

## Herramientas y Metodología para el análisis de mapas antiguos\*

Antonio Crespo Sanz

Ingeniero Técnico en Topografía y Dr. en Geografía

Universidad de Valladolid

**Resumen:** Los Sistemas de Información Geográfica son herramientas de gran utilidad para el estudio de mapas antiguos. En este artículo hemos trabajado sobre el *Atlas de El Escorial* (c. 1538), una imagen de la España del Renacimiento muy detallada y diferente de otras cartografías contemporáneas. Se plantean tres posibilidades complementarias a la hora de estudiar sus características métricas, que fueron probadas, aplicadas y desarrolladas según un orden cronológico; al mismo tiempo se define una metodología general de trabajo aplicable al análisis métrico de cualquier mapa antiguo. Inicialmente se utilizaron métodos matemáticos y estadísticos tradicionales, con los que se obtuvieron los datos necesarios para valorar las características del mapa, determinar la escala, la exactitud, el valor del grado, la posición de los elementos geográficos, la hidrografía, los límites territoriales, etc. Este sistema es complejo y poco didáctico, pero los Sistemas de Información Geográfica aparecen como un gran complemento gracias a su principal característica: son visuales e intuitivos. De entre todas las opciones existentes optamos por el visor de mapas más conocido y divulgado - *Google Earth*- en el que de una forma rápida y sencilla es posible georreferenciar cualquier cartografía y compararla dentro de un sistema de coordenadas geográficas, con otros mapas. Una tercera posibilidad consiste en el empleo de una herramienta de análisis cartográfico - *MapAnalyst*- que combina las dos opciones anteriores (la faceta numérica y la visual) y cuyo empleo no precisa de grandes conocimientos matemáticos o informáticos.

**Palabras clave:** análisis métrico; Atlas de El Escorial; siglo XVI, Sistema de Información Geográfica.

**Abstract:** Geographic Information Systems are useful tools for the study of ancient maps. In this article we have worked on the Atlas of El Escorial (c. 1538), an detailed image of Renaissance Spain, very different from other contemporary maps. Three possibilities arise

---

\* Este trabajo se ha elaborado en el marco del proyecto de investigación "Geografía fiscal y poder financiero en Castilla en un siglo de transición (1450-1550): análisis mediante Sistemas de Información Geográfica". Ministerio de Ciencia e Innovación, HAR2010-15168

when complementary study their metric characteristics, which were tested, applied and developed in chronological order, while defining a general working methodology applicable to any metric analysis of ancient map. Initially we used traditional mathematical and statistical methods, which were obtained with the data needed to assess the characteristics of the map, determine the scale, the accuracy, the value of the degree, the position of the geographical, hydrography, territorial boundaries, etc. The system is complex and not didactic, but GIS appear as a great complement with its main characteristic: they are visual and intuitive. Of all the options we chose the best known map viewer and reported-Google Earth-in which a quick and easy way possible georeference any mapping and compare within a geographic coordinate system, with other maps. A third possibility is the use of a tool-MapAnalyst-mapping analysis that combines the two previous options (the numerical and visual aspect) and whose employment does not require great mathematical or computer.

**Keywords:** metric analysis; Atlas of El Escorial, the sixteenth century, Geographic Information System.

Es fácil de aceptar que un centímetro en el mapa equivalga a 20 kilómetros en la realidad, pero lo que no solemos pensar es que nosotros mismos sufrimos en la operación una reducción equivalente, por eso, siendo ya tan mínima cosa en el mundo, lo somos infinitamente menos en los mapas.

José Saramago: *El viaje del elefante*

## 1. Introducción

Cuando se afronta el estudio de un mapa antiguo son muchas las cuestiones que hay que resolver: la búsqueda de la fecha y el autor del mapa, el cálculo de su escala y exactitud, la determinación del valor del grado, adivinar los métodos utilizados para la toma de datos y el dibujo, el análisis de los elementos geográficos, indagaciones sobre los motivos que impulsaron su confección y otras cuestiones relacionadas con el autor, la época o la similitud con otros documentos contemporáneos. Todas estas cuestiones abarcan diversos campos en los que es necesaria la colaboración de profesionales especializados (topógrafos, cartógrafos, geógrafos, historiadores, licenciados en arte, expertos en paleografía...) a los que desde hace algunos años se han incorporado informáticos, vinculados sobre todo al mundo de los Sistemas de Información Geográfica.

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) está formado por un equipo informático (ordenador, pantalla, escáner...), un programa específico (de libre distribución o de pago) y un conjunto de datos geográficos. Los mapas antiguos también son datos geográficos y por lo tanto pueden incorporarse al sistema y convertirse en una capa más, susceptible de ser tratada como cualquier otro producto cartográfico. Con las herramientas propias de un SIG, podemos georreferenciar el mapa antiguo, medir sobre él, comparar sus coordenadas con las de uno actual y ver todos estos resultados en la pantalla de forma inmediata. Un siguiente paso son las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE)<sup>1</sup>, que permiten poner en común muchos Sistemas de Información Geográficos a través de la Red, de manera que cualquier usuario puede combinar información geográfica procedente de distintos organismos. Las IDE no son inventos novedosos que se aplicarán en el futuro, son una realidad que lleva varios años funcionando y que nos permite –ahora mismo– acceder a mapas antiguos en formato digital e incorporarlos a nuestros estudios y análisis<sup>2</sup>.

De entre las muchas operaciones que podemos realizar sobre un documento cartográfico antiguo, nos centraremos en el análisis métrico de los mapas, cuyo objetivo es conocer sus características, el método de trabajo que se empleó para su confección, las distorsiones que los afectan y, además, cabe la posibilidad de comparar diferentes cartografías. Vamos a exponer tres herramientas complementarias a la hora de realizar un análisis métrico, que han sido probadas, aplicadas y desarrolladas según un orden cronológico. Inicialmente aplicamos métodos matemáticos y estadísticos tradicionales, cuyos resultados nos permitieron valorar las características del mapa, determinar la escala, la exactitud, el valor del grado, la posición de los elementos geográficos, la hidrografía, los límites territoriales, etc. Este sistema requiere de muchos cálculos y la confección de numerosas tablas, por lo que resulta engorroso y poco didáctico. En este punto, los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta de gran utilidad puesto que aportan una salida visual inmediata, intuitiva y de fácil comprensión. Aunque podría servir cualquiera de los programas que se distribuyen en el mercado, hemos optado por emplear el visor de mapas gratuito más conocido y divulgado (Google Earth) con el que es posible georreferenciar la cartografía que nos interesa y compararla dentro de un sistema de coordenadas geográficas con otros mapas antiguos y modernos. La tercera posibilidad está vinculada a otra herramienta de análisis cartográfico –MapAnalyst– que

---

<sup>1</sup> Una IDE puede definirse como un SIG distribuido en Internet, que combina servicios interoperables en un Geoportal y que responde a las especificaciones del Open Geospatial Consortium (OGC)

<sup>2</sup> Las principales bibliotecas y archivos españoles ya permiten consultar sus fondos cartográficos en Internet (como imágenes sin georreferenciar) y existen cartotecas virtuales como la desarrollada por el proyecto CartoVISUAL.

combina las dos opciones anteriores (la faceta numérica y la visual). Se detallará una aplicación práctica de las tres metodologías utilizadas como instrumentos complementarios y se planteará un método general aplicable al análisis métrico de cualquier mapa antiguo. Para ilustrar las explicaciones se ha tomado como ejemplo el mapa más significativo de la España del siglo XVI, el *Atlas de El Escorial*.

## **2. El *Atlas de El Escorial* (c. 1538-1550)**

El *Atlas de El Escorial* es un manuscrito catalogado como K-1-1 dentro de los fondos de la Biblioteca del Real Monasterio de El Escorial, formado por un Mapa General y veinte hojas que completan todo el territorio peninsular. Sus hojas ofrecen una imagen de la España del Renacimiento poco habitual, tanto por su escala como por el volumen de datos que acumula. Llegó a la biblioteca del Monasterio de El Escorial en mayo de 1576, con la primera entrega de libros que Felipe II hizo a los monjes jerónimos, y allí ha permanecido desde entonces. Alonso de Santa Cruz inició los trabajos para el *Atlas* entre 1538 y 1539 por orden de Carlos V, trabajando en él hasta fechas cercanas a 1550, cuando se inicia un levantamiento más preciso y ambicioso que el suyo. Su inacabado manuscrito quedó en la biblioteca de palacio y fue consultado con mucha frecuencia a juzgar por el intenso desgaste de los bordes inferiores de sus páginas. La correspondencia entre Santa Cruz y Carlos V demuestra que el cosmógrafo inició los trabajos del *Atlas* alrededor de 1538 y que estuvo trabajando durante varios años en él. Otro de los argumentos que nos permitieron relacionar a Alonso de Santa Cruz con el *Atlas de El Escorial* fueron las tablas de coordenadas que figuran en su *Astronómico Real*, una obra científica escrita en 1556 para Carlos V. La comparación entre las longitudes de ambos documentos, confirmó la vinculación entre los trabajos, y consideramos que la “Corographia de España” de la cual obtuvo las coordenadas para el *Astronómico Real* solo pudo ser el *Atlas de El Escorial*.

Tras responder a las preguntas de quién y cuándo se confeccionó el mapa, cabe preguntarse cómo se dibujó. Sus datos proceden de mapas existentes, itinerarios, noticias y referencias directas, organizadas a partir de las coordenadas de las principales ciudades. Los puntos se hallan situados con una indeterminación inferior a los 10', aunque hay zonas que acumulan mayores errores, heredados de cada fuente. Para llegar a esta conclusión, se consideraron separadamente la latitud y la longitud de las principales poblaciones, comparándose con las cifras actuales mediante tablas, y se desarrolló un sistema gráfico basado en programas de índole cartográfico. Todos los procesos se realizaron de forma

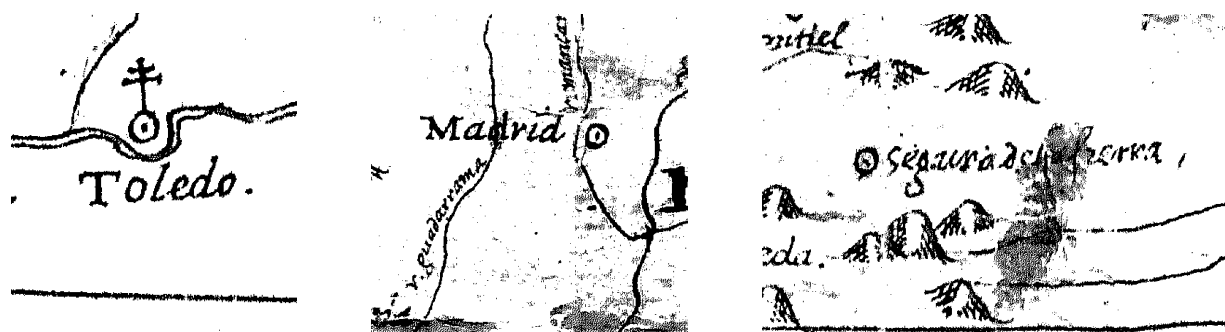
separada en el Mapa General y en las hojas debido a su diferente escala, aunque las figuras que ilustran las explicaciones corresponden al índice, debido a que es más fácil de interpretar los datos sobre un mapa de la península donde se observa el perfil costero y se entienden mejor las distorsiones, que sobre hojas rectangulares.



