

Corrección Geométrica: Comparación entre Diversos Programas Informáticos

*Fabián González Marín
Maestría en Ciencia y Tecnología Geoespacial
Prof. Víctor Romero González
Departamento de Agrimensura y Ciencia Geoespacial
Universidad Politécnica de Puerto Rico*

Resumen — *La corrección de la imagen digital es el proceso mediante el cual se elimina cualquier anomalía detectada en la imagen. Este proceso pretende adecuar la imagen de forma que ésta quede de la forma más cercana posible a una adquisición idónea de la misma. Entre las correcciones que se realizan en el tratamiento de una imagen existen las correcciones geométricas. Este concepto incluye cualquier cambio en la posición que ocupan los pixels de la imagen, es decir, cambios en coordenadas. En esta investigación examinamos e hicimos una comparación del resultado del proceso de corrección geométrica utilizando los programas informáticos Geomática, ArcGIS, QGIS y gvSIG. Esto con el propósito de determinar si existen diferencias, cuál es la magnitud de las diferencias (si alguna) y la precisión de los resultados.*

Términos claves — *Georeferenciación, Imagen, Landsat, Pixels.*

INTRODUCCIÓN

Entre las correcciones que se realizan en el procesamiento de una imagen se encuentran las correcciones geométricas. Estas correcciones también se conocen como georeferenciación, georectificación u ortorectificación y se refiere al ajuste que se realiza con relación a la posición o localización de los pixels. Este ajuste es posible a través de funciones numéricas basándonos en una imagen de referencia o en puntos localizados sobre el terreno con un equipo de posicionamiento global. Esta corrección se realiza en tres fases; 1) localización de puntos comunes entre la imagen a corregir y la imagen de referencia o puntos en la imagen a corregir y esos mismos puntos sobre el terreno localizados con equipo de posicionamiento global. La calidad del ajuste dependerá de la precisión con que se localicen esos puntos, 2)

cálculo de las funciones de transformación entre las coordenadas de la imagen a corregir y las de referencia y, 3) transferencia de la imagen a la nueva posición (georeferenciación) [1].

Este procedimiento se hace necesario debido a que, en la mayoría de las veces, las imágenes de satélites no proporcionan información georeferenciada, además de que poseen distorsiones. Las imágenes tienen un sistema de coordenadas basado en columna-línea y la corrección geométrica pretende llevar esa posición a un sistema de coordenadas como por ejemplo UTM o, en el caso de lo que establece la ley en Puerto Rico, el Sistema de Coordenadas Plano Estatales. También, las correcciones geométricas se pueden utilizar simplemente para sobreponer una imagen sobre otra. Las correcciones que se realizan para la restauración de las imágenes se basan en ecuaciones (transformaciones) polinómicas. Generalmente se emplean tres tipos de transformaciones polinómicas; de orden 1, de orden 2 y de orden 3. La de orden 1 es lineal, es la más sencilla, requiere al menos tres puntos de control y asume que no hay distorsión, simplemente realiza traslación, rotación y cambio de escala de la imagen. La de orden 2 es cuadrática y requiere al menos seis puntos de control. Estas dos primeras son denominadas rectificación. La de orden 3 es cúbica, por lo cual requiere datos de elevación y al menos diez puntos de control. Esta es denominada ortorectificación [2]. En esta investigación solo emplearemos rectificación de imágenes con transformación polinomial de orden 1. Esta transformación no es tan agresiva y se presta mejor para este tipo de análisis. Utilizaremos seis puntos de enlace en lugares fácilmente identificables y bien distribuidos en toda la imagen, lo cual es suficiente para lo que queremos investigar.

Otro aspecto a considerar es la información contenida en los pixels. La información contenida en los pixels de la imagen original no necesariamente se transfiere a la imagen resultante. Con las funciones de transformación mencionadas se creará una nueva matriz, bien posicionada pero sin la información. En otra fase de la transformación se realiza el llenado de esta nueva matriz pero, éste llenado no es de tipo ideal pues, los pixels de la nueva imagen no necesariamente se sitúan exactamente iguales a los de la imagen original. Estos pueden quedar entre varios pixels o pueden ser de diferente tamaño. Existen métodos para realizar la transferencia de estos valores, estos son; vecino más próximo o cercano, el cual sitúa en cada pixel de la imagen corregida el valor del pixel más cercano de la imagen original. Interpolación bilineal, promedia los valores de los cuatro pixels más cercanos, éste promedio es ponderado de acuerdo a la cercanía. Convulsión cúbica, considera los 16 pixels más cercanos [3]. Estos tres métodos están relacionados en forma respectiva con el orden de polinomio mencionado anteriormente.

