



Georreferenciación de mapas antiguos para investigaciones históricas y urbanísticas utilizando software de libre acceso

Ing. Jorge E. Del Boca
Ex Profesor Titular de Topografía
FAUD - UNC

Resumen

Este trabajo presenta el procedimiento para georreferenciar mapas de papel de diversas épocas en un Sistema de Información Geográfica (SIG) de alta precisión. Este enfoque permite integrar datos espaciales actuales y precisos con la información contenida en mapas, cartas y planos históricos, incluso aquellos anteriores a las tecnologías cartográficas modernas. Así es posible superponer planos de distinto origen con exactitud permitiendo observar cambios en el tiempo y obtener mapas muy interesantes combinando elementos de los distintos tipos de plano.

Para lograr este objetivo, se emplea el software QGIS¹ junto con datos del Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina², la Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Córdoba (IDECOR)³, imágenes satelitales de acceso libre y la cartografía de OpenStreetMap⁴. Este artículo indica el flujo de trabajo utilizado para los ejemplos presentados, destacando las posibilidades de extraer conclusiones significativas en estudios específicos de diversa índole.

Introducción

En el contexto de ideas, planes y proyectos para el ordenamiento de ciudades y territorios, resulta oportuno adentrarse en el análisis de planos y cartografía existente, juntamente con la posibilidad de utilizar sistemas de información geográfica que nos permitan georreferenciar mapas antiguos de carácter histórico. Esto es especialmente útil para abordar problemas de urbanismo, modificaciones al tejido urbano, análisis regionales, y otras investigaciones de carácter histórico.

El resultado obtenido puede constituir un elemento valioso para el estudio de casos complejos y la toma de decisiones consecuente. La idea de este trabajo es combinar cartografía digital actual con mapas antiguos en un sistema de información geográfica, superponiendo la información en distintas capas temáticas para posibilitar análisis específicos en el estudio de casos particulares.

Las nuevas técnicas disponibles

Actualmente, se dispone de software y datos de libre acceso que permiten abordar problemas de gran complejidad. Entre estos recursos se incluyen:

- **Q-GIS:** Software libre para Sistemas de Información Geográfica.
- **OpenStreetMap:** Mapa digital de código abierto.
- **Google Satellite:** Mapa de fotografías satelitales.
- **IDERA:** Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina.
- **IDECOR:** Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Córdoba.
- **IGN:** Instituto Geográfico Nacional.

En cuanto a cartografía antigua, existen numerosos mapas, cartas y planos trazados con alta precisión, de los cuales

se pueden obtener imágenes digitalizadas de calidad interesante para diversos fines.⁵

Los sistemas de coordenadas globales

Existen varios sistemas de coordenadas globales que se utilizan para definir ubicaciones precisas en la Tierra, entre ellos:

- **Coordenadas Geográficas:** Utiliza latitud y longitud para ubicar cualquier punto en la superficie terrestre. La latitud se mide en grados desde el ecuador (0°) hasta los polos (90° Norte o Sur), mientras que la longitud se mide desde el meridiano de Greenwich (0°) hacia el este o el oeste, hasta los 180°.
- **Coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator):** Divide la Tierra en zonas de 6° de longitud cada una. Dentro de cada zona, las coordenadas se expresan en metros, facilitando cálculos precisos en áreas pequeñas. Es comúnmente usado en cartografía y sistemas de información geográfica (SIG).
- **Sistema Geocéntrico de Referencia Terrestre (ITRS):** Es un sistema de coordenadas tridimensional utilizado como referencia global. Está alineado con el centro de masa de la Tierra y se adapta a las deformaciones y movimientos de la corteza terrestre.

En la República Argentina, el sistema de coordenadas oficial es el **POSGAR (Posiciones Geodésicas Argentinas)**, basado en el **Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS)**. POSGAR es una red geodésica nacional que proporciona un marco de referencia preciso y uniforme para todas las actividades relacionadas con la cartografía, la geodesia y la navegación en el país.

SIRGAS está alineado con el Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84), utilizado ampliamente por sistemas de navegación satelital como el GPS. Este sistema considera las deformaciones y movimientos de la corteza terrestre, garantizando que las coordenadas sean lo más precisas posible, incluso a lo largo del tiempo.

