico de Tenerife (-2,987229166667 grados decimales respecto a Greenwich)
Figura de la tierra:	Esfera autálica de radio 6371007 m (GRS80)
Parámetros PROJ.4 para este sistema:	+proj=sinu +lon_0=-2.987229166667 +x_0=0 +y_0=0 +a=6371007 +b=6371007 +units=m +no_defs

Reconstrucción de la malla meridianos y paralelos

Se ha reconstruido la malla de meridianos y paralelos del mapa con 15’ de resolución a partir de su marco graduado teniendo en cuenta que en los mapas del Atlas de Tomás López son todos ellos líneas rectas. Los paralelos, porque en la proyección sinusoidal son todas líneas rectas paralelas entre sí. Los meridianos, porque cuando López los trazaba en sus mapas simplificaba su curvatura sinusoidal, casi imperceptible a nuestra latitud, para que fueran completamente rectos. También hay que tener en cuenta que el lado sur del marco graduado de este mapa está referido al usual origen de coordenadas elegido por Tomás López en el Pico de Tenerife, pero el lado norte lo está al meridiano del Hierro. Para el trazado de los meridianos del mapa es necesario establecer la diferencia entre estos dos meridianos.

¹ Almonacid, C. (2016) “Longitudes de los antiguos meridianos en la cartografía española”. Consultado en <http://guiadigital.uam.es/SCUAM/documentacion.php>. El meridiano del pico de Tenerife se ha situado a partir de los datos del Atlas Marítimo de Vicente Tofiño, donde se fijaba a 10º 22’ del meridiano de Cádiz, es decir, a 16º39’14,025” oeste de Greenwich.

Si consultamos la obra teórica del propio Tomás López² leemos que sitúa el meridiano del Hierro a 1º 2' oeste del de Tenerife. Sin embargo, se puede comprobar que el mismo López no manejaba las diferencias de longitud anotadas en sus *Principios...* para la construcción de sus mapas. Esto es muy evidente en el meridiano de Madrid, pero también se puede comprobar para el meridiano del Hierro que en sus mapas - por ejemplo, en el mapa General de España de 1770 - se sitúa a poco menos de 1º1' del de Tenerife, coincidiendo con nuestros cálculos³. Por tanto, utilizaremos la posición del meridiano del Hierro empleada por López en sus propios mapas para establecer que, en sus marcos graduados, la diferencia de meridianos El Hierro/Tenerife es de 1º1'.

Georreferenciación inicial basada en la malla meridianos y paralelos reconstruida

El mapa se ha georreferenciado en el sistema descrito más arriba utilizando los cruces de la malla de meridianos y paralelos de 15', se han introducido 9 puntos homólogos bien distribuidos por todo el mapa con los que se ha obtenido un error medio cuadrático total de 26,238 m, utilizando un ajuste polinómico de orden 2. Estos datos están dentro de la precisión inferior a 65 m, que se puede esperar para un mapa a esta escala (aproximadamente 1:260.000). Una vez comprobada la validez del sistema de georreferenciación empleado, se ha realizado un ajuste por triangulación (spline) para encajar la malla de meridianos y paralelos del mapa a una malla teórica homóloga generada numéricamente. Para ese ajuste se han utilizado los 14 cruces de la malla de 15' visibles en el mapa.

Este método de georreferenciación persigue mantener intacto el posicionamiento y el trazado de las entidades geográficas tal como aparecen cartografiadas en el mapa antiguo. Se preservan la calidad de trazado y los errores de posición de los datos representados en el mapa original. Debido a la cuantía de estos errores, el fichero inicialmente georreferenciado no se incluye en los ficheros de descarga ni en el acceso WMS.

Evaluación de los errores de posicionamiento en el fichero georreferenciado inicialmente

Ha de tenerse en cuenta que la cartografía de gabinete utilizaba como armazón de ajuste los pocos puntos en los que se disponía de coordenadas geográficas procedentes de observaciones astronómicas. Esas observaciones procedían de fuentes muy heterogéneas y en su mayoría de muy escasa precisión, sobre todo en la longitud cuyo cálculo no se resolvió satisfactoriamente hasta finales del siglo XVIII. La cartografía de gabinete se nos suele presentar con errores notables de posicionamiento que, además, pueden no ser homogéneos si, como suele ser habitual, se han utilizado las coordenadas de varios puntos inconexos obtenidas de observaciones astronómicas aisladas o, incluso, estimadas sobre mapas previos. El proceso de georreferenciación de este tipo de cartografía puede tener en cuenta la presencia inexorable de estos errores para tratar de reducirlos. Se trata de llevar el mapa a una posición más ajustada sin renunciar a la reconstrucción del sistema de referencia original ni al mantenimiento del trazado de sus elementos.