Para evaluar los resultados y determinar su certeza se utilizó la validación cruzada. Este método compara las diferencias entre los valores de los puntos en la imagen georeferenciada y en la imagen a georeferenciar. Si la diferencia del promedio cuadrado de ésta comparación es pequeña, los resultados tienen buena certeza. A esta diferencia del promedio cuadrado se le llama Error Cuadrático Medio (ECM) [4]. La ecuación (1) es la expresión de esta función,

$$ECM = \sqrt{((\hat{c}_i - c_i)^2 + (\hat{i}_i - i_i)^2)} \quad (1)$$

El ECM es el indicador más utilizado para evaluar la calidad de la corrección.

Existen programas informáticos creados para el procesamiento de imágenes como los son Geomática, ArcGIS, QGIS y gvSIG, los cuales utilizan algoritmos para hacer el proceso más simple. Algunos de estos programas requieren licencia y otros son de código abierto. Para ésta investigación se realizó el proceso de corrección geométrica utilizando los programas informáticos

antes mencionados con el fin de hacer una comparación de los resultados obtenidos y determinar si existen diferencias, cual es la magnitud de las diferencias (si alguna) y la precisión de los resultados.

ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio es el área entre los municipios de Arecibo y Hatillo (Figura 1). Esta se encuentra localizada en la parte norte de la isla. La zona tiene un área aproximada de 30 km², la topografía es llana-semillana y está compuesta por la zona urbana, varias carreteras principales y secundarias a su alrededor, la zona rural y la costa.

IMAGEN DE REFERENCIA

La imagen de referencia utilizada fue una ortofoto obtenida del Portal de Datos Geográficos Gubernamentales de Puerto Rico. El tamaño del pixel de este mapa puede ser de hasta 0.13 metros a una escala de 1:500 y está georeferenciada al Sistema de Coordenadas Planas Estatales North American Datum del 1983 [5].



Figura 1
Zona de Estudio
Fuente: Elaboración Propia

IMÁGENES A GEOREFERENCIAR

Para la corrección se utilizaron imágenes obtenidas por los Sensores Landsat 5TM y Landsat 7ETM+, tomadas el 6 de octubre del 1989 y el 13

de noviembre de 2000 respectivamente, el tamaño del pixel de estas imágenes es de 30 metros [6].

Landsat 5TM

El satélite Landsat 5TM fue puesto en órbita el 1 de marzo de 1984 y porta como sensor esencial el Thematic Mapper (TM) diseñado para cartografía temática. Captura datos en 7 bandas espectrales. Las bandas 1,2,3,4,5,7 tienen una resolución de 30 metros y la banda 6 de 120 metros. Su órbita es heliosincrónica (siempre pasa a la misma hora por un determinado lugar). Tiene una altura de 705 km y un periodo de 98.9 minutos, o sea, que completa 16 vueltas diarias alrededor de la tierra [7]. Es el quinto de un grupo de ocho satélites lanzados por los Estados Unidos hasta la fecha. Las imágenes recibidas de este satélite son procesadas por el United States Geological Survey (USGS) aunque el programa Landsat es controlado por la National Aeronautics and Space Administration (NASA) [6].

Landsat 7ETM+

El satélite Landsat 7ETM+ fue lanzado al espacio el 15 de abril de 1999 y porta el sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). Al igual que el Landsat 5TM, su operación es administrada por la National Aeronautics and Space Administration (NASA) y la producción y comercialización de imágenes es realizada por el United States Geological Survey (USGS). Las imágenes están compuestas de 8 bandas espectrales. Las bandas 1,2,3,4,5,7 tienen una resolución de 30 metros y la banda 6 de 60 metros. La banda 8 es Pancromática y tiene una resolución de 15 metros. El periodo de revolución y el área que cubre es igual al Landsat 5TM [6].