**Figura 1: Mapa General o índice del *Atlas de El Escorial* que figura en la primera página, con una cuadrícula numerada en la que se indica el número de cada hoja.**

La presencia de un índice antes de los mapas detallados era una novedad en el contexto cartográfico del Renacimiento. Tiene una escala aproximada de 1: 2.600.000, cercano a otras cartografías contemporáneas de la Península. Fue dibujado a partir de las hojas, pero contiene discrepancias en la posición de varias ciudades y símbolos, que demuestran que no es simple reducción, sino un trabajo original basado en las veinte láminas. Diferente de todos sus contemporáneos, apenas presenta elementos relacionados con la navegación y su litoral redondeado le aleja de los portulanos, situándole como un mapa geográfico o terrestre. Muestra rasgos típicos de la cartografía impresa, como las montañas sombreadas, el punteado de la zona marina o el rayado perpendicular a la costa, inexistentes todos ellos en las veinte láminas. Ríos, costas y fronteras se han visto generalizados o simplificados, aunque sus

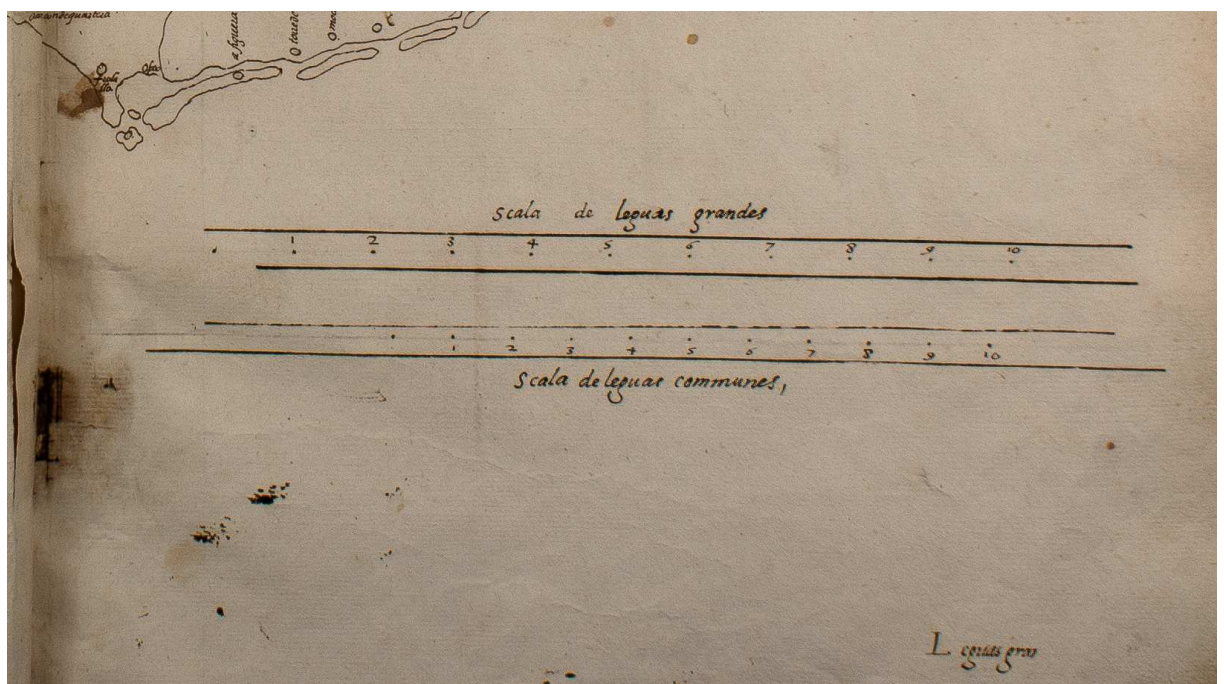
trazados se aproximan a las imágenes de nuestros mapas. Destaca la ausencia de las islas Baleares y de las fronteras de la mayor parte de los reinos, a excepción de Cataluña y Portugal, diferenciados con una línea de puntos. El relieve se organizó mediante perfiles abatidos sombreados siguiendo los principales ejes montañosos, fácilmente identificables a pesar de encontrarse ubicados de forma inexacta, lo que condiciona las trayectorias los ríos. La separación con Francia la marcaron unos Pirineos de gran achura y más al norte de lo debido para incluir la Cerdaña, el Rosellón y parte de la Aquitania dentro del territorio español. El número de localidades representadas (116) es menor que en otros mapas de escala similar, quedando justificado por su cualidad de índice y sumario. Sobre algunos de los círculos se incorporaron símbolos que señalan ocho arzobispados por medio de una cruz de dos brazos, cuarenta obispados con cruces sencillas y seis lugares fortificados o amurallados. Se han exagerado elementos que no tenían representación a escala, como la hoz del Tajo en Toledo, su estuario en Lisboa, etc... y son patentes ciertas deformaciones en Cataluña, Portugal o la costa vasca, pero es más preciso que sus contemporáneos. En este artículo vamos a utilizar el mapa índice porque dada su escala y características, facilita la interpretación de las imágenes obtenidas en los métodos gráficos. No obstante los procedimientos expuestos se puede aplicar a las veinte hojas del *Atlas* o a cualquier otro mapa antiguo.



**Figura 2.** Los núcleos urbanos se dibujaron distinguiendo los obispados, que incorporan una cruz doble; y los arzobispados, con una cruz sencilla. El mapa índice incluye las localidades más importantes y junto a ella se incluyó Segura de la Sierra, una pequeña población dentro de la Sierra de Cazorla.



Tras el Mapa General se encuadernaron las veinte hojas, que contienen un volumen de información inaudito; se contabilizan más de 9.000 elementos geográficos con su correspondiente topónimo, y casando todas sus hojas se forma un panel de 4,2 m<sup>2</sup>, convirtiéndose en uno de los mapas más detallados y completos del Renacimiento, tanto por el volumen de datos como por la escala empleada. Cada hoja del mapa (denominadas tablas en el *Atlas*) se numeró mediante su ordinal en el marco superior, dividiéndose el contorno rectangular en grados enteros iguales en longitud y latitud, indicativo de que no existe proyección alguna y de que las coordenadas se dibujaron según una retícula plana cuadrada. La primera hoja cuenta con dos sobrias escalas gráficas, una de leguas grandes y otra de leguas comunes, gracias a las que descubrimos que el grado empleado es de 16 leguas y 2/3. La escala se determinó de varias formas; la primera, midiendo longitudes en las láminas para compararlas con las magnitudes reales, arrojó un promedio de 1: 430.000, con oscilaciones entre hojas y sectores, reflejo de la precisión variable del mapa. Otra manera de establecer la razón del mapa parte de las equivalencias tradicionales entre la pulgada, el pie de Burgos y legua común, obteniéndose un valor redondo de 1: 400.000.



**Figura 3. Escala de leguas grandes y leguas comunes que aparece en el borde inferior de la primera lámina, correspondiente al suroeste de la Península Ibérica.**

El mapa era una minuta en avanzado proceso de formación, que necesitaba incorporar o modificar elementos, y así lo confirma la existencia de zonas con escasa información, las tachaduras, las correcciones y las manchas de tinta. Era necesario pasarlo a limpio antes de su entrega, pero el trabajo quedó paralizado y olvidado. Tan olvidado que no se lograría un mapa completo de España a esa escala hasta finales del siglo XVIII. Todos los grandes proyectos cartográficos de envergadura fracasaron sucesivamente, como demuestra el repaso de las iniciativas frustradas; el Itinerario de Hernando Colón, el mapa de Esquivel (c. 1555), la Descripción de España de las costas y puertos de Pedro Texeira (1634), el mural de los Jesuitas Martínez y de la Vega (1739-1743), la propuesta del Marqués de la Ensenada que contemplaba un proyecto de red geodésica con mediciones topográficas (c. 1751), o los conjuntos provinciales de Tomás López. El verdadero mapa, preciso, homogéneo y completo no llegaría hasta 1880 con la publicación de las 46 hojas del Atlas de España de Francisco Coello. El dilatado periodo en el que España no dispuso de una cartografía completa (casi 350 años), realza la valía del *Atlas de El Escorial*, y se acentúa al cotejarlo con sus coetáneos europeos, entre los que sólo son comparables el mapa de Baviera de Apiano, realizado varios años después sobre un pequeño territorio, o las láminas del inglés Saxton (1579) con escalas diferentes para cada Condado.

El *Atlas de El Escorial* se ha incorporado al mundo de los SIG gracias al proyecto de Investigación HAR2010-15168 que lleva por título “Geografía fiscal y poder financiero en Castilla en un siglo de transición (1450-1550): análisis mediante sistemas de información geográfica”. Los estudios realizados sobre fiscalidad se visualizan sobre la cartografía actual, pero se utilizan como capa de referencia las hojas del Atlas de El Escorial, dibujado entre 1538 y 1550, fechas muy similares a las del periodo estudiado por este equipo de investigación.