Desconocemos cuáles fueron los puntos que Tomás López utilizó como marco de referencia en este mapa, pero podemos suponer que manejaría datos de posición – observados o estimados – para las poblaciones más importantes: capitales de provincia, cabezas de Partido, grandes villas o sedes de los principales monasterios. Una vez que se ha situado el mapa de Madrid de Tomás López en el sistema de referencia descrito más arriba, podemos comparar la posición de las principales poblaciones del mapa con sus coordenadas geográficas según la cartografía actual para estimar el desplazamiento que deberían sufrir hasta situarse en su posición real:

	Desplazamiento longitudinal	Desplazamiento latitudinal
Ciudad de Madrid	8'55" hacia el E	55" hacia el S

² López, T. (1775-1783). *Principios Geográficos aplicados al uso de los Mapas*. Madrid, imprenta de Joachin Ibarra. 2 vols.

³ Almonacid, C. (2016), op.cit.

Casarrubios	10'6" hacia el E	2'3" hacia el S
Maqueda	11'21" hacia el E	2'8" hacia el S
Aranjuez	10'29" hacia el E	56" hacia el S
Colmenar Viejo	10'18" hacia el E	1'8" hacia el S
Almonacid	10'5" hacia el E	1'45" hacia el S

Se aprecia una tendencia general en los desplazamientos creciente hacia el este y decreciente hacia el sur.

Traslación del mapa a su punto principal. Corrección inicial de la georreferenciación.

Realizamos una primera corrección utilizando la posición geográfica del punto cuyos datos de latitud y longitud pudieron tener más peso para construcción del mapa, al que calificamos como su **punto principal**. Con toda seguridad, las observaciones realizadas para localizar la posición de Madrid fueron las más tenidas en consideración para la elaboración de este mapa. Pero, la longitud del meridiano de Madrid aún estaba lejos de ser bien establecida en esa época. El propio Tomás López lo utiliza con distintos valores: en su obra *Principios Geográficos aplicados al uso de los Mapas*, sitúa el meridiano de Madrid a 13º 6' W del de Tenerife⁴, mientras que en sus mapas cartografía esta ciudad a menos de 12º 50' del Pico de Tenerife. El Observatorio Astronómico de Madrid no se constituyó hasta 1790 para realizar las operaciones que llevarían a la fijación del meridiano que pasa por él. El error en el dato de latitud es menor, pero no es despreciable.

Atendiendo a los datos del listado anterior, corregimos el error principal de posicionamiento de este mapa mediante la **traslación** de la posición de Madrid en el mapa de López a su correspondiente en la cartografía actual: **8'55" hacia el este y 55" hacia el sur**. No modificamos el sistema de referencia de modo que, tras este desplazamiento, los valores del marco graduado ya no expresan la verdadera posición de los puntos respecto al origen de coordenadas.

Transformamos este fichero trasladado a un sistema de referencia actual – Web Mercator con datum WGS1984 (auxiliary sphere) y origen de coordenadas en el meridiano de Greenwich – para simplificar su manejo en el acceso WMS. Constituye la capa 'ATLopez_Madrid_1773_lam1_UAM'.

Tras esta primera corrección, a medida que nos alejamos del punto principal, aún quedan fuera de su posición real muchas zonas del mapa. Los desajustes, aunque menores. Son ahora más dispares. Para su corrección, solo podremos actuar deformando el mapa por partes.

Ajuste por partes a la posición real de las poblaciones más importantes del mapa

Debido a la disparidad de los desajustes, esta corrección solo se puede realizar deformando el mapa. Las poblaciones principales se convierten en los vértices de una red de triángulos cuyos segmentos son los vectores de la traslación hacia la posición ajustada. Situamos los vértices de desplazamiento en **Casarrubios, Maqueda, Aranjuez, Colmenar Viejo, Almonacid, Mondéjar, Arganda y Escalona**. También hay que introducir vértices de ajuste que fijen la posición, ya modificada en la corrección anterior, del punto principal del mapa (Madrid en este caso) y afiancen los márgenes de la lámina que puedan resultar más distorsionados. Aun así, el mapa original quedará notablemente deformado, sin embargo, sus elementos quedarán más cerca de su posición real para facilitar su uso como fuente de datos histórica.

Este fichero ajustado se incluye en el WMS referido al sistema de referencia actual Web Mercator, datum WGS1984 (auxiliary sphere) y origen de coordenadas en el meridiano de Greenwich. Constituye la capa a la que nombramos con el sufijo 'AJUSTE'.

Se ha configurado el WMS para permitir la visualización de las capas hasta la escala 1:15.000.

⁴ López, T. (1775-1783), op. cit.