PROGRAMAS INFORMÁTICOS

- **Geomática:** Es un programa informático de uso comercial para el procesamiento de datos de Percepción Remota. Fue diseñado por PCI Geomatics en Canadá para los años 1990. Una de sus herramientas más versátiles lo es Orthoengine [8].

- **ArcGIS:** Es un programa producido y comercializado por el Environmental Systems Research Institute (ESRI) para el año 1969, bajo el nombre genérico de ArcGIS, agrupa varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica [9].
- **QGIS:** QuantumGIS es un programa de código abierto. Es un proyecto de Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) y está impulsado por voluntarios. Corre sobre diversas plataformas y soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, raster y bases de datos [10].
- **gvSIG:** Es un proyecto impulsado inicialmente en el año 2004 por el gobierno regional de la Generalidad Valenciana de España, por eso su nombre es Generalidad Valenciana Sistema de Información Geográfica pero se utiliza el nombre abreviado gvSIG. Es un programa de código abierto que actualmente está impulsado por el conjunto de entidades denominado Asociación gvSIG [11].

METODOLOGÍA

Para realizar la comparación se obtuvieron las imágenes de los satélites Landsat 5TM y Landsat 7ETM+. Se realizó el proceso de unión de bandas y se seleccionó la zona de estudio. Se obtuvo el mapa de referencia del Portal de Datos Geográficos Gubernamentales de Puerto Rico. Este mapa es una ortofoto de la isla de Puerto Rico asociada al sistema de referencia espacial State Plane North American Datum del 1983. Se procedió a realizar el proceso de georeferenciación para ambas imágenes con los diferentes programas informáticos utilizando la transformación polinomial de orden 1 y el método de vecino más cercano para la transferencia de valores. Se emplearon seis puntos de control (Figura 2), bien distribuidos y en lugares claramente identificables. Se obtuvo el error cuadrático medio y se tabularon los resultados. Se realizó todo el proceso por segunda vez solo para la imagen Landsat 7ETM+.

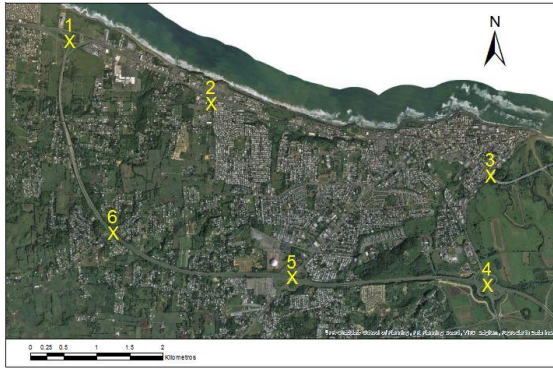


Figura 2
Puntos de Control Utilizados
Fuente: Elaboración Propia

Para la georeferenciación con Geomática se utilizó el modulo Orthoengine. Primero se creó el proyecto con todos los parámetros. Utilizamos en el menú de GCP/TP Collection la opción Collect GCPs Manually para seleccionar los puntos de control. Al subir las imágenes, el programa las presenta en dos vistas. Además, muestra ventanas adicionales para mejor enfoque. Seleccionamos seis puntos de control para una transformación polinomial de orden 1. El programa va mostrando detalles del proceso en cada selección de puntos. Luego se grabó la imagen corregida.

Para la georeferenciación con ArcGIS se utilizaron las herramientas contenidas en el modulo Georeferencing. Teniendo en pantalla la imagen de referencia y la imagen a georeferenciar utilizamos el algoritmo de Add control points para marcar los puntos de control. Empleando seis puntos de enlace realizamos una transformación polinomial de orden 1. Una vez introducidos los puntos de control, el programa calcula y muestra el Error Cuadrático Medio (ECM) total. Luego de evaluar y de estar conformes con el ECM tenemos la opción de georeferenciar la misma imagen y grabarla (función Referencing) o de generar una copia de la imagen georeferenciada conservando la imagen original (función Rectify).