El POSGAR se ha actualizado en varias ocasiones (POSGAR 94, POSGAR 98, POSGAR 2007, y POSGAR 2018) para mejorar la precisión y adaptarse a los cambios tecnológicos y geofísicos. La versión más reciente, POSGAR 2018, es compatible con el sistema SIRGAS y proporciona una referencia precisa, fundamental para una amplia gama de aplicaciones, desde la planificación urbana hasta la agricultura de precisión y la investigación científica.

El problema de georreferenciar:

Georreferenciar un mapa significa asignar a ese mapa una ubicación precisa en el mundo real. Supongamos que se tiene un mapa de una ciudad, pero inicialmente no se conoce exactamente dónde se encuentra dicha ciudad en el globo terráqueo. Georreferenciar el mapa

consiste en ubicarlo correctamente en un sistema de coordenadas global, como la latitud y la longitud.

Para ello, se identifican puntos clave en el mapa, como una intersección de calles o un edificio reconocible, y se les asignan sus correspondientes coordenadas geográficas. Estas coordenadas actúan como "anclas" que sitúan el mapa en su posición correcta en el espacio global.

La importancia de este proceso radica en que, una vez que un mapa está georreferenciado, puede ser utilizado junto con otros mapas o datos geográficos en aplicaciones o sistemas de información geográfica (SIG). Esto asegura que toda la información esté correctamente alineada y se pueda utilizar para análisis, navegación, planificación, y más.

Este proceso de georreferenciación es esencial para integrar información geográfica de diferentes fuentes y garantizar la precisión en su uso en diversos contextos.

Se desarrollan a continuación dos ejemplos para ilustrar el procedimiento de georreferenciación en dos casos bien diferentes.

Ejemplo Nº 1: Mapa de la Ciudad de Córdoba del año 1894

En este ejemplo se mostrará como superponer un mapa histórico de la Ciudad de Córdoba del año 1884, Figura 1, con el OpenStreetMap, mapa digital de código abierto, del corriente año 2024, o sea se georreferenciará un mapa confeccionado hace 140 años. El resultado de la operación se muestra en la Figura 2. Entre ambos mapas se destaca la interesante

coincidencia de las vías e instalaciones ferroviarias. La ingeniería y la topografía de fines del siglo XIX había alcanzado un grado de precisión que hoy en día asombra, motivo por el cual los puntos de control tomados sobre esos elementos son muy confiables, y sirven de base para realizar el procedimiento.

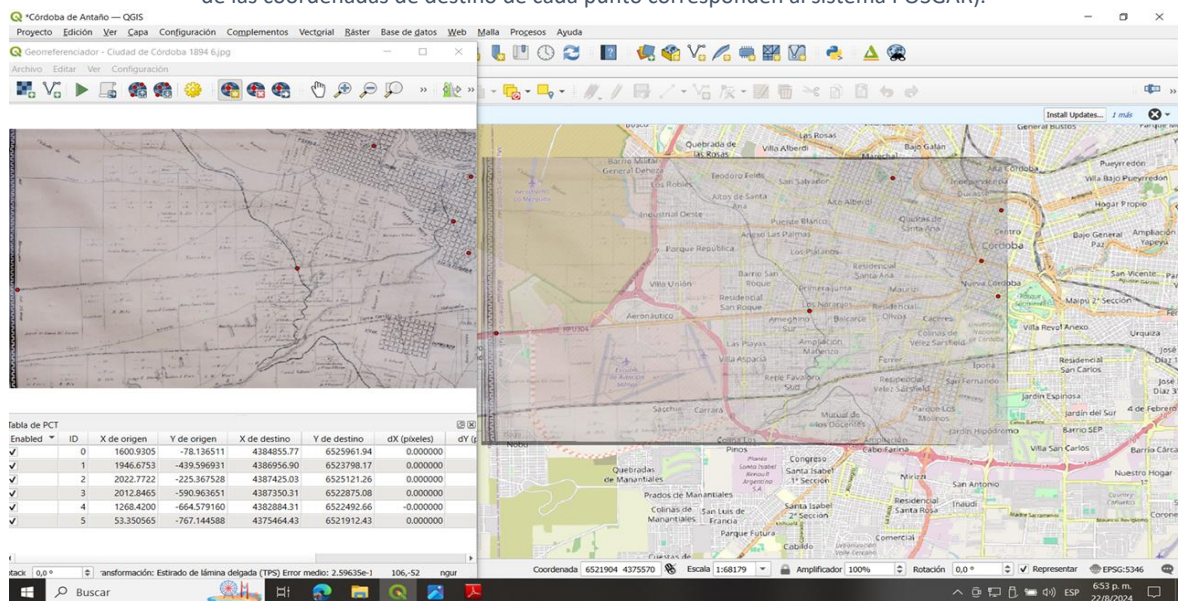
Figura 1 Mapa de la Ciudad de Córdoba del año 1894