### **3. Análisis métrico. Consideraciones generales, herramientas y métodos**

El análisis métrico de un mapa permite conocer su precisión, su exactitud, las distorsiones, las modificaciones que incluyeron los grabadores e impresores a lo largo del tiempo, y facilita la comparación de varios documentos para verificar similitudes y diferencias. Dentro del abanico de posibilidades que aportan las matemáticas, la informática y los Sistemas de Información Geográfica, planteamos tres opciones para estudiar las características métricas de un documento cartográfico: un sistema tradicional con tablas de coordenadas; la

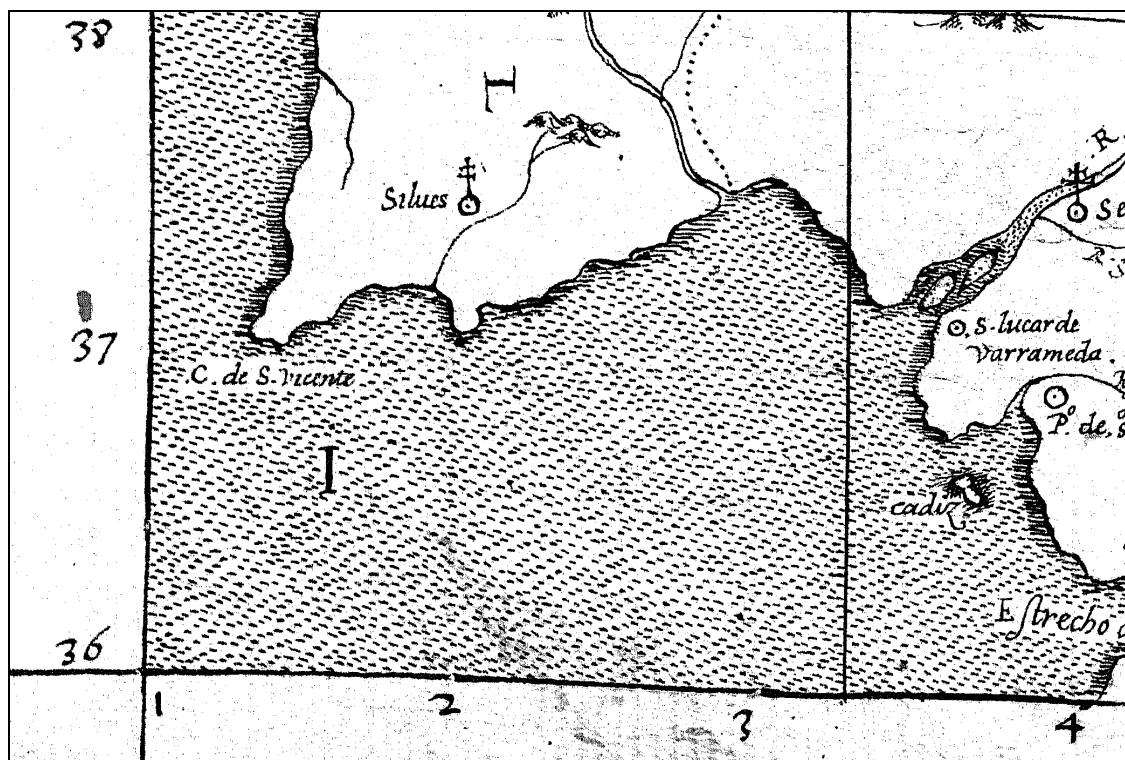


superposición de imágenes mediante Google Earth y la comparación de mapas por medio de puntos homólogos a través del programa MapAnalyst.

El método más clásico es la comparación de coordenadas siguiendo las pautas de la *Teoría de errores* (errores asociados a las medidas). Consiste en elaborar una tabla en la que se anotan –en columnas– las coordenadas medidas en el mapa antiguo que se está estudiando, las de otros mapas contemporáneos, y las de un mapa actual. Se calculan las diferencias, las medias, medianas, modas y demás parámetros estadísticos, se organizan los datos a gusto del consumidor y se establecen aquellos valores que están fuera de tolerancia<sup>3</sup>. Se descartan los números que están equivocados (son los que se separan de la media) y para hacer más comprensible el asunto se dibujan las diferencias numéricas sobre el mapa. Este es el procedimiento que empleamos para el análisis métrico del *Atlas de El Escorial*, y aunque se puede mejorar con sistemas de ajustes por mínimos cuadrados, hemos de recordar que el mapa con el que trabajamos fue realizado en el siglo XVI con métodos e instrumentos que no tienen nada que ver con los actuales: las coordenadas eran muy imprecisas y muchas distancias se determinaban a estima. Las conclusiones obtenidas tras el análisis del Mapa General del *Atlas* pueden aplicarse a las veinte hojas, ya que –en esencia– poseen los mismos errores y distorsiones. El autor del mapa índice superpuso una cuadrícula o gráfico de distribución de las veinte hojas, que sirve como índice de la obra, de forma similar a cómo se presentan los mapas de carreteras actuales. Su escala y características nos permitirán compararle con otros mapas de España que circulaban durante el siglo XVI y que se encontraban insertos en las Geografías de Tolomeo, en murales, en recopilaciones formadas en Italia o en las cuidadas ediciones holandesas. El contenido del mapa general es novedoso y apenas tiene puntos en común con los mapas impresos coetáneos, mostrando un perfil diferente y unos datos originales. Las escasas similitudes entre todos estos mapas y el *Atlas* nos inclinan a considerar que se confeccionó con datos propios y no a partir de información preexistente. Fue dibujado por generalización de las veinte hojas, mostrando algunos elementos incompletos (las fronteras o la toponimia de los ríos) y detalles que no existen en las láminas. Otros rasgos diferenciadores del índice son el punteado del mar o el rayado del perfil costero; técnicas de representación utilizadas en otros mapas impresos y que le dan un aspecto más acabado. Este recurso es un síntoma de modernidad, inusual hasta entonces, que permitía tras una consulta inicial acceder a las hojas de forma rápida y cómoda.

---

<sup>3</sup> Todas estas operaciones se realizan fácilmente con el programa Excel de Microsoft Office.



**Figura 4.** El Mapa General se encuentra enmarcado por una línea sobre la que se sitúan los grados de latitud y longitud. Este detalle de la esquina inferior izquierda muestra el origen de latitudes (36°) al sur del Estrecho de Gibraltar y el de longitudes (1°) que corresponde al cabo de Roca. Las líneas que unen los grados no se aprecian, pues fueron trazadas con punzón.

El Mapa General no dispone de escala, cartela o textos explicativos, y posee correcciones y textos añadidos con una caligrafía diferente, lo que pone de manifiesto que se hallaba en proceso de formación y revisión. Fue realizado a partir de las hojas, generalizando la información y mostrando los elementos que el cartógrafo consideró más significativos: las principales poblaciones, un pequeño número de localidades de segundo orden, los más destacados cabos y bahías de la Península, las fronteras de Cataluña y Portugal y los principales ríos. En los bordes de la cuadrícula que indica la división en hojas y enmarcando el Mapa General, se han rotulados los grados de latitud y longitud, pero las líneas que unen estos números fueron trazadas con un punzón (tanto en latitud como en longitud), y sólo se pueden apreciar al contemplar el original. Esta sencilla cuadrícula servía para situar las poblaciones por sus coordenadas geográficas, y se utilizará para medir los valores de latitud y

longitud, subdividiendo cada grado en seis partes (10') e interpolando para obtener valores similares a los que ofrecían las mediciones con astrolabios o cuadrantes.

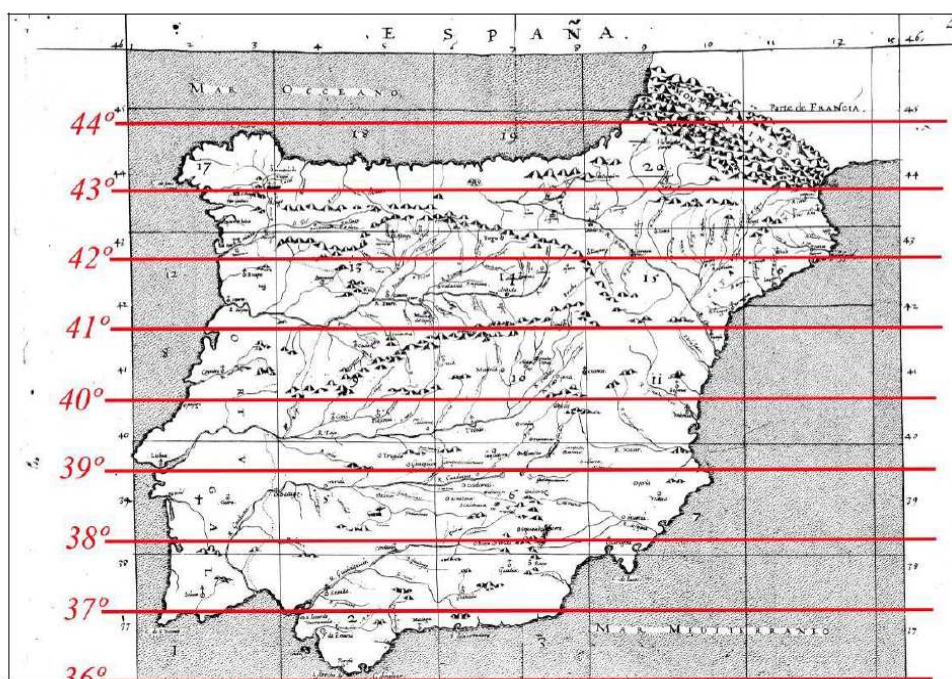
Para el estudio de las latitudes se midieron las coordenadas de puntos comunes en las hojas y en el índice, formando un listado de más de un centenar de poblaciones distribuidas de forma homogénea por la Península. Cuando se organizaron las tablas en función del tamaño de los errores, se observó un error sistemático cifrado en 8' por grado, que partiendo de valores correctos en el paralelo 36° (junto a Tarifa), al llegar al Cantábrico se acumulaban cerca de sesenta minutos, debido a que el cosmógrafo eligió un grado más pequeño que el actual. Corrigiendo las latitudes según lo establecido, las coordenadas resultantes se aproximan a las actuales, desmintiendo las afirmaciones sobre la imprecisión del *Atlas*. Al trazar la nueva cuadrícula desaparece el error sistemático, y aunque son patentes algunas inconsistencias, el 80% de los puntos no supera los 10' de discrepancia, una precisión más que aceptable para el siglo XVI.

| TABLA II.<br>Selección de núcleos de población situados en las hojas. Latitudes |                                |                             |                                 |                      |                            |                  |                                     |                  |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|
| HOJA                                                                            | CIUDADES                       | A<br>Latitud<br>Hojas Atlas | B<br>Latitud<br>Google<br>Earth | A -B<br>Dif.<br>en ' | C<br>φ atlas<br>corregidas | D<br>Dif en<br>' | E<br>Mapa<br>general.<br>corregidas | F<br>Dif<br>en ' |
| 20                                                                              | <i>falces</i>                  | 43° 35'                     | 42° 17'                         | 1° 18'               | 42° 38'                    | 21               | 42° 40'                             | 23               |
| 20                                                                              | <i>San Juan de Pie de Port</i> | 44° 27'                     | 43° 9'                          | 1° 18'               | 43° 31'                    | 22               | 43° 28'                             | 19               |
| 20                                                                              | <i>Jaca</i>                    | 43° 51'                     | 42° 34'                         | 1° 17'               | 42° 59'                    | 25               | 43° 00'                             | 26               |
| 20                                                                              | <i>roncesvalles</i>            | 44° 16'                     | 43° 0'                          | 1° 16'               | 43° 23'                    | 23               | 43° 17'                             | 17               |
| 15                                                                              | <i>Taraçona</i>                | 43° 06'                     | 41° 54'                         | 1° 12'               | 42° 18'                    | 24               | 42° 05'                             | 11               |
| 20                                                                              | <i>Pamplona.</i>               | 44° 00'                     | 42° 50'                         | 1° 10'               | 43° 05'                    | 15               | 43° 00'                             | 10'              |
| 15                                                                              | <i>çaragoça (c.).</i>          | 42° 48'                     | 41° 39'                         | 1° 09'               | 42°                        | 22               | 42°                                 | 22               |

**Figura 5. Fragmento de la Tabla de estudio de las latitudes, con diferencias y valores corregidos. Para las longitudes se hará una operación similar.**