Para la georeferenciación con QGIS se utilizaron las herramientas contenidas en el plugging Georeferencer GDAL. Teniendo en pantalla la imagen de referencia utilizamos la función georeferencer, con la cual abrimos la imagen a

georeferenciar en una nueva interfaz. La interfaz del georeferencer está dividida en dos partes, en la parte superior la imagen a georeferenciar y en la parte inferior el espacio destinado a los datos de los puntos de control. Utilizamos el algoritmo de Add control points para marcar los puntos de control en ambas imágenes. Empleando seis puntos de enlace realizamos la transformación polinomial de orden 1. Una vez introducidos los puntos de control se especifica el tipo de transformación, el método para la transferencia de valores, el nombre del archivo de salida y su sistema de referencia espacial.

Para la georeferenciación con gvSIG se utilizaron las herramientas contenidas en el modulo de teledetección. Al abrir la función de transformaciones geográficas se activa la función de georeferenciación. Al seleccionar la función de georeferenciación, el programa abre una ventana en la cual se especifica si se va a usar mapa de referencia, el archivo a georeferenciar, el archivo de salida, el tipo de transformación y el método para la transferencia de valores. Al llenar dichos parámetros, se abren ambas imágenes en dos ventanas en la pantalla. Esta pantalla contiene las dos imágenes en la parte superior y en la parte inferior se encuentra la tabla donde serán colocados los datos de los puntos de control y dos ventanas adicionales para mejor enfoque. Se colocan los puntos de control en ambas imágenes, luego se verifica el ECM, calculado por el programa, y se graba una nueva imagen georeferenciada.

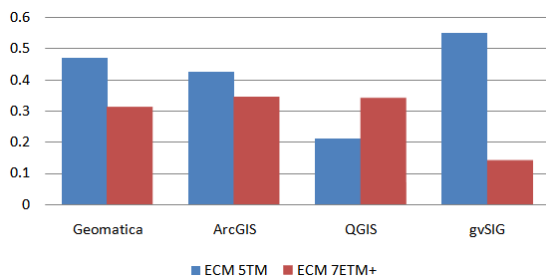
RESULTADOS

Luego de realizado el proceso de georeferenciación se observó que existen diferencias en los resultados obtenidos de los diferentes programas. Estas diferencias se pudieron cuantificar gracias al cálculo del error cuadrático medio (ECM), el cual nos ayuda a evaluar la calidad general del ajuste. La magnitud de esas diferencias las podemos observar en la tabla 1, en la cual se puede ver que el resultado obtenido con el programa QGIS es el más certero, con un ECM de 0.213m, para la georeferenciación de la imagen

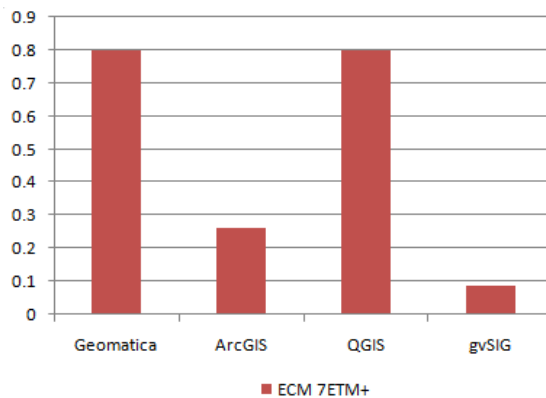
obtenida del satélite Landsat 5TM y el ajuste más certero para la imagen obtenida del satélite Landsat 7ETM+ lo produjo el programa gvSIG con un ECM de 0.139m(Grafica 1). En la segunda observación, para la imagen Landsat 7ETM+ solamente, el ajuste más certero lo produjo el programa gvSIG con un ECM de 0.089m(Grafica 2).

Tabla 1
Valores de la Calidad del Ajuste en las Correcciones Geométricas por cada Programa Informático. Unidades en metros.

Programa Informático	ECM (1) Imagen Landsat 5TM	ECM (1) Imagen Landsat 7ETM+	ECM (2) Imagen Landsat 7ETM+
Geomática	0.473	0.308	0.800
ArcGIS	0.426	0.341	0.264
QGIS	0.213	0.338	0.799
gvSIG	0.551	0.139	0.089



Gráfica 1
Valores de la Calidad del Ajuste en las Correcciones Geométricas por cada Programa Informático. Unidades en metros.



