

Evaluación de exactitud vertical comparativa entre el ASTER GDEM y el MDT del Conjunto de Datos Provisorios

Ing. Agrim. Rodolfo Méndez Baillo
mendezbaillo@gmail.com
Servicio Geográfico Militar - URUGUAY

Dr. Ing. Carlos López Vázquez
carlos.lopez@thedigitalmap.com
LatinGEO – Sede Uruguay

RESUMEN

Se presenta un estudio comparativo de la exactitud vertical del modelo digital de elevación mundial ASTER GDEM para zonas del Uruguay, realizado como parte de una colaboración para su evaluación. Asimismo, se evalúa el MDE disponible en el Conjunto de Datos Provisorio de la IDE de Uruguay, elaborado por el MGAP a partir de las curvas de nivel digitalizadas por el MTOP de las cartas oficiales 1:50.000 del SGM. La comparación se realizó contra datos de campo asegurando así la independencia de las fuentes. Los resultados muestran que, de acuerdo al NSSDA, el modelo MGAP-CDP es más exacto que el ASTER GDEM y que la superficie de error es más suave.

Palabras clave: Modelos Digitales de Elevación, ASTER GDEM, SRTM

1. INTRODUCCIÓN

La tendencia mundial en lo concerniente a la información geográfica, apunta a la cooperación, e intercambio de datos en el marco de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE). Esto implica que surja cada vez con más fuerza la necesidad de conocer la calidad del dato a través de los metadatos correspondientes. Ante un uso creciente de la información geográfica para distintas aplicaciones, el conocimiento del dato y el potencial alcance del mismo, es esencial para decidir para qué fines será adecuado y para cuales no. Las tendencias mencionadas, han fomentado el uso de estándares que evalúan los distintos aspectos de la calidad de un dato y que proveen información del mismo (Ariza y García, 2010).

Desde hace un par de décadas, con el uso habitual de la información digitalizada, los Modelos Digitales del Terreno (MDT) que antes representaban el relieve de un territorio mediante curvas de nivel, se convirtieron en modelos numéricos manejables mediante software aptos para su visualización en una pantalla de computadora (Li, 2005).

Los MDE se pueden generar a escala global, y son muestras el ello el SRTM y más recientemente el ASTER GDEM (Hato *et al*, 2009). El ASTER GDEM fue producido conjuntamente por el METI (*Ministry of Economy, Trade and Industry*) de Japón y NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) de los Estados Unidos. Previamente a su liberación al uso público se conformó un grupo denominado *ASTER GDEM Validation Team* demandando la colaboración internacional para evaluar la exactitud vertical en distintas partes del globo. El Servicio Geográfico Militar (SGM) colaboró en el trabajo suministrando los resultados de exactitud vertical del modelo para 5 zonas del país comparando contra datos de campo tomados con GNSS.

En forma independiente, a partir de la cartografía papel 1:50000 del SGM y mediante digitalización de las curvas de nivel y consideración de restricciones hidrográficas, en el

MGAP se generó un MDE para todo el Uruguay ya integrado al Conjunto de Datos Provisorio (CDP) de la IDE de Uruguay, el que no había sido auditado hasta el momento. El presente trabajo, muestra los resultados comparativos entre las exactitudes verticales del modelo nacional disponible en el CDP y del modelo global (en la extensión que comprende parte del territorio nacional). Ello permitirá orientar a los usuarios sobre las características de ambos, su potencial y sus limitaciones para diferentes usos. Dichas comparaciones incluyen no sólo los resultados finales a los que se hayan arribado sino también los metadatos a los que se haya podido acceder de ambos modelos.

2. METADATOS

Modelo ASTER GDE

ASTER es uno de los sensores que posee el satélite Terra y su función fundamental es la obtener y procesar imágenes. Puede generar modelos de elevación con errores nominales que pueden alcanzar de 10 a 25 metros en vertical.

