

COMPARACIÓN ENTRE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN OBTENIDOS A PARTIR DE IMÁGENES DE RADAR SRTM Y CARTAS TOPOGRÁFICAS DEL IGN

Autor: Galván, Mario Jesús. ; Bonzano, Carlos Ariel; Mas, Guillermo Enrique

Institución: INTA EEA San Luis; Intersección Rutas 7 y 8, C.C. 17; Villa Mercedes, San Luis, CP 5730, Argentina.

Correo electrónico: mgalvan@sanluis.inta.gov.ar

RESUMEN

El notable aumento de la capacidad de las computadoras personales y la creciente disponibilidad de sistemas de información geográfica de uso libre y de imágenes satelitales a través de Internet hacen de estas herramientas una fuente de información altamente accesible y útil. Estas herramientas permiten, incluso, cubrir la falta de información, como en el caso de las cartas topográficas, que tratamos en este trabajo. El acceso a cartas topográficas puede resultar difícil, y aún en el caso de acceder a ellas, no es común encontrarlas en formato digital. El presente trabajo tiene por objetivo mostrar la utilidad de las imágenes de radar SRTM como alternativa a las cartas topográficas del IGN, comparando los modelos digitales de elevación obtenidos a partir de ambas fuentes. Se digitalizaron tres cartas topográficas, Mercedes, Mercedes (norte) y El Quebrachal, empleando un escáner rotativo. Se georreferenciaron y reproyectaron en el mismo sistema que la imagen de radar (WGS 84) correspondiente a la misma región. Una vez corregidas las imágenes, se armó un mosaico uniendo las tres cartas escaneadas para luego digitalizar las curvas de nivel, resultando un mapa digital topográfico de curvas de nivel. Para poder comparar este mapa con la imagen de radar debió construirse un MDE (modelo digital de elevación) por medio de interpolación entre curvas de nivel, obteniéndose una imagen de salida con el mismo tamaño de pixel que la imagen de radar (90 mts). Cada pixel presenta un valor que corresponde a la altura sobre nivel del mar. Ambos MDE fueron comparados estadísticamente, observándose una correlación estadística satisfactoria. Concluimos, por lo tanto, que las imágenes SRTM constituyen una fuente práctica y confiable de información topográfica cuando no se dispone de otras fuentes.

INTRODUCCIÓN

Un modelo digital de elevación (MDE) es una representación de las elevaciones que presenta el terreno mediante valores numéricos y consiste en una serie de puntos con coordenadas conocidas referenciadas a un sistema de coordenadas bidimensionales, a las que se les asocia un valor de elevación. Por convención los puntos deben estar espaciados y distribuidos de forma regular, adoptando un arreglo matricial con valores "X", "Y" y "Z" para cada punto.

La imagen visualizada en un monitor muestra los valores de altura en tonos de gris, correspondiendo los tonos claros a las mayores alturas y los oscuros a las menores. A partir del modelo digital de elevación se pueden generar curvas de nivel, datos de pendientes, de aspecto, imágenes de sombreado, etc.

La SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION (SRTM) fue un proyecto conjunto entre la National Imagery and Mapping Agency (NIMA), la National Aeronautics and Space Administration (NASA) y las Agencias Espaciales de Alemania (DLR) e Italia (ASI). La misión se desarrolló durante 11 días del mes de Febrero del 2000, y el objetivo fue generar datos digitales topográficos para el 80% de la superficie de la tierra (el área entre 60° Norte y 56° Sur), con puntos ubicados en una grilla de 1 arco-segundo (aproximadamente 30 metros) en latitud y longitud.

La SRTM utilizó una técnica llamada interferometría radar, en la cual dos imágenes radar son tomadas de un mismo sitio desde dos posiciones diferentes. Para esto se montaron dos antenas en el trasbordador, una, emisora y receptora en el trasbordador mismo, y la otra (receptora) en una antena de 60 metros de longitud. Por medio del procesamiento de la información captada por ambas antenas se generó un modelo digital de elevación de la superficie terrestre.