Gráfica 2
Valores de la Calidad del Ajuste en las Correcciones Geométricas por cada Programa Informático. Unidades en metros.

CONCLUSIÓN

La corrección geométrica de una imagen es un ajuste que se realiza con relación a la posición o localización de los pixels. Los programas informáticos utilizan algoritmos que hacen posible este ajuste. Un algoritmo es un conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema [12]. Siendo, el proceso o las formulas de corrección geométrica, algo ya establecido, el resultado debería ser el mismo con todos los programas informáticos, sin embargo, no es así. Esto podría ser debido a;

- **Los algoritmos de los programas no son idénticos;** Cada programa utiliza métodos u órdenes diferentes en la aplicación de las formulas para la corrección geométrica.
- **La resolución de las imágenes;** El tamaño del pixel influye pero, el hecho de que se hayan utilizado las mismas imágenes con todos los programas hace que esto no sea un factor determinante en esta investigación. Sin embargo, teniendo ambas imágenes la misma resolución espacial, la del Landsat 7ETM+ se ve mejor.
- **Forma de visualización;** Este aspecto está relacionado con el punto anterior, pues, independientemente del tamaño del pixel, la forma que provee el programa para visualizar las imágenes al momento de colocar los puntos de control es crucial para minimizar diferencias en los resultados.
- **Intervención Humana;** Es muy probable que los programas apliquen los métodos y formulas para el proceso de corrección geométrica correctamente pero, dependen o se basan en los puntos de control, los cuales son identificados por el usuario. La calidad del ajuste dependerá de la precisión con que se localicen esos puntos [1]. No se observa un patrón en las diferencias entre los resultados. Es muy poco probable que se puedan colocar los puntos exactamente en los mismos lugares en los diferentes programas.

REFERENCIAS

- [1] E. Chuvieco, "Correcciones Geométricas," en *Fundamentos de Teledetección Espacial*, 2da edición Madrid, Ediciones Rialp, 1990, pp. 253-270.
- [2] A. Cuartero, *et al.*, "Rectificación y ortorectificación de imágenes de satélite: análisis comparativo y discusión," en *GeoFocus*, Artículo nº 3, 2003, pp. 45-57. ISSN: 1578-5157. Disponible: http://geofocus.rediris.es/docPDF/Articulo3_2003.pdf.
- [3] Página de prácticas de la asignatura Fotointerpretación y Teledetección. (2015, 04 12). *Georreferenciación de Imágenes de Satélite* [Online]. Disponible: <http://www.um.es/geo graf/sig/teledet/>.
- [4] R. Matos, "Spatial Interpolation," en *Geospatial Modeling and Analysis*, San Juan, PR, 2013.
- [5] Portal de Datos Geográficos Gubernamentales de Puerto Rico. (2015, 01 23). *Orthophoto 2009_10*, 2015. [Online]. Disponible: http://gis.otg.gobierno.pr/ArcGIS/rest/services/Ortofotos/Orthophoto2009_10/MapServer.
- [6] Global Land Cover Facility. (2015, 03 11). *Landsat Imagery* [Online]. Disponible: <http://glcf.umd.edu/data/landsat/>.
- [7] V. Romero, "Selección de Bandas Espectrales y Clasificación Digital," Universidad Politécnica, San Juan, PR, 2008, pp. 33.
- [8] *Manual de Geomática*, PCI Geomatics Enterprises Inc., Ontario, Canadá, 2013, pp. 2-3.
- [9] Economic and Social Research Institute. (2015, 02 06) *ArcGIS for Desktop* [Online]. Disponible: <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop>.
- [10] QGIS Proyect. (2015, 02 06). *Características de QGIS*, [Online]. Disponible: <http://www.qgis.org/es/site/about/index.html>.
- [11] Asociación gvSIG. (2015, 02 06). *gvSIG Desktop Documentación* [Online]. Disponible: <http://www.gvsig.com/es/productos/gvsig-desktop/documentacion>
- [12] *Diccionario de la Lengua Española*, 22 ed., Real Academia Española, Bogotá, Colombia, 2001, pp. 73.