Los resultados obtenidos en las tablas no son fáciles de explicar o transmitir, por lo que es necesario dibujarlos sobre un mapa, que arroja los siguientes resultados: todas las diferencias son positivas y crecen con la latitud de forma lineal, siendo posible calcular un factor multiplicador que convierta o adapte la cuadrícula errónea al mapa dibujado. Mediante fórmulas de regresión lineal establecemos que Latitud Atlas = a x Latitud Google + b. Los resultados de los cálculos arrojan valores similares al método gráfico, aunque se puede incluir

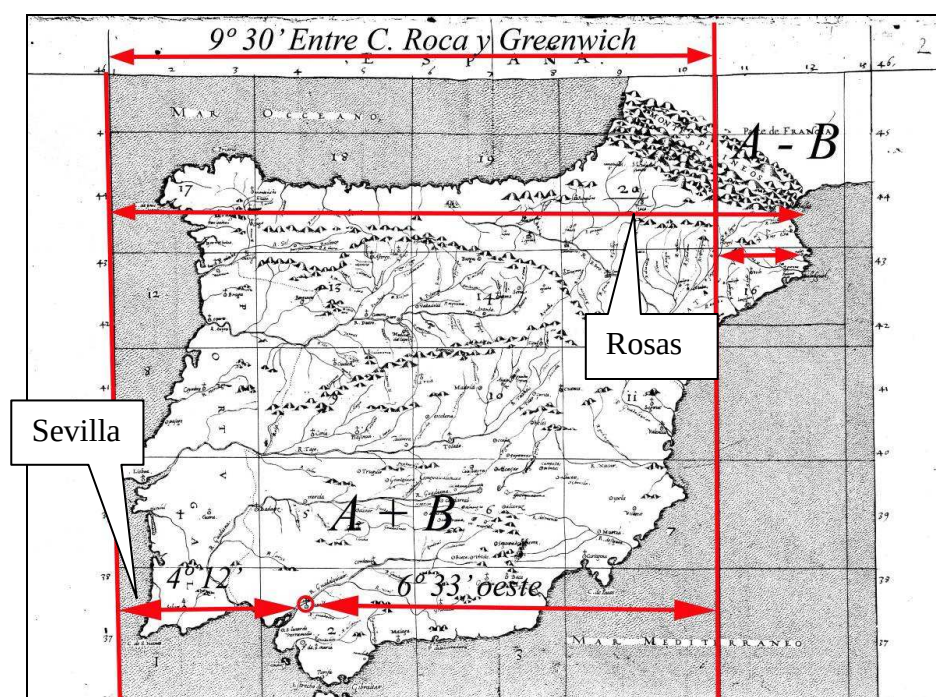
una pequeña corrección en el paralelo 36°, ya que el *Atlas* lo sitúa 10' por debajo del estrecho de Gibraltar, sobre territorio africano. La nueva cuadrícula tendría equivalencias similares a las indicadas en las imágenes que se exponen, y es aplicable también a las hojas. Cabe preguntarse porqué se trazó una retícula más corta sobre la figura de España bien dibujada. La respuesta se halla en la influencia de los mapas de la *Geografía* de Tolomeo, que incorporaban tal graduación y “obligaban” a mantenerla en las cartografías posteriores por la obediencia que imponía el principio de autoridad, según el cual los valores del griego eran incuestionables. Cada cartógrafo tomaba un modelo de referencia (el *Atlas* se basó en la cartografía de Sebastian Münster) y adoptaba sus parámetros, pero en el último cuarto del siglo XVI los mapas comenzaron a incluir una cuadrícula correcta, dejando atrás los planteamientos de Tolomeo.



**Figura 6.** Los valores extraídos de las tablas se pueden dibujar sobre el mapa para que los resultados sean más expresivos y comprensibles. En la imagen corrección de latitudes debido al uso de un grado más pequeño que el actual.

La longitud era la coordenada más difícil de determinar, y en muchos casos sus valores se basaban en mediciones itinerarias estimadas o en referencias clásicas. En el *Atlas de El Escorial*, los grados se rotulan en la parte superior e inferior del marco, y van desde el

meridiano  $1^{\circ}$  correspondiente al Cabo de Roca, hasta los  $13^{\circ}$  de longitud, aunque la información solo abarca  $12^{\circ}$ . La costumbre de utilizar el valor  $1^{\circ}$  como meridiano de referencia, proviene –de nuevo– de las *Geografías* de Tolomeo, siendo otra de las características que vinculan a este mapa con la cartografía tradicional. El meridiano origen no se encuentra en las Islas Canarias, como era habitual en la cartografía europea, sino que se toma una referencia particular, el Cabo de Roca, el extremo oeste de la Península, para que todos los valores de la longitud sean positivos. Si las latitudes no plantean problemas, ya que el programa Google Earth emplea coordenadas geográficas (y siempre se ha utilizado el ecuador como punto de partida), las longitudes nos obligan a realizar un pequeño cálculo. El actual origen de los meridianos se halla en Greenwich, mientras que el del *Atlas* se emplaza en el oeste portugués. Por esta razón hemos de calcular la diferencia entre ambos y sumarla o restarla según el caso (serán necesarias ambas operaciones, pues el meridiano inglés atraviesa nuestro país, dejando una parte al este y otra al oeste).

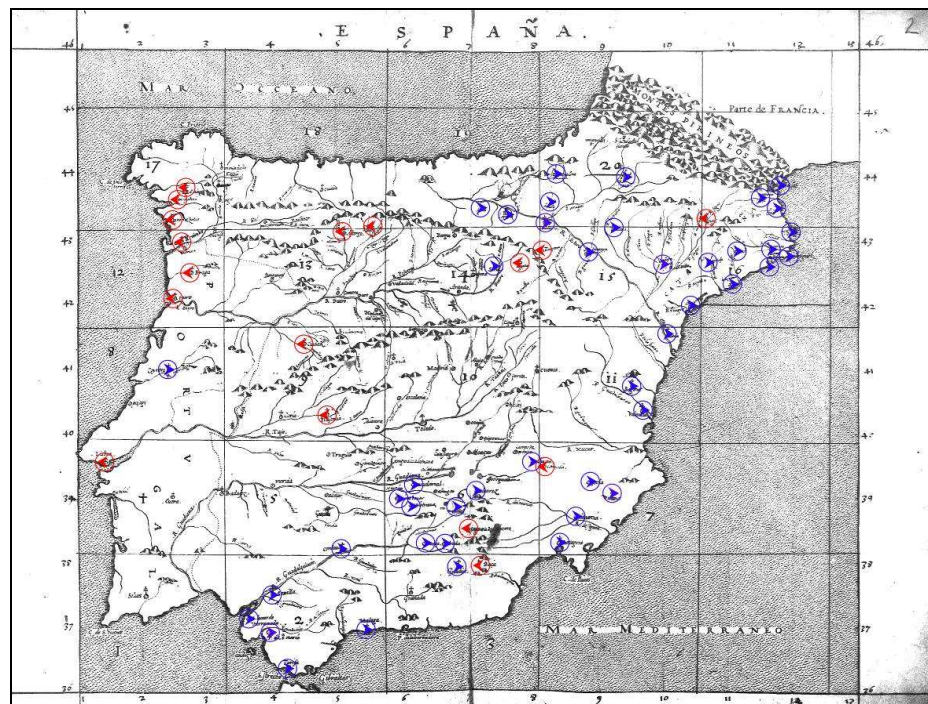


**Figura 7. Explicación del proceso para referir las longitudes actuales a las del *Atlas* o viceversa. Se ha tomado un ejemplo al oeste (Sevilla  $4^{\circ} 12'$ ), y otro al este (Rosas  $11^{\circ} 50'$ ).**

Finalizada la conversión y organizadas las tablas en función de la magnitud de los errores, es apreciable una gran dispersión en los errores accidentales, con mayores distorsiones en



Cataluña y la costa portuguesa entre Lisboa y Finisterre. No hemos considerado adecuado calcular una cuadrícula correctora auxiliar de longitudes, pues cada porción del territorio manifestaba valores diferentes que no responden a una ley uniforme. Las discrepancias son reflejo de la composición del mapa, compuesto por la fusión de varias piezas independientes (Portugal a partir de la lámina de Álvarez Seco, Cataluña de un mapa que perdido, etc.) incorpora los desplazamientos de estos mapas y los problemas derivados de casar cartografías con distintas características. Las dificultades a la hora de medir sobre el terreno las longitudes provocan que estos valores acumulen discrepancias mayores que en las latitudes. Por otro lado los errores no son homogéneos en todo el mapa y se localizan en zonas determinadas, siendo muy difícil hallar una distribución de los meridianos que encaje con todos los puntos del *Atlas*. Sería necesario trabajar por zonas y corregir los desplazamientos parcialmente; un valor en Cataluña, Valencia y Andalucía hacia el este; otro en Galicia, el Norte de Portugal y parte de León hacia oeste, etc., pero esto nada aporta al mejor conocimiento del mapa y confunde a quien interpreta los datos.



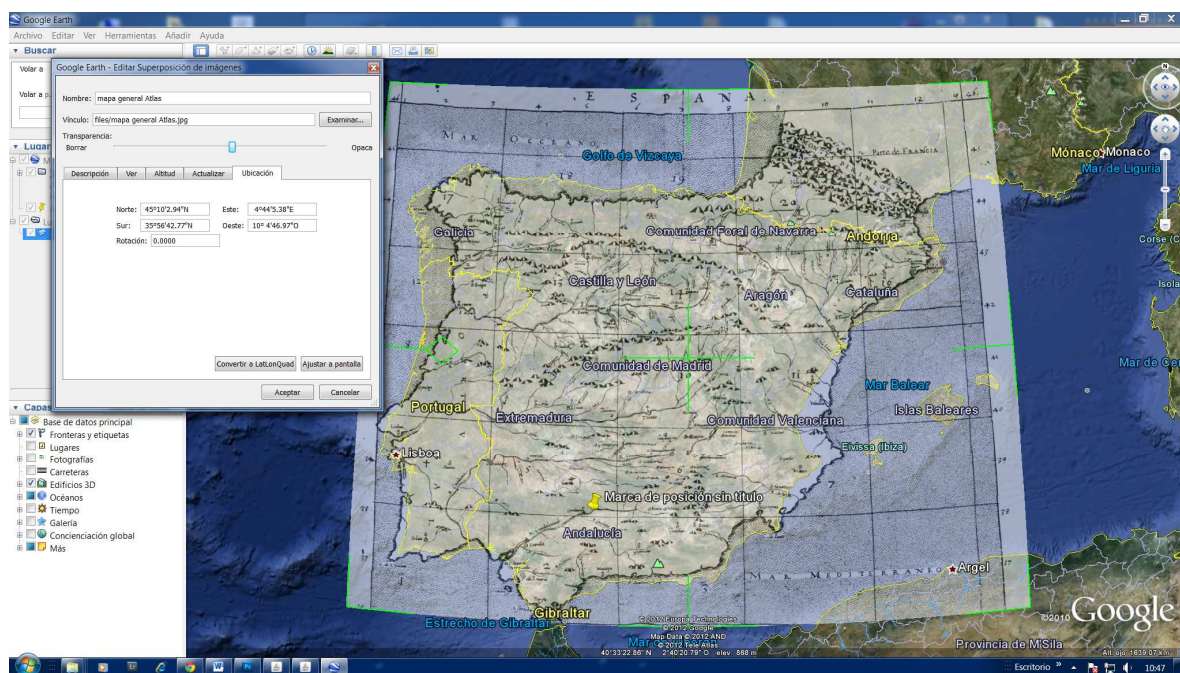
**Figura 8.** La mejor forma de apreciar los errores es situándolos sobre el Mapa General. Se han dibujado las discrepancias superiores a veinte grados con la dirección en que habría que corregirlos. Sería necesario desplazar buena parte de las poblaciones de la costa oeste, desde Cataluña hasta Sevilla hacia oriente, y entre Oporto y Santiago hacia occidente.