Para producir el ASTER GDEM se ha realizado un tratamiento automatizado de más de 1 millón y medio de imágenes y mediante correlación producir la tercera dimensión. Cubre la superficie del planeta entre las latitudes 83°S y 83°N organizando el recubrimiento en mosaicos de 1° por 1°. Desde el punto de vista del sistema de referencia, el ASTER GDEM se refiere al elipsoide WGS84 y tiene como modelo geoidal el EGM96. Previo a la obtención del modelo se estimaron errores de 30 metros en horizontal y 20 metros en vertical con un 95% de confianza, los cuales debían ser validados con medidas de campo.

Modelo MGAP-CDP

En su producción se utilizó la cartografía básica vectorial suministrada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, cuyo origen corresponde a la cartografía escala 1:50.000 del SGM.

Se transformaron los ejes de agua de la cartografía 1:50.000 en una hidrografía orientada, asignando el sentido de la circulación del flujo de agua hacia la salida de cada cuenca, delimitadas previamente a partir de las curvas topográficas 1:50.000.

Para resolver el procesamiento de situaciones más complejas se recurrió a otras técnicas complementarias utilizándose como referencia un TIN (*triangular irregular network*)

El MDE se generó en formato raster con una resolución espacial de 30 x 30 metros y una resolución de 2,5 metros; contando para ello con la información derivada de las curvas topográficas (13.421.021 puntos x, y, z), la hidrografía orientada (41.570 arcos), numerosos puntos de nivel corregidos, lagos y lagunas, éstos dos últimos se seleccionaron según la distancia de sus ejes mayores. El trabajo fue realizado en la Dirección General de Recursos Naturales y Renovables del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

Se empleó para su realización la interpolación de Hutchinson (1989) que constituye un método especialmente diseñado para la generación de modelos consistentes desde el punto de vista hidrológico.

2. METODOLOGIA DE TRABAJO

Estando el ASTER GDEM ya evaluado en 5 mosaicos de 1°x1° se aprovechó para evaluar el modelo MGAP-CDP en los mismos mosaicos, no solamente para obtener una primera

evaluación de la exactitud vertical del mismo, sino para poder tener exactitudes de referencia respecto de otro modelo concebido de manera distinta y de forma global.

En términos generales, el proceso consiste en ubicar en el terreno referencias de altitud con exactitudes al menos 3 veces superior a la esperada a encontrar en los modelos a evaluar. Desde el punto de vista planimétrico, esas referencias debieron encontrarse en posiciones relativas como lo indica el estándar NSSDA (1998), que fue el que se aplicó para el cálculo de la exactitud.

El grupo de puntos de referencia o control estuvo conformado por mojones de la Red de Triangulación y/o Nivelación cuyas 3 coordenadas fueran conocidas. Aún en los casos de mojones de la Red de Triangulación que pudieran tener decímetros de incertidumbre en la cota, es más que suficiente como punto de control ya que se esperó encontrar errores de 15 a 20 metros en los modelos. Cada mosaico fue controlado con sus 20 puntos y se calculó entonces para cada uno y para cada modelo, la exactitud vertical con un 95% de confianza.

La lectura de las alturas de los modelos fue hecha de la siguiente forma: con un software se abrieron los archivos de los modelos, pudiendo insertarle las coordenadas planas o geográficas de los puntos de control. Estando entonces esos puntos superpuestos con el modelo, se pudo pedir al software un listado con las coordenadas ingresadas pero con el agregado de su cota leída en el modelo en cuestión.

Desde ese mismo momento, teniendo por un lado los puntos de control con sus cotas de campo, y por otro lado, los mismos puntos con sus cotas leídas en el modelo, se está en condiciones de aplicar al estándar NSSDA en cada mosaico.