El detalle del uso del software Q-GIS excede las pretensiones de este artículo⁶, mostrándose en la Figura 2 de modo tal que los puntos comunes de ambos planos, que terminan emparejados y en capas diferentes, que activando y cambiando las condiciones de transparencia entre ellas, el investigador podrá fácilmente saber que ocurrió con una zona con el paso del

tiempo, o ubicar en la actualidad dónde se encontraba algún elemento notable. En el plano de 1894 de la Figura 1 puede verse la red de canales para conducción de agua trazados luego de la construcción del primer dique San Roque realizada por el Ing. Carlos Casaffou en 1890 y ver la correspondencia con el trazado actual de la ciudad

Figura 2 - Correlación de puntos entre los mapas antiguo y actual (Obsérvese en la tabla inferior izquierda que los valores de las coordenadas de destino de cada punto corresponden al sistema POSGAR).

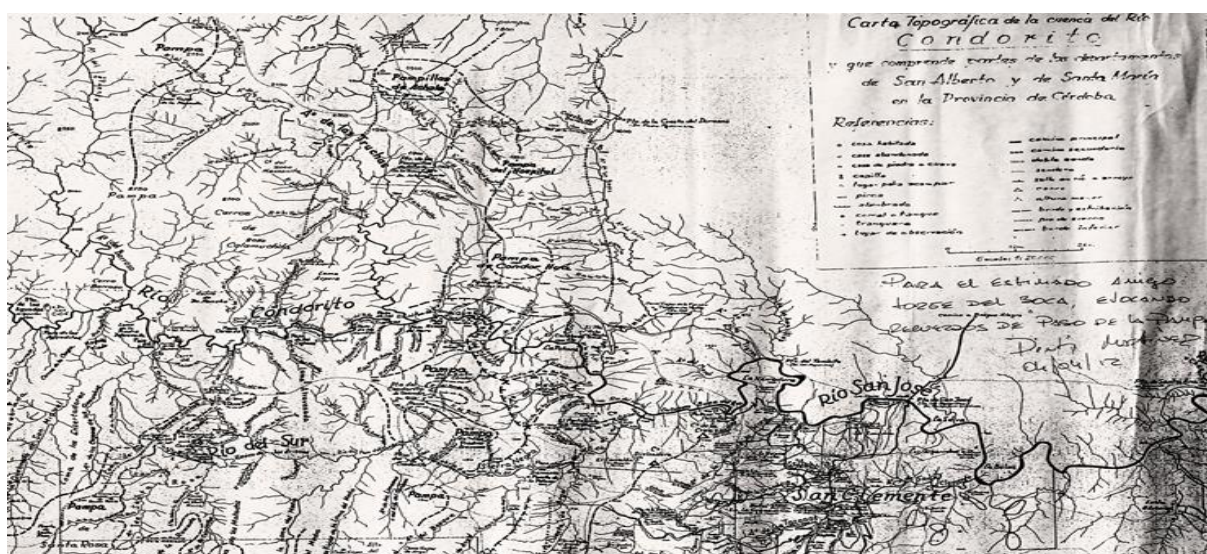


Ejemplo Nº 2: Carta topográfica de la cuenca del Río de los Condoritos (Año 1961 aprox.)

El plano a georreferenciar, en este caso, se refiere a un sector de las Sierras Grandes de Córdoba, titulado "Carta topográfica de

la cuenca del Río de los Condoritos," que comprende parte de los departamentos de San Alberto y de Santa María de la Provincia de Córdoba.