La confección de estos cálculos y tablas se iniciaron en el siglo pasado (allá por 1999), cuando los programas de índole cartográfico no estaban tan desarrollados. Poco después nos empeñamos superponer el *Atlas de El Escorial* con las primeras herramientas informáticas que habían salido al mercado, e intentamos calcular las deformaciones comparando el Mapa Índice con la cartografía actual empleando un software incipiente por entonces (arc-info), con operaciones muy laboriosas en las que el mapa antiguo sufría unas transformaciones que lo distorsionaban notablemente. Tras algunas pruebas y consultas a colegas y expertos, llegamos a la conclusión que cualquier deformación sobre la cartografía antigua es inaceptable. En este momento apareció Google Earth –alrededor de 2006– un programa muy cercano a los Sistemas de Información Geográfica, y rápidamente descubrimos sus ventajas y posibilidades<sup>4</sup>. El programa tiene una opción mediante la cual se puede superponer un mapa (en formato .jpg) sobre las imágenes actuales (satélite u ortofotos). La imagen digital del mapa antiguo puede desplazarse en X, en Y, girarse y transformar su escala hasta superponerla correctamente sobre la cartografía actual, de manera que se ven a simple vista las distorsiones. El resultado final se guarda en un fichero con extensión .kmz que contiene los parámetros de georreferenciación, y al que podemos acceder y modificarlo, siempre que encontramos nuevos criterios de ajuste. Además de ser muy sencillo e intuitivo, Google tiene la ventaja de que trabaja con coordenadas geográficas (latitud y longitud) como la mayoría de los mapas antiguos y los resultados son fáciles de interpretar y comparar. En nuestro caso sirvieron para corroborar los valores obtenidos por el primer sistema y para establecer un método general para georreferenciar cualquier cartografía antigua.

---

<sup>4</sup> José Miguel Olivares fue el promotor en los trabajos de Google Earth y Alberto Fernández Wyttenbach lo fue en los experimentos con MapAnalyst, dos colegas y amigos a los que agradezco su interés y dedicación.



**Figura 9. Superposición del mapa índice del *Atlas de El Escorial* sobre Google Earth y cuadro de diálogo en el que se incorpora el mapa antiguo y se reduce su opacidad con la opción transparencia para lograr el efecto visual deseado. Con este programa aplicamos de forma gráfica un Helmert (desplazamiento en x, en y, giro y cambio de escala) de forma rápida e intuitiva.**

Así pues, mediante un sencillo sistema de superposición, solapamos el Mapa General del *Atlas de El Escorial* sobre la cartografía de Google. Tomamos como eje inamovible el paralelo 36° y comprobamos que la latitud 45° del *Atlas* no coincide con la línea equivalente en las imágenes del ordenador, hallando una diferencia de alrededor de un grado. Se había verificado aquello que reflejaban los cálculos y las tablas, con la ventaja de que ahora lo veíamos en la pantalla y podíamos enseñárselo a nuestros colegas de forma comprensible e intuitiva, algo que los números por sí solos no pueden lograr. Puestos a hacer pruebas, dado que el programa nos permite modificar la escala del mapa sobre los ejes x e y indistintamente, es posible “estirar o encoger” las latitudes para hacer un encaje lo más afinado posible. Desplazamos el Mapa General hasta hacerlo coincidir el paralelo 45° en ambas cartografías sin modificar el origen (36°). La imagen resultante sufrirá una gran deformación, lo cual indica que el *Atlas* fue dibujado por coordenadas sobre una cuadrícula plana, pero posteriormente, se superpuso sobre él una retícula diferente con valores de grados vinculados a las *Geografías* de Tolomeo. La diferencia existente es progresiva: los valores son bastante

acertados en el sur (36 y 37°), pero el error aumenta con la latitud hasta alcanzar casi un grado en los 44° y 45°, debido a que se ha elegido un patrón pequeño de 16 leguas, cuando debería ser al menos de 17 leguas comunes para obtener cifras similares a las actuales.

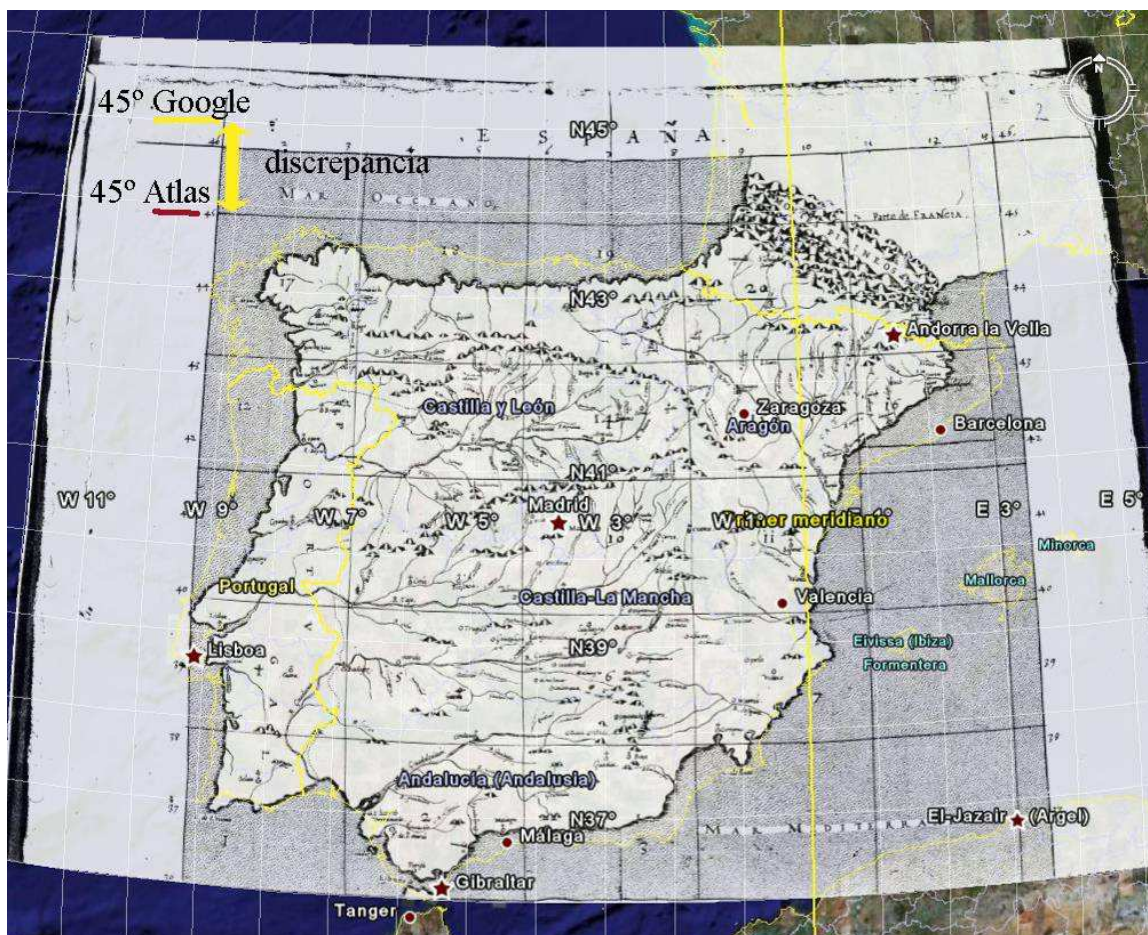
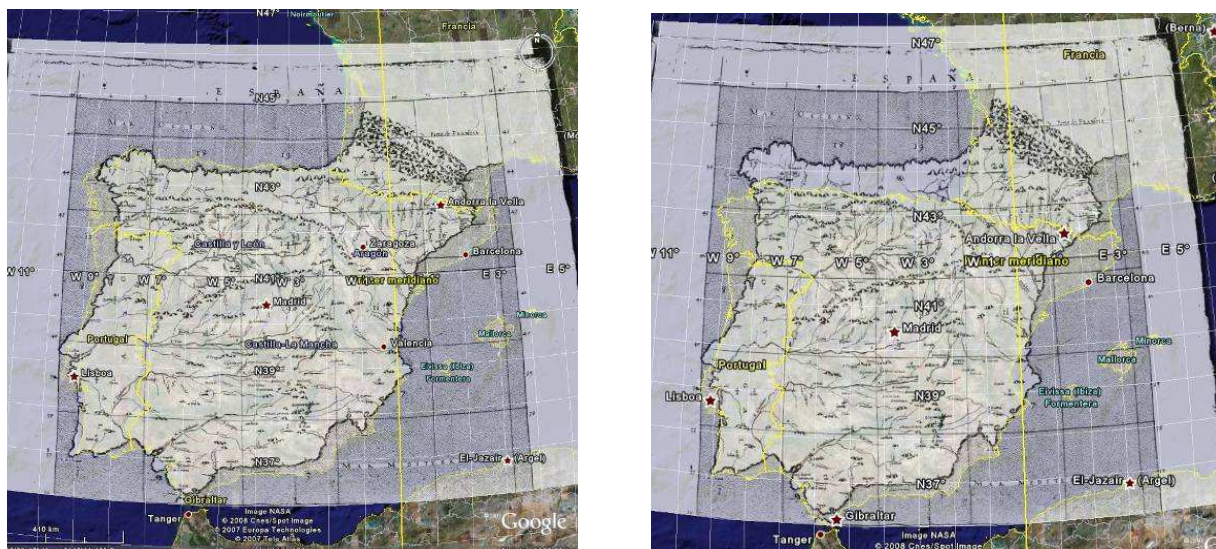


Figura 10. Se ha colocado el Mapa General sobre el paralelo 36°. El perfil peninsular se ajusta aproximadamente, pero observamos que para que el paralelo 45° del Atlas coincida con el de la imagen de Google, habría que “estirar” la hoja, es decir, hacer algo mayores los grados de latitud.