Teniendo las cotas de los modelos en los puntos de control, se restaron las alturas de cada modelo con la realidad, de manera de evaluar cómo se aproxima cada uno al terreno

3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los resultados obtenidos. Nótese que con la excepción del cuarto mosaico, sistemáticamente el modelo MGAP-CDP tuvo menor error que el ASTER GDEM. Con el fin de evaluar si tales discrepancias eran sistemáticas, se realizó en las figuras 1 y 2 una ilustración del campo de diferencias. Para la interpolación se utilizó la rutina GRIDDATA de Matlab®; las áreas en azul intenso corresponden al exterior de la envolvente convexa de los puntos dato (indicados con círculos rojos) donde la rutina no puede operar.

La figura 1 muestra algunos picos en la zona central, no visibles en la otra figura. Es evidente que la superficie de error (con signo) es más suave en el caso del MGAP-CDP (figura 2), con únicamente algunas zonas próximas al borde con valores mayores. Nótese que ellas también se corresponden con una ausencia de puntos GNSS, por lo que en esa zona la imagen quizá está ilustrando características de la rutina GRIDDATA.

Exactitudes verticales resultantes al aplicar el NSSDA a cada mosaico

MOSAICOS	ASTER-GDEM	MGAP-CDP
LAT.= 33°S LONG.=57°W	9 metros	6 metros
LAT.= 34°S LONG.=57°W	18 metros	10 metros
LAT.= 34°S LONG.=58°W	9 metros	9 metros
LAT.= 35°S LONG.=56°W	12 metros	19 metros
LAT.= 35°S LONG.=57°W	14 metros	5 metros

Tabla 1 Localización de cada uno de los mosaicos evaluados, y resultados de la aplicación del estándar a cada caso

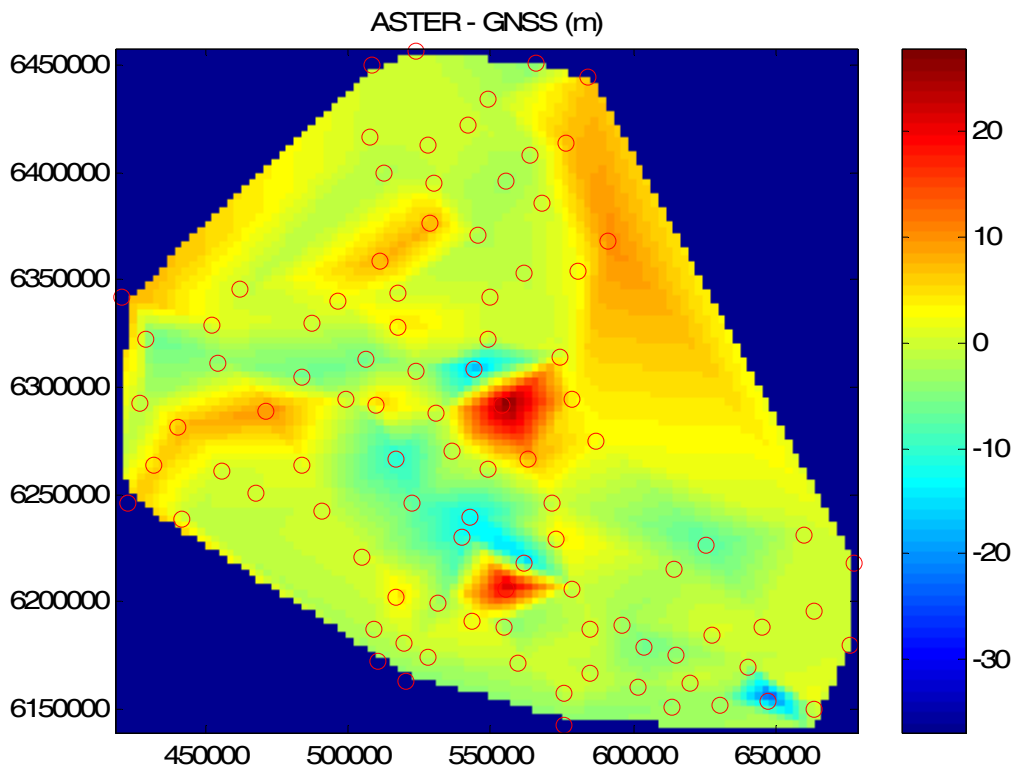


Figura 1 Ilustración del campo de diferencias entre las cotas del ASTER-GDEM y datos de campo tomados con GNSS.