USGS (United States Geological Survey) es responsable de publicar la información recolectada en esta misión. A partir de Junio del 2003 se pusieron a disposición del público los datos para América del Sur, con una resolución de 90 metros de tamaño de grilla. Este hecho reviste una enorme importancia para los técnicos que trabajan en áreas relacionadas con la conservación y gestión ambiental.

Cualquier proyecto que necesite el conocimiento preciso de la topografía o relieve del terreno se verá beneficiado por esta información. La planificación de cuencas hidrológicas, los estudios relacionados con la conservación de suelos y la forestación son algunos ejemplos de actividades potencialmente favorecidas.

Sin embargo se hace necesario validar estos modelos, comprobar su correspondencia con la realidad, y ajustarlos mediante puntos de control. Este trabajo tiene por objeto realizar una primera evaluación en la provincia de San Luis de los modelos digitales de elevación generados por SRTM, comparándolos con la información disponible actualmente a partir de las Cartas Topográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM).

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio correspondió a la región cubierta por las hojas 3366-35-1 Mercedes, 3366-29-3 Mercedes (norte) y 3366-29-1 Ea. El Quebrachal (Figura 1). Esta zona está comprendida entre las coordenadas (3.569.455; 6.293.829) en el extremo noroeste y (3.546.579; 6.273.550) en el extremo sureste (proyección Gauss Kruger, faja 3).