**Figura 11. En la primera imagen se ha ajustado el perfil del Mapa General a las imágenes de Satélite sin deformar el mapa índice del *Atlas*. En la figura de la derecha, se ha hecho coincidir el paralelo 45° en ambas cartografías. La deformación del mapa es notable.**

Podría pensarse que los citados desplazamientos son debidos al uso de una proyección cilíndrica, pero desechamos la idea, pues la cuadrícula tiene iguales dimensiones para todas las latitudes: es una retícula plana. De esta forma se demuestra que la graduación del Mapa General es errónea, y para poder medir valores acertados ha de dibujarse una nueva cuadrícula en la que el módulo del grado sea mayor. Mediante las herramientas de medición digital que ofrece el programa (ya no es necesario imprimir el mapa y medir con un escalímetro), es posible cuantificar las desviaciones, constatando que cada grado es más corto que el actual alrededor de 8 minutos sexagesimales, que se acumulan para latitudes crecientes. Los valores corregidos de las latitudes se aproximan razonablemente a los que encontramos en un mapa actual, verificándose la transformación realizada para cualquier latitud. Las nuevas diferencias entre el *Atlas* y Google son menores y desaparece el error sistemático, dando lugar a discrepancias positivas y negativas, no siendo ninguna superior a 20', lo que significa que la corrección resuelve el problema de las latitudes, según los valores que se muestran en la tabla adjunta.

| Tabla nº 3.<br>Comparación entre las latitudes del Atlas y las actuales |               |                |                    |                         |                  | Correcciones a aplicar |            |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|--------------------|-------------------------|------------------|------------------------|------------|
| Ciudad                                                                  | Latitud Atlas | Latitud Google | Diferencia latitud | Latitud Atlas corregida | Nueva diferencia |                        |            |
| Málaga                                                                  | 37°           | 36°<br>43'     | 20'                | (8')<br>36° 52'         | 12'              | Paralelo               | Corrección |
| Sevilla                                                                 | 37°<br>30'    | 37°<br>23'     | 10'                | (12')<br>37° 18'        | -5'              | 37°                    | 8'         |
| Córdoba                                                                 | 38°<br>15'    | 37°<br>55'     | 20'                | (18')<br>37 57'         | 2'               | 38°                    | 16'        |
| Toledo                                                                  | 40°<br>10'    | 39°<br>51'     | 20'                | (32')<br>39° 38'        | -14'             | 39°                    | 24'        |
| Valencia                                                                | 40°<br>20'    | 39°<br>28'     | 50'                | (35')<br>39° 45'        | 17'              | 40°                    | 32'        |
| Cuenca                                                                  | 40°<br>55'    | 40°<br>04'     | 50'                | (40')<br>40° 15'        | 11'              | 41°                    | 40         |
| Madrid                                                                  | 41°           | 40°<br>24'     | 40'                | (40')<br>40° 20'        | -4'              | 42°                    | 48'        |
| Ávila                                                                   | 41°<br>10'    | 40°<br>39'     | 40'                | (42')<br>40° 28'        | -11'             | 43°                    | 56'        |
| Barcelona                                                               | 42°20'        | 41°<br>23'     | 60'                | (51')<br>41° 30'        | 7'               | 44°                    | 1° 04'     |
| Santiago                                                                | 43°<br>45'    | 42°<br>52'     | 50'                | (60')<br>42° 45'        | -7'              | 45°                    | 1° 12'     |
| Pamplona                                                                | 44°           | 42°<br>49'     | 1° 10'             | (64')<br>42° 56'        | 7'               |                        |            |

El resultado final de esta superposición del *Atlas de El Escorial* sobre la cartografía de Google Earth nos confirma que las longitudes en el Atlas han sido dibujadas con menos precisión que las latitudes, y hay zonas donde se concentra un mayor error (Cataluña, Galicia, el norte de Portugal y Castilla la Vieja), debido a que el *Atlas* es un puzzle formado por datos de elaboración propia y mapas ya existentes, lo que influye en el aspecto final. Portugal fue tomado de un mapa existente trazado por Fernando Álvaro Seco publicado en 1561, cuyos errores se han conservado, Cataluña se debió dibujar a partir de otra cartografía existente –



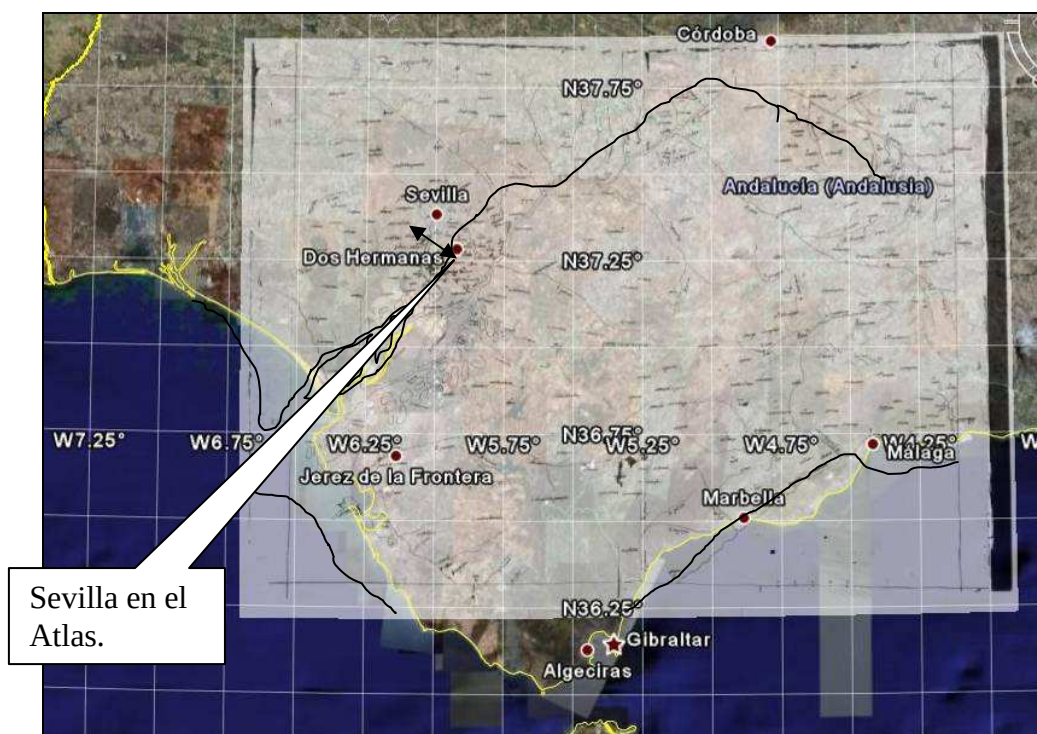
Tras superponer el Mapa General sobre la cartografía de Google Earth, nuestro objetivo se centró en repetir el mismo proceso con cada una de las veinte láminas del *Atlas de El Escorial* y descubrimos que cada hoja necesita un procedimiento individualizado. Buscar la coincidencia de los paralelos y los meridianos no es el mejor sistema, ya que el grado elegido es menor que el actual, por lo que optamos por buscar el case de dos o tres ciudades significativas, un sistema que arroja buenos resultados en las proximidades del punto de case. Las principales poblaciones conservan su posición relativa con respecto a la hidrografía y a los núcleos urbanos próximos, pero hay grandes diferencias respecto a localidades más alejadas. Esto es debido a que solo algunos puntos se situaron a partir de coordenadas

geográficas, y el resto se posicionaban a partir de ellos, tomando los datos de itinerarios, descripciones y noticias que a veces poco detalladas. La georreferenciación arroja resultados variados para cada lámina en función de los puntos comunes que se elijan, aunque siempre con la misma consecuencia; si en unas zonas hay notables coincidencias, en áreas alejadas se producen discrepancias. Coincidimos con otros autores al afirmar que es imposible hacer coincidir un mapa antiguo con otro moderno, porque los cosmógrafos trabajaban con coordenadas y ángulos observados con toscos instrumentos y las distancias estimadas<sup>5</sup>.



**Figura 13. Ejemplo de superposición de la hoja segunda del *Atlas* sobre la imagen de España que ofrece Google Earth, ambas en coordenadas geográficas. Hemos optado por tomar varias poblaciones como puntos comunes, en vez de hacer coincidir los paralelos y los meridianos, ya que en el segundo caso los errores son mayores. Si ampliamos la figura, comprobaremos que cuando en el este las coincidencias son aceptables, la población de Sevilla y todas las que se encuentran a orillas del Guadalquivir sufren grandes desplazamientos, a pesar de que su desembocadura es un punto común.**

<sup>5</sup> D. RUMSEY y M. WILLIAMS, “Historical maps in GIS”. *Past Time, Past Place: GIS for History*, Ed. ESRI Press, 2002, p. 5.



**Figura 14. Detalle de la lámina anterior sobre la que se ha resaltado el perfil costero, el río Guadalquivir y algunas poblaciones como referencia. Sevilla halla un notable desplazamiento mientras que Málaga queda bien situada.**

Existe la posibilidad de comprobar las características métricas del *Atlas* a través del programa MapAnalyst, un software gratuito diseñado para determinar la precisión de los mapas antiguos, que muestra las distorsiones en forma de mayas o vectores de dirección<sup>6</sup>. El método de trabajo comienza estableciendo puntos homólogos entre el *Atlas de El Escorial* y una cartografía actual, en el que decidimos hacer dos comparaciones diferentes e individualizadas, una para el perfil de la península y otro para las ciudades. El trabajo de identificar puntos es laborioso, pero los cálculos son inmediatos y muestran las distorsiones del Mapa General del *Atlas* con respecto a la cartografía actual suministrada por OpenStreetmap (también puede elegirse otro mapa actual de escala pequeña en formato digital). El programa es fácil de manejar, pero tiene pequeños inconvenientes relacionados con el diseño y los algoritmos de programación, que nos hacen dudar de su utilidad para algunos análisis: cuando se comparan dos mapas antiguos con la misma proyección, los resultados son excelentes, pero cuando comparamos un mapa antiguo con uno moderno, la

<sup>6</sup> <http://mapanalyst.cartography.ch/>

comparación visual es a veces errónea, pues la cartografía actual –basada en OpenStreetMap<sup>7</sup>– se muestra según un sistema de proyección cilíndrica<sup>8</sup>. A pesar de este inconveniente, el programa sigue siendo muy práctico para comparar dos mapas (antiguos o contemporáneos) pues ofrece valores numéricos y vectores que muestran las distorsiones existentes de forma inmediata a partir de transformaciones matemáticas (Helmert y Afín) que no distorsionan el mapa y cuyos valores podemos comparar. Pero MapAnalyst no aporta mucho más en lo que respecta al análisis métrico. Nos ofrece coordenadas del mapa antiguo y del nuevo en un sistema de referencia particular que imposibilita la comparación; la escala que calcula no es útil para mapas antiguos que pueden tener errores en la posición de algunas ciudades; no se pueden descomponer los vectores de distorsión en x e y para estudiar la influencia en la latitud y la longitud por separado... El programa fue realizado por Bernhard Jenny en el año 2005 durante sus estudios en Suiza y, siendo una idea genial, es adecuado para comparaciones someras pero no es aplicable a un análisis métrico detallado si no se le incluyen nuevas opciones y posibilidades<sup>9</sup>.