Figura 3 - Carta Topográfica de la cuenca del Río Condorito



Esta carta, en soporte papel, data de la década de 1960. Su autor⁷ tomó como base un plano de los cursos de agua, probablemente proveniente del entonces Instituto Geográfico Militar y la Dirección Provincial de Hidráulica. Cubre una superficie de aproximadamente 50.000 hectáreas. Sobre ese plano, utilizando métodos cartográficos de campo, y recorriendo a pie y a caballo la superficie, relevó numerosos detalles en el terreno, tales como: casas habitadas, casas abandonadas, casas de piedra, cuevas, capillas, lugares de asentamiento de los pueblos originales, pircas, corrales, alambrados, tranqueras, lugares de observación, caminos principales, huellas, senderos, cascadas en ríos o arroyos, cerros, elevaciones menores, bordes y estribaciones, pie de sierras, tanques, con

los nombres de los sitios y de los habitantes de entonces, entre muchos otros datos.

El Plano de la Figura 3 es en rigor una planimetría. Sólo unos pocos puntos tienen consignada su altura sobre el nivel del mar. Por otra parte se trabajó con una fotocopia reducida al 50% del plano original en papel, la cual fue digitalizada⁸. Estos procedimientos analógicos generan distorsiones de todo tipo, lo que hace necesario realizar una transformación basada en una matriz de puntos de control que puedan ubicarse tanto en el plano en papel como en el plano digital georreferenciado. Esto es mucho más complejo que un simple cambio de escala, ya que cada sector del plano en papel debe

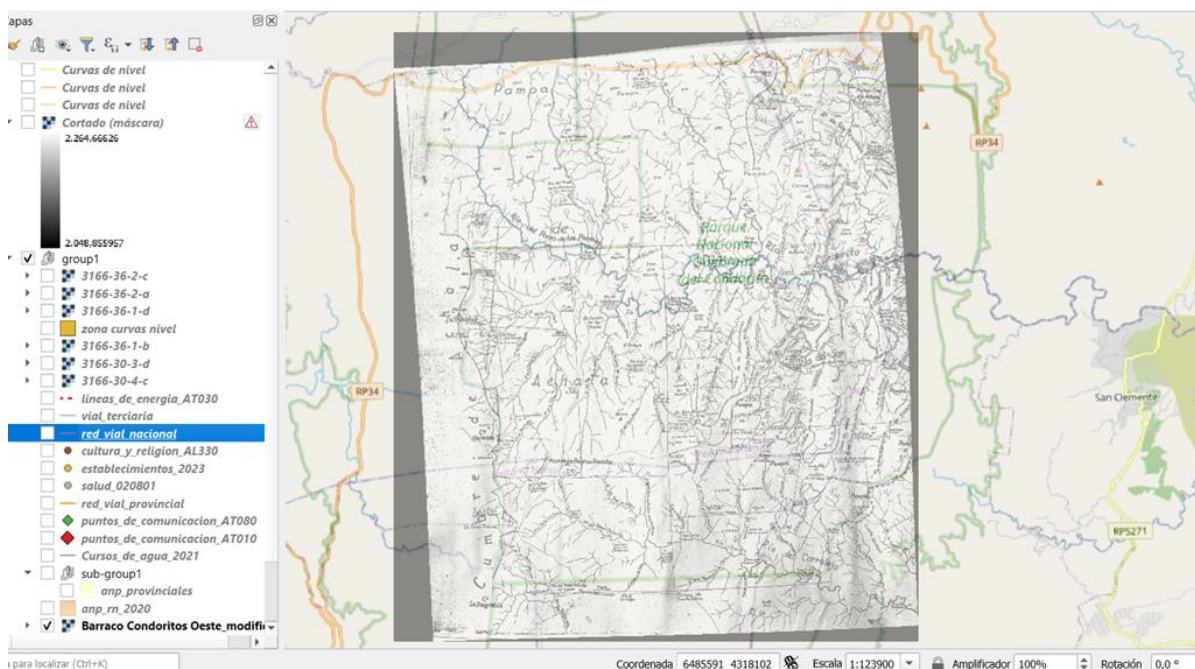
ajustarse por separado. Esta opción está disponible en QGIS.