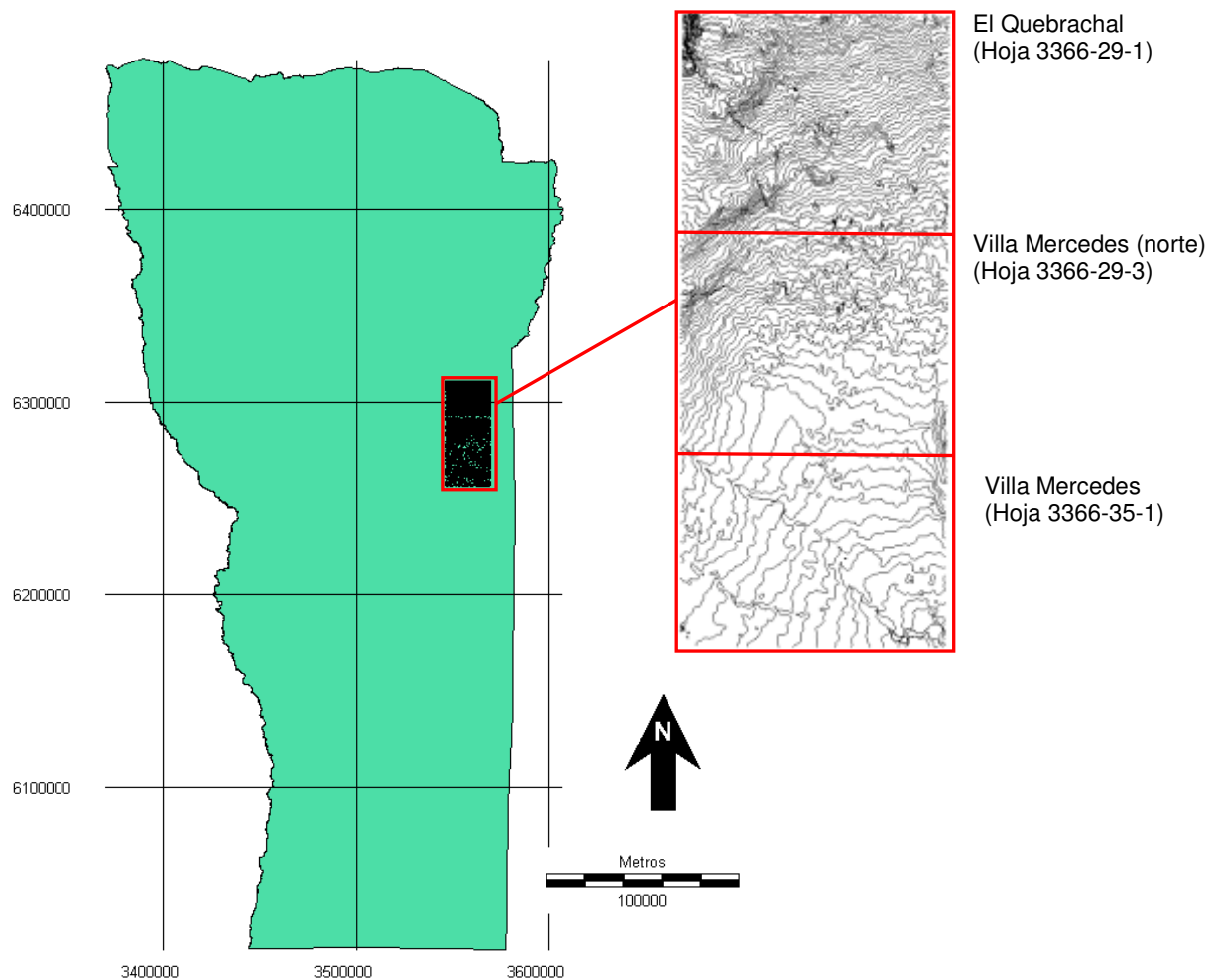


Figura 1: Ubicación del área de estudio

Las tres hojas mencionadas, elaboradas por el Instituto Geográfico Militar fueron escaneadas con una resolución de 200 ppp. Las imágenes escaneadas fueron corregidas y georreferenciadas, y posteriormente se digitalizaron las curvas de nivel y otros elementos de interés para el procesamiento posterior. La digitalización se realizó en pantalla con un monitor de 1", usando el software CartaLinx, version 1.2 (Clark Labs, www.clarklabs.org, © 1998-99). Este programa es un Constructor del Datos Espaciales, una herramienta de desarrollo de mapas digitales y para la creación de archivos

vectoriales con datos espaciales, sean puntos, líneas o polígonos, que sirve de complemento a una variedad de Sistemas de Información Geográficos de uso popular.

Los archivos vectoriales generados a partir de la digitalización fueron transformados a formato raster, tomando la resolución espacial del píxel de las imágenes SRTM, de forma tal de facilitar el procesamiento de las imágenes.

Las imágenes SRTM fueron obtenidas de la página web del Servicio Geológico de Estados Unidos (<http://srtm.usgs.gov/index.php>). Las imágenes SRTM para la zona de estudio fueron proyectadas en el sistema Gauss Kruger (faja 3) y luego se recortaron tres secciones correspondientes a cada una de las cartas.

A continuación, las imágenes correspondientes a las curvas de nivel del IGM rasterizadas se restaron a las imágenes SRTM. De esta forma, se obtuvo la diferencia entre las cotas provenientes de ambas fuentes. Estas diferencias fueron caracterizadas para cada una de las cartas, elaborando histogramas y calculando estadísticos de posición y dispersión.

RESULTADOS

En los tres sectores analizados se encontraron discrepancias entre las cotas informadas en las cartas de suelo y las cotas obtenidas a partir de SRTM, que en general resultaron mayores (Fig. 2, 3 y 4). La mediana de las diferencias para las regiones norte y centro fue de 3 mts, mientras que fue 2 mts al sur (Tabla 1). La media fue inferior en El Quebrachal, pero eso puede deberse a la presencia de valores extremos muy inferiores a aquellos presentes en las otras regiones. Al considerar las diferencias absolutas entre ambas fuentes (independientemente de cual fuente tenga valores mayores), el aumento en las discrepancias hacia el norte es más evidente (Tabla 2).

Tabla 1: Estadísticos básicos para las diferencias entre valores de altimetría obtenidos de imágenes SRTM y de cartas del IGM (Dif = Cota SRTM – Cota IGM)

Carta	Mediana	Media	Moda	Mín.	Máy.	Desvío Std.
El Quebrachal	3	2,288	3	-21	16	3,255
Villa Mercedes (N)	3	2,655	2	-10	13	2,344
Villa Mercedes	2	2,349	2	-10	12	2,414

Las pendientes en el área de estudio aumentan de sur a norte. En coincidencia con esto, las diferencias entre los DEM obtenidos de ambas fuentes se incrementaron de sur a norte. Particularmente, la dispersión de estas diferencias aumentó, pasando de un rango de 22 en el sur a 37 en el norte. La proporción de píxeles con diferencia igual a 0

decreció ligeramente de sur a norte (de 8,3 a 8,9%), pero la proporción de píxeles con diferencias menores a 0 (las cotas reportadas en las cartas son mayores a las reportadas por SRTM) aumenta de aproximadamente 8% en el sur y centro a 15% en el norte.