Las pruebas que hicimos con el Mapa General del *Atlas* ofrecen resultados interesantes que se pueden aplicar a las veinte hojas, pero han de construirse tablas auxiliares para ordenar los resultados y diferenciar las latitudes y las longitudes. Los ejemplos que ofrecemos de nuestro trabajo con Mapanalyst no son todo lo satisfactorios que nos hubiese gustado, pues la malla de distorsiones es poco explícita y no es capaz de mostrar el error debido a la utilización de un grado menor que el actual. El gráfico de vectores es –desde nuestro punto de vista– más útil, pues indica la posición donde debería estar cada punto en el mapa antiguo, pero solo nos ofrece distancias y no coordenadas. Por último cabe señalar que la gran ventaja de este programa es que no distorsiona los mapas, solo muestra los vectores de desplazamiento respetando los documentos originales.

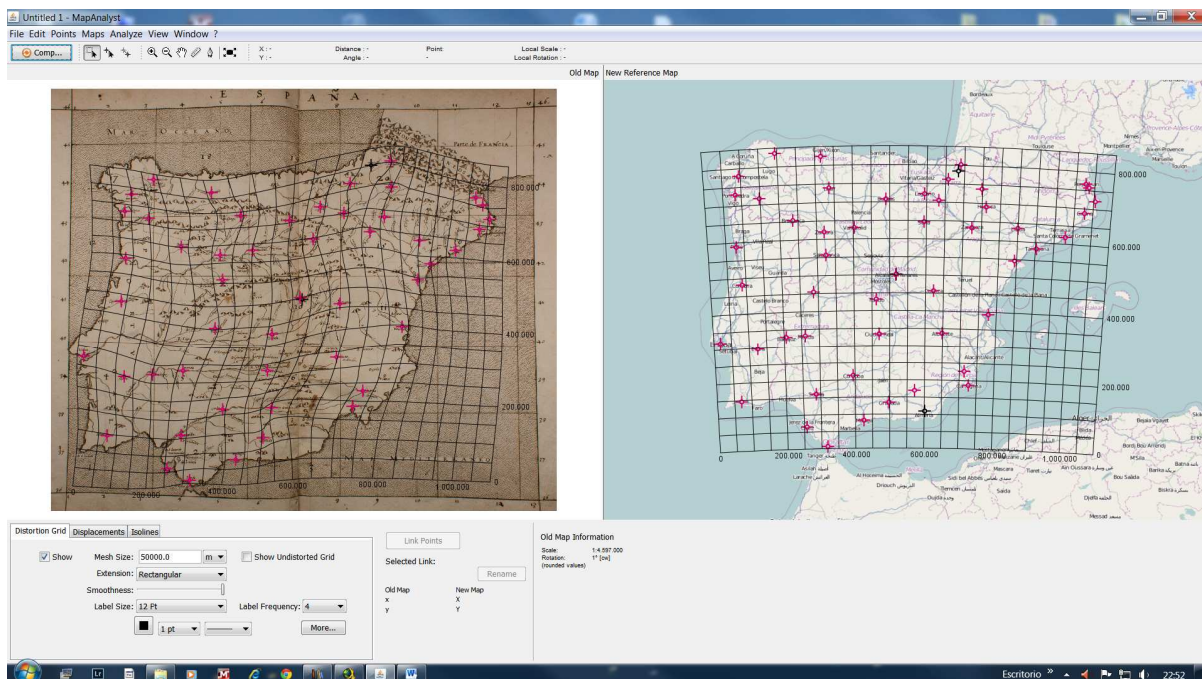
---

<sup>7</sup> “OpenStreetMap (<http://www.openstreetmap.es/>) está considerado como un mapamundi libre, una base de datos que abarca todo el mundo y que se alimenta de la información que aportan los usuarios. Es un ejemplo de lo que se denomina cartografía colaborativa y que –en los tiempos que corren– puede tener mucho éxito.

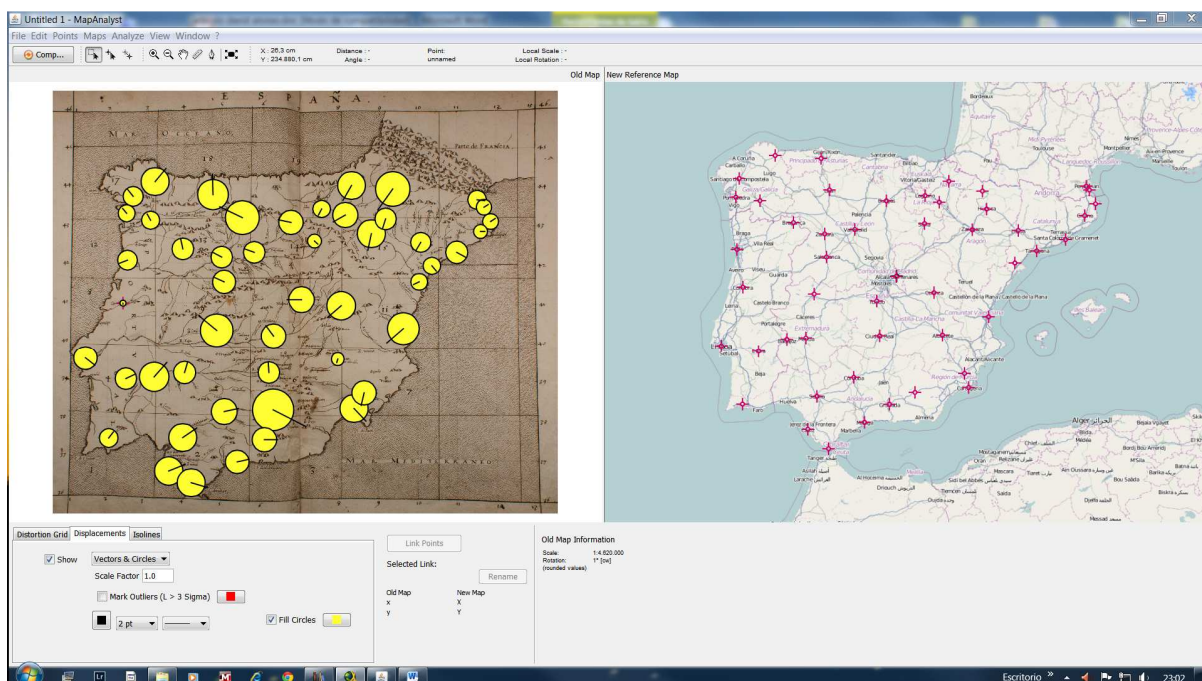
<sup>8</sup> Aunque el programa transforma internamente las coordenadas a geográficas para la comparación, la vista final de los mapas actuales se muestra en proyección UTM.

<sup>9</sup> El autor, que ahora trabaja para la universidad de Oregón, tiene una dirección de contacto para corregir errores, pero nuestra propuesta supone un cambio importante en el programa, un rediseño del mismo.

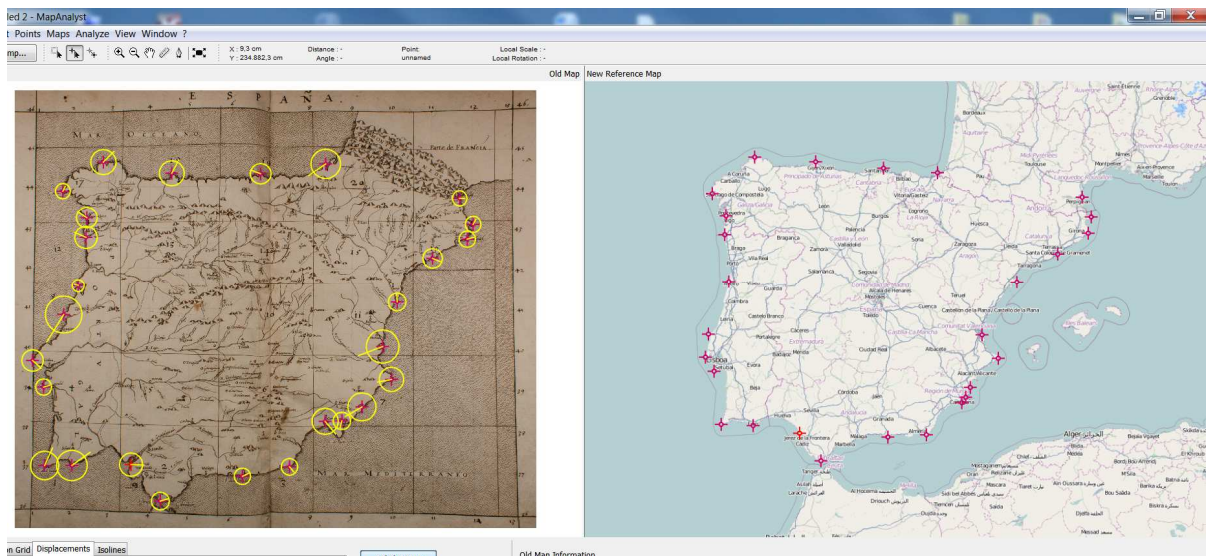




**Figura 15. Malla de distorsión calculada por el programa MapAnalyst, comparando la posición de las principales localidades de la península ibérica. La escala calculada no es correcta, y aunque ofrece una imagen visible de la distorsión, su significado no es fácil de interpretar. Se hizo otro cálculo con los accidentes costeros más destacados (cabos, golfos, bahías, desembocaduras de los ríos) y la malla de distorsión resultante es muy similar.**



**Figura 16. Mapanalyzer ofrece la posibilidad de calcular vectores de distorsión, que muestran los desplazamientos de las poblaciones de forma gráfica, Sería muy útil que ofreciese el valor numérica, que hemos de obtener mediante cálculos adicionales. Al trabajar con coordenadas parciales, no es capaz de detectar el uso de un grado 8' más pequeño que el actual.**



**Figura 17. El gráfico de vectores de distorsión utilizando puntos de la costa es mucho más explícito que la malla. Muestra, mediante las líneas amarillas, los desplazamientos: la costa entre el cabo de San Vicente y San Lucar fue dibujada muy al sur; el litoral valenciano quedó desplazado hacia el este. La costa catalana aunque algo corta en longitudes, tiene errores homogéneos.**

Después de experimentar las ventajas e inconvenientes de los tres métodos aplicados a un análisis real, cabe la posibilidad de plantear un método gráfico para analizar la cartografía antigua, que comprende la georreferenciación de los mapas, la incorporación a un SIG y la inclusión en la Infraestructuras de Datos Espaciales de España (IDEE). Esto permitirá superponer mapas antiguos sobre cualquier cartografía actual (básica, catastral, geológica...). Es importante aclarar que nada se obtiene con deformar el mapa antiguo para adaptarlo a la forma del terreno actual: los mapas del siglo XVI responden a unos métodos concretos y a un estado de la ciencia muy diferente al de hoy en día. Podemos cuantificar las distorsiones, medir errores y desviaciones, pero siempre respetando la forma y la escala original. Por ello

consideramos adecuado realizar traslaciones y cambios de escala (transformaciones helmert o afines) que no afectan a la posición de los elementos y sólo modifican el tamaño general del mapa (son ampliaciones de la imagen original) posibilitando superponerlo a otro cualquiera.