Pasos a seguir. Flujo de trabajo:

Dentro del software QGIS se inicia un nuevo trabajo. Por tratarse de Argentina, el sistema de coordenadas correspondiente es POSGAR. El país está dividido en 7 fajas⁹, correspondiendo a la zona de la

Provincia de Córdoba la faja 4, por lo que se configura con esos parámetros el tipo de proyección.

Figura 4 Resultado del proceso de georreferenciar la carta topográfica de 1960. Obsérvese la coincidencia con el plano base

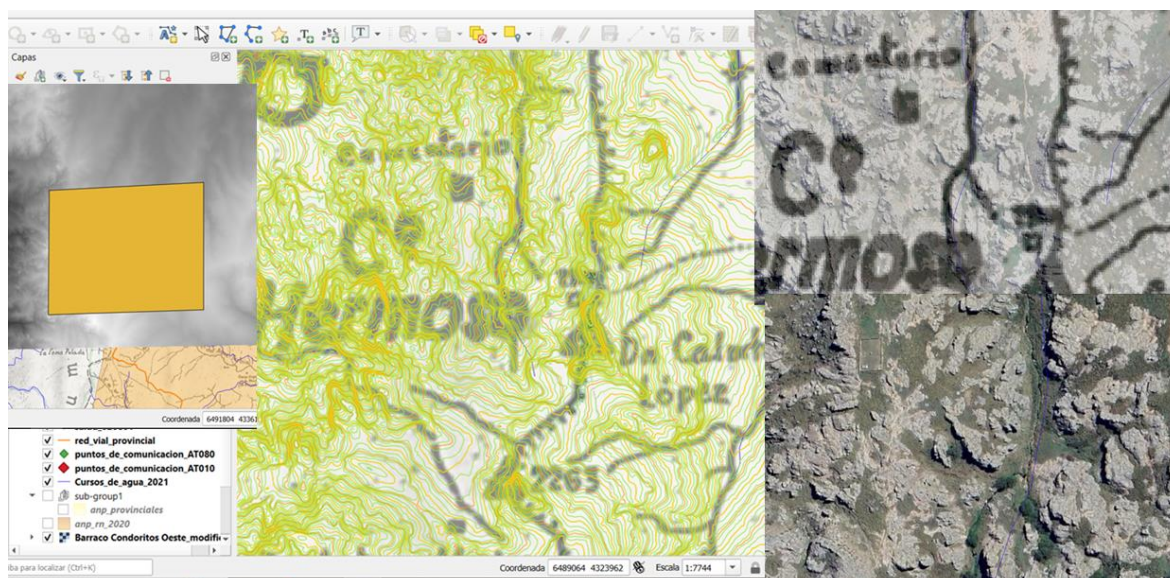


Seguidamente, se procede a georreferenciar el mapa en papel, utilizando la herramienta “Georreferenciador” y seleccionando el método de transformación “Thin Plate Spline”, que ajustará la imagen de acuerdo con una matriz de puntos. Estos puntos, seleccionados por las razones expuestas, corresponden a elementos que pueden identificarse en ambos planos, como una junta de arroyos o un cruce de caminos. Una vez lograda la georreferenciación, se tienen los dos mapas coincidentes en distintas capas, lo que permite operar

sobre las visibilidades de cada uno. Ver figura 4.

En este caso particular, y a modo de ejemplo, en el plano en papel aparece un pequeño cementerio cerca de un caserío habitado por un señor llamado Calixto López. Al apagar la capa del mapa en papel y hacer zoom, la imagen del cementerio se percibe claramente en la foto satelital, y con una muy buena coincidencia como puede apreciarse en la siguiente figura.

Figura 5 Captura de pantalla de Q-GIS, (área donde procedió a trazar las curvas de nivel sobre la carta de 1960) A la derecha un sector superpuesto y más abajo la foto satelital donde aparece el cementerio referido en el texto.



Asimismo, como los cursos de agua que presenta OpenStreetMap no son todos, al comenzar el trabajo se añadió una capa vectorial exportada de IDECOR que contiene todos los cursos de agua, permanentes, temporales y más información sobre recursos hídricos.