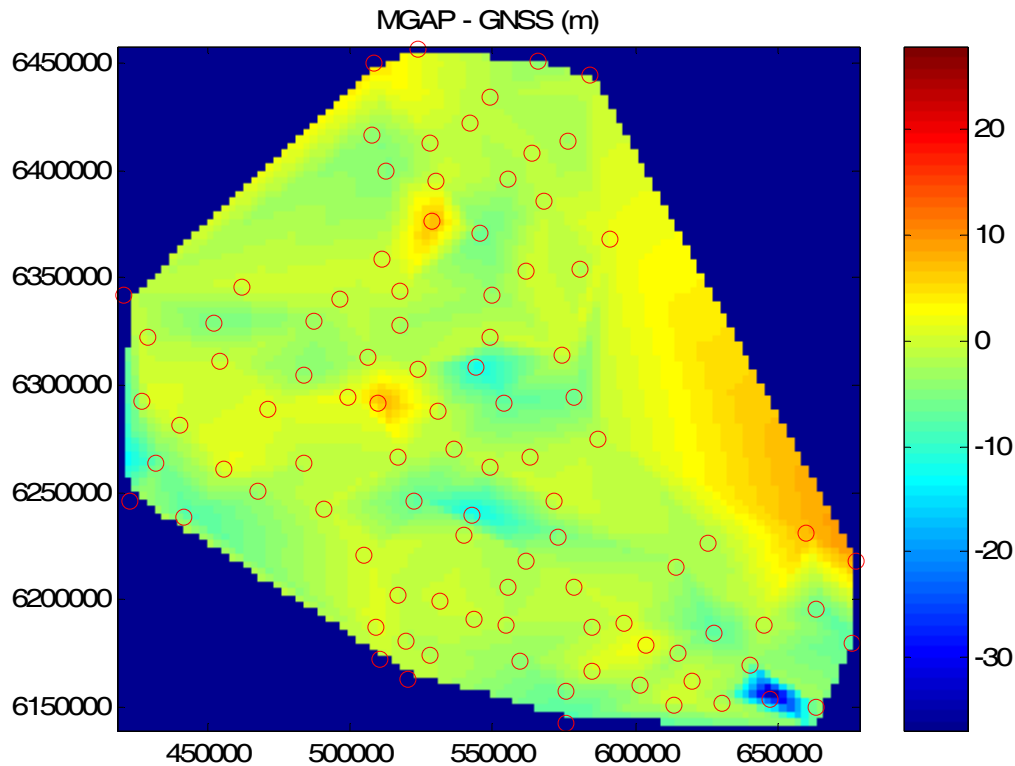


Figura 2 Ilustración del campo de diferencias entre las cotas del MGAP-CDP y datos de campo tomados con GNSS.

4. CONCLUSIONES

Se pudo verificar que el modelo del MGAP-CDP, generado con datos locales de curvas de nivel, es en general más exacto que el modelo global en 4 de los 5 mosaicos. Este caso ameritará una investigación más a fondo para encontrar la causa.

Respecto de las diferencias entre cotas de modelo y realidad, se aprecia en las figuras un suavizado mayor en la comparación de cotas con el modelo MGAP-CDP, lo cual es esperable dada la génesis del mismo.

Es importante tener en cuenta también que al evaluar la exactitud vertical, en mayor o menor grado, los cálculos se verán influenciados por la exactitud horizontal, sea ésta conocida o no. Por ejemplo, si se genera un modelo con una carta de 100 metros de error planimétrico, y además se evalúa la exactitud vertical en una zona escarpada de la misma carta, los errores hallados pueden llegar a ser grandes.