Un procedimiento tipo comprendería los siguientes pasos:

1. Escaneo del mapa. También se pueden realizar fotografías, pero los objetivos fotográficos angulares incorporan las aberraciones propias de las lentes y curvan las líneas rectas, generalmente en forma de barril. Se pueden utilizar teleobjetivos unidos a sistemas de seguimiento, crear un mosaico y unir las fotos en un único documento.

2. Una vez que se dispone de una imagen digital, se procederá a superponerla sobre Google Earth. No es necesario que la imagen tenga mucha resolución, ya que puede ralentizar el tiempo de respuesta del programa.

3. Ajuste del mapa buscando una población, meridiano o paralelo común mediante desplazamientos en “x”, “y”, e incluso giros. (transformación Helmert). Las rotaciones suelen ser necesarias, ya que muchos mapas estaban orientados al norte magnético y hay que girar el mapa el valor de la declinación magnética (en los mapas y libretas de campo del siglo XVI puede cifrarse en 7°).

4. Comprobar si se puede construir una cuadrícula de latitudes nuevas, ya que muchos mapas de la Geografía de Tolomeo o basados en ella incorporan cuadrículas defectuosas y diferentes de los valores de la latitud que se mide con un astrolabio o un cuadrante.

5. Generar un fichero que conserve el solape de las dos cartografías. En cualquiera de los pasos anteriores se puede realizar el análisis del mapa, en el que se recomienda utilizar un método matemático, a base de tablas y cálculos, y comprobar los resultados con el programa MapAnalyst.

6. Incorporación a un SIG, a una cartoteca virtual, a una base de datos digital accesible que responda a los parámetros de la Infraestructura de Datos Espaciales de España<sup>10</sup>.

7. El mapa digitalizado podrá consultarlo cualquier investigador, y los ficheros generados serán susceptibles de superponerse sobre cualquier tipo de cartografía, pues ya están georeferenciados.

8. Al estar codificados según una normativa internacional puede utilizarse cualquier visor o programa de libre distribución para visualizarlos, aunque siempre es recomendable utilizar el ofrecido por la página cartográfica que aloje tales ficheros.

---

<sup>10</sup> A. F. RODRÍGUEZ PASCUAL, E. LÓPEZ ROMERO y P. ABAD POWER, “La infraestructura de datos espaciales de España (IDEE): una realidad emergente”, *Mapping*, nº 100 (2005), pp. 30-32.

Llegados a este punto, cabe resaltar el trabajo realizado por los componentes del proyecto CartoVIRTUAL (2009-2011), destinado a crear una Cartoteca Histórica Virtual distribuida, desarrollada en un portal web (<http://www.cartovirtual.es>) que cumple los requisitos necesarios para formar parte de la Infraestructura de Datos Espaciales de España. Surgió bajo la inspiración de la iniciativa DIGMAP en el que seis importantes Bibliotecas de Europa se unieron con el objetivo de crear una Biblioteca Digital Europea; sus propósitos se han cumplido y han crecido notablemente ya que es posible el acceso a los fondos cartográficos de colecciones repartidas a lo largo de todo el mundo. CartoVIRTUAL ha contribuido a crear una Cartoteca Nacional Histórica dentro del marco de la Infraestructura de Datos espaciales de España y ha puesto en marcha un servidor de mapas basado en los servicios OGC, posee un motor de búsqueda que accede a los principales repositorios de cartografía antigua, así como un navegador muy completo e intuitivo para las búsquedas y las consultas geográficas. La fuente de los datos comenzó siendo DIGMAP (un proyecto piloto de almacenamiento y consulta de cartografía digital) y se terminó accediendo al repositorio de datos que ofrecía el proyecto Hispana<sup>11</sup>. La ventaja de CartoVIRTUAL es que es muy flexible, incorpora herramientas precisas y sujetas a normativas internacionales. Además incorpora en un módulo independiente el programa MapAnalyst con el que se es posible el estudio de las características geométricas y proyectivas de los mapas<sup>12</sup>. El proyecto finalizó en diciembre de 2011 y debido a los recortes presupuestarios, ha quedado sin actualización ni mantenimiento y sospechamos que el trabajo y el tiempo invertido en el desarrollo de una Cartoteca Virtual Española puede llegar a perderse.

## Conclusiones

En este artículo se ha expuesto el uso de tres herramientas complementarias a la hora de realizar el análisis métrico de un mapa antiguo, que han sido probadas, aplicadas y desarrolladas según un orden cronológico. Inicialmente utilizamos métodos matemáticos y estadísticos tradicionales, cuyos resultados nos permitieron valorar las características del

---

<sup>11</sup> Hispana (<http://roai.mcu.es/es/estaticos/contenido.cmd?pagina=estaticos/presentacion>) reúne las colecciones digitales de archivos, bibliotecas y museos españoles conformes a la Iniciativa de Archivos Abiertos, que promueve la Unión Europea y cumple en relación a los repositorios digitales españoles funciones análogas a las de Europeana.

<sup>12</sup> A. FERNÁNDEZ WYTTEBACH Y M. A. BERNABÉ POVEDA, (2010) "El proyecto cartovirtual: Cartoteca nacional histórica virtual", En *Revista Catalana de Geografia*, IV época, vol. XV, nº 41 (2010), s.p. (<http://www.rcg.cat/articles.php?id=191>).



mapa, determinar la escala, la exactitud, el valor del grado, posibles errores en la graduación, comprobar la posición de los elementos geográficos, etc. Este sistema requiere de muchos cálculos y la confección de numerosas tablas, por lo que resulta engorroso y poco didáctico. Tras esta primera fase, llegaron en nuestro auxilio los Sistemas de Información Geográfica, una herramienta de gran utilidad que aporta una salida visual inmediata, intuitiva y de fácil comprensión. Aunque puede utilizarse cualquiera de los programas que se distribuyen en el mercado, hemos optado por emplear el visor de mapas más conocido y divulgado (Google Earth) con el que es posible georreferenciar la cartografía que nos interesa y compararla, dentro de un sistema de coordenadas geográficas, con otros mapas antiguos y modernos. Los resultados obtenidos fueron excelentes y confirmaron todo lo expuesto por el método numérico. La tercera posibilidad está vinculada a otra herramienta de análisis cartográfico – MapAnalyst– que combina las dos opciones anteriores (la faceta numérica y la visual). Las pruebas realizadas con un ejemplo real –el Mapa General de El *Atlas de El Escorial*– no fueron todo lo satisfactorias que hubiésemos deseado y muestran las limitaciones del programa para nuestro objetivo: realizar un cuidadoso y exhaustivo análisis métrico de un mapa antiguo.

### **Bibliografía**

- CRESPO SANZ, A. (2008): *El Atlas de El Escorial*. Tesis doctoral inédita. Depto. de Geografía de la Univ. de Valladolid. Valladolid.
- CRESPO SANZ, A. (2009). "El Atlas de El Escorial. Un mapa olvidado". *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, CXLV diciembre 2009, Madrid, pp. 117-142.
- Digital Historical Map Project, INFO2000 EU Programme. <http://www.dhm.uni-greifswald.de>
- DIGMAP: Discovering our Past World with Digitised Maps. <http://www.digimap.eu>
- EUROPEANA Cultural Portal. <http://www.europeana.eu>
- FERNÁNDEZ WYTTEBACH, A.; BERNABÉ POVEDA, M. Á. (2010): "El proyecto Cartovirtual: Cartoteca nacional histórica virtual". *Revista Catalana de Geografia*, IV época, vol. XV, núm. 41. <http://www.rcg.cat/articles.php?id=191>
- Google Maps. <http://www.maps.google.com>
- Jefatura del Estado (2010): "Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España (LISIGE)".

- JENNY, B. (2006). "MapAnalyst – A digital tool for the analysis of the planimetric accuracy of historical maps". *e-Perimtron*, 1-3, p. 239–245, <http://www.e-Perimtron.org>.
- JENNY, B., WEBER, A. Y HURNI, L. (2007): "Visualising the planimetric accuracy of historical maps with MapAnalyst". *Cartographica*, vol. 42/1, pp. 89-94.
- MapAnalyst. <http://mapanalyst.cartography.ch/>
- OLIVARES GARCIA, J.M. (2006). Cartografía Catastral en Google Earth. *CT: Catastro*, nº 59.
- PALADINI CUADRADO, A (2000): "La formación de la carta moderna de España en el siglo XVI". *9º Congreso Jornadas Nacionales de Historia Militar. El emperador Carlos y su tiempo*. Ed. Deimos, Madrid, 1182 p.
- PALADINI CUADRADO, A. (1996): "Sobre el Atlas de El Escorial y su posible autor". *Exposición de Cartografía IV Centenario ciudad Valladolid 1596-1996*. Ed. Ayto. de Valladolid, Valladolid, pp. 35-50.
- REPARAZ RUIZ, G. (1950): "The Topographical Maps of Portugal and Spain in the 16th Century". *Imago Mundi*, Vol. 7, pp. 75-82.
- RODRÍGUEZ PASCUAL, A., EMILIO LÓPEZ, E. y ABAD, P: (2005): "La infraestructura de datos espaciales de España (IDEE): una realidad emergente", *Mapping*, Nº 100, pp. 30-32.
- RUMSEY, D. Y WILLIAMS, M. (2002): "Historical maps in GIS". *Past Time, Past Place: GIS for History*, Ed. ESRI Press, 202, pp. 1-18.
- VÁZQUEZ MAURE, F. (1982): "Análisis y evaluación del Atlas de El Escorial". *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*. Tomo 98, pp. 203-215. Publicado inicialmente en la IX conferencia internacional de historia de la cartografía, Pisano- Florencia- Roma, 1981.
- VICENTE MAROTO, M. I. (1995): "Alonso de Santa Cruz y el oficio de Cosmógrafo Mayor del Consejo de Indias" *Mare Liberum* 10. ed. Comissão Nacional para as comemorações dos descobrimentos portugueses. II Congreso luso español sobre descubrimientos e expansão colonial, Lisboa, pp. 509-529.
- VICENTE MAROTO, M. I. y ESTEBAN PIÑEIRO, M. (2006): *Aspectos de la Ciencia Aplicada en la España del Siglo de Oro*. Ed. Junta de Castilla y León. Consejera de Cultura y Turismo, Valladolid, 509 p.