Otra forma de apreciar el aumento de la dispersión de los datos es observar la proporción de píxeles que se ubica en el rango de 0-5 mt de diferencias absolutas. En el norte, 74,8% de los píxeles presentan diferencias de entre 0 y 5 mt entre ambas fuentes. En el centro y sur, esta proporción se eleva a 79,7 y 82,5%, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2: Estadísticos básicos para las diferencias absolutas entre valores de altimetría obtenidos de imágenes SRTM y de cartas del IGM

Carta	Mediana	Media	Desvío Std.	% de píxeles en el rango 0-5
El Quebrachal	3	3,222	2,336	74,8
Villa Mercedes (N)	3	2,913	2,013	79,7
Villa Mercedes	2	2,755	1,938	82,5

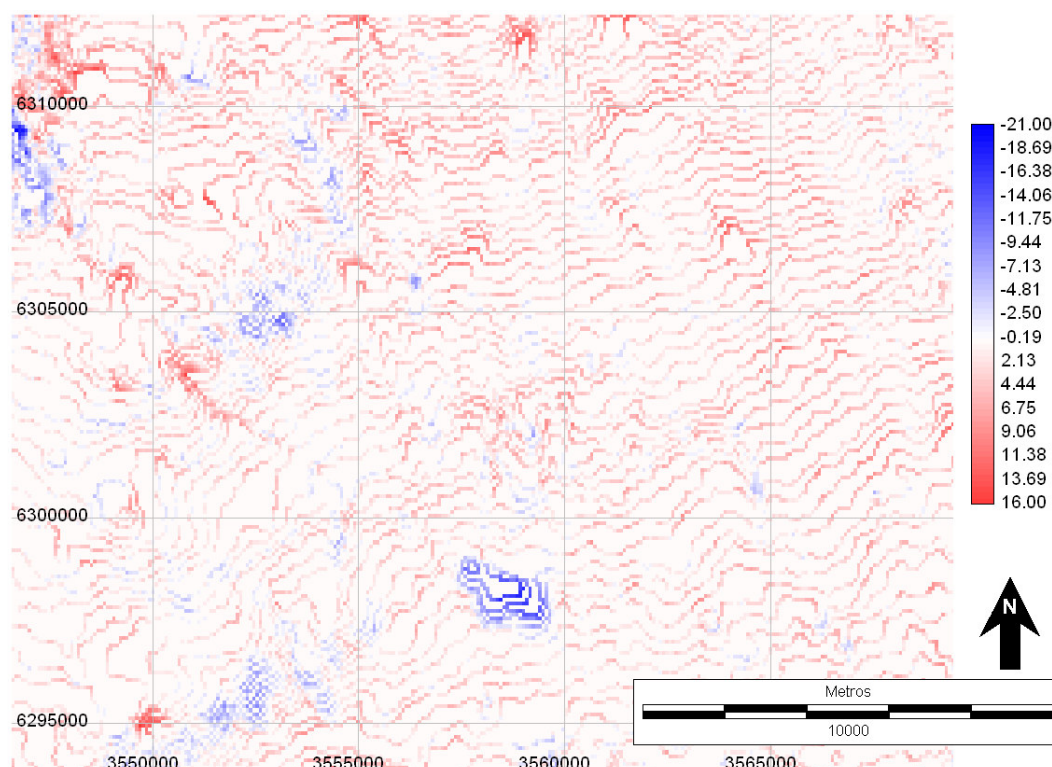


Figura 2: Diferencias entre las cotas obtenidas a partir de imágenes SRTM y de cartas del IGM, para la hoja El Quebrachal