Los productos evaluados, MGAP-CDP y ASTER GDEM pueden ser útiles para modelados de cuencas, anteproyectos y planificación. A pesar de que el MGAP-CDP tiene básicamente errores más pequeños que el ASTER GDEM, la diferencia de exactitudes no son tales como para que los usos de un modelo y otro pudieran ser muy distintos.

5. REFERENCIAS

Ariza López, F. J. y García Balboa, J. L. 2010 "Evaluación de las componentes de la calidad de la información geográfica". En *2ª Edición del Curso de Experto Universitario en Evaluación de la Información Geográfica*. Universidad de Jaén. Jaén, España.

Li, Zhilin 2005 "Digital terrain modeling" ISBN 0-415-32462-9

NMAS 1947 "United States National Map Accuracy Standard" *US Bureau of the Budget*. 1 pp.

NSSDA 1998, "Geospatial Positioning Accuracy Standards; Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy", *Federal Geographic Data Committee*, FGDC-STD-007.3, Washington, D.C. 28 pp. (<http://www.fgdc.gov/standards/projects/FGDC-standards-projects/accuracy/part3/chapter3> accedido 20090414)

Hato, M., Tsu, H., Tachikawa, T. Abrams, M. Bailey, B. 2009 "The ASTER Global Digital Elevation Model (GDEM) for societal benefit". In *Proceedings of the American Geophysical Union Fall Meeting, 2009*

Hutchinson, M. F. 1989 "A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits" *Journal of Hydrology*, 106, 3-4, pp 211-232

9. RESEÑA BIOGRÁFICA

Rodolfo Méndez Baillo nació en Montevideo en 1967, habiéndose graduado como Ingeniero Agrimensor en 1999 por la Universidad de la República (Uruguay). Posee el título de Ingeniero Técnico en Topografía (España, 2005) y el de Especialista en Teledetección Aplicada a la Observación e Información Territorial (Universidad Politécnica de Madrid, 2008). A fines de 2007 comenzó los estudios de Doctorado en Agrimensura en la Universidad Nacional de Catamarca, Argentina. Desempeña tareas en el Servicio Geográfico Militar desde 1993, trabajando siempre en la División Geodesia, (hoy División Geodesia y Topografía). Desde fines de 2009 es docente Gr. 2 de las cátedras de Geofísica y Geodesia 2 de la carrera de Agrimensura, Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República. El CV completo y forma de contacto puede solicitarse a mendezbaillo@gmail.com

Carlos López nació en Montevideo en 1961, habiéndose graduado en Ingeniería Industrial en 1987 por la Universidad de la República (Uruguay). Su formación académica se complementa con un título de maestría en Mecánica de los Fluidos Aplicada (1993), y uno de doctorado relativo al control de calidad de datos geográficos, obtenido en 1997 en Estocolmo, Suecia. Es Docente Estable del programa de Doctorado en Agrimensura de la Universidad de Catamarca desde 2004, y del programa de Doctorado en Topografía de la Universidad Politécnica de Madrid también desde 2004. En su actividad profesional ha tenido a cargo la implementación del ClearingHouse Nacional de Datos Geográficos (Uruguay) así como la formulación del proyecto de la IDE de Uruguay para 2010-2020. En su actividad académica trabajó en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República desde 1986 hasta agosto del 2000 donde dictó cursos y dirigió varios proyectos (académicos y de investigación) así como grupos de trabajo. Fue director del Centro de Cálculo entre 1997 y 1999. Fue catedrático de Cálculo Numérico en el Universitario Autónomo del Sur desde 1998 hasta 2010. Actualmente está a cargo de la dirección del Laboratorio de Geomática en la Universidad ORT del Uruguay. Es Investigador Nivel I de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación de Uruguay, y director de la empresa The Digital Map Ltda. El CV completo, forma de contacto así como copia de sus tesis y la mayoría de sus publicaciones puede encontrarse en <http://www.thedigitalmap.com/~carlos>