Además, tomando datos tanto de IDERA¹⁰ como de IDECOR, se puede agregar mucha más información, como carreteras, centros de salud y líneas de energía, entre otros.

Finalmente, mediante la introducción de los Modelos Digitales de Elevaciones suministrados por el Instituto Geográfico Nacional, se puede conocer con buena precisión la topografía del terreno mediante curvas de nivel, lo que permite relacionar la ubicación de elementos como corrales, viviendas y asentamientos humanos en relación con el relieve.

Ejemplo N° 3: Plano de Mensura y Subdivisión (Año 2016)

Los planos de mensura de tienen información sobre las dimensiones y límites de las propiedades y están confeccionados con gran precisión, pero a su vez carecen de los detalles que serían deseables para conocer más del terreno, con vistas a un

proyecto determinado. En este caso se trata de un plano en formato .cal, utilizado por la Dirección General de Catastro, aunque también podría ser en .pdf o en cualquier formato de imagen. Lo que se pretende observar es la posición y características de los elementos existentes en el terreno, tales como edificaciones, cercos, caminos, vegetación y todo tipo de mejoras, y aún el relieve, con relación a los polígonos resultantes de la subdivisión, servidumbre de paso y cursos de agua. Esta es una situación muy frecuente. Como se cuenta con puntos del terreno que han sido tomados al realizarse la mensura, la georreferenciación y la superposición con la capa de Google Satellite y el trazado de las curvas de nivel pueden realizarse sin dificultad. El resultado se muestra en la figura 6.

Figura 6 Georreferenciación de un plano de Mensura. Arriba izq: Plano de Mensura ubicado sobre foto satelital; der: Plano de Mensura y curvas de nivel sobre foto satelital; Abajo: Límites de propiedad sobre foto satelital.



Conclusión

Como puede observarse, disponer de la información cartográfica de distintos orígenes, combinada en un sitio determinado, permite realizar investigaciones para propósitos como estudios urbanísticos, ambientales, arqueológicos, históricos, y muchos más.

El trabajo se realiza totalmente en gabinete, no requiere tareas de campaña. Inclusive, puede completarse con

antelación a la visita del sitio, o sea que un reconocimiento del terreno se vería muy facilitado al disponerse de toda la información que puede obtenerse.

Para finalizar, se expresa que la intención del presente artículo es difundir estas herramientas, y sus aplicaciones hoy al alcance de cualquier persona que las necesite.

REFERENCIAS

¹ QGIS (anteriormente llamado también Quantum GIS) es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de software libre y de código abierto para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android. <https://www.qgis.org>

² Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina: <https://www.ign.gob.ar>

³ IDECOR es la Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Córdoba que permite el acceso a datos geográficos de forma libre y gratuita provistos por distintos organismos e instituciones, entre ellos datos catastrales. Gran parte de los datos se pueden descargar, desde límites administrativos hasta información consolidada a nivel parcela. <http://idecor.gob.ar>

⁴ OpenStreetMap es un proyecto colaborativo para crear mapas editables y libres. En lugar del mapa en sí, los datos generados por el proyecto se consideran su salida principal. Los mapas se crean utilizando información geográfica capturada con dispositivos GPS móviles, ortofotografías y otras fuentes libres: <http://www.openstreetmap.org>

⁵ Para la provincia y ciudad de Córdoba, puede consultarse: <https://www.idecor.gob.ar/cartografias-historicas-de-cordoba/>

⁶ Existe mucha información y tutoriales en Internet sobre el uso de Q-GIS. En particular puede consultarse en IDECOR: <https://www.idecor.gob.ar/capacitaciones/introduccion-a-qgis/>

⁷ Al momento de escribir este artículo había datos muy incompletos sobre la identidad del autor del mapa.

⁸ La digitalización en este caso fue a través de fotografía digital para obtener una imagen “raster” tipo jpg.

⁹ El sistema de “fajas” utilizado en la cartografía oficial de la República Argentina puede consultarse en el sitio del Instituto Geográfico Nacional: <https://www.ign.gob.ar>

¹⁰ Para mayor información consultar el sitio <https://www.idera.gob.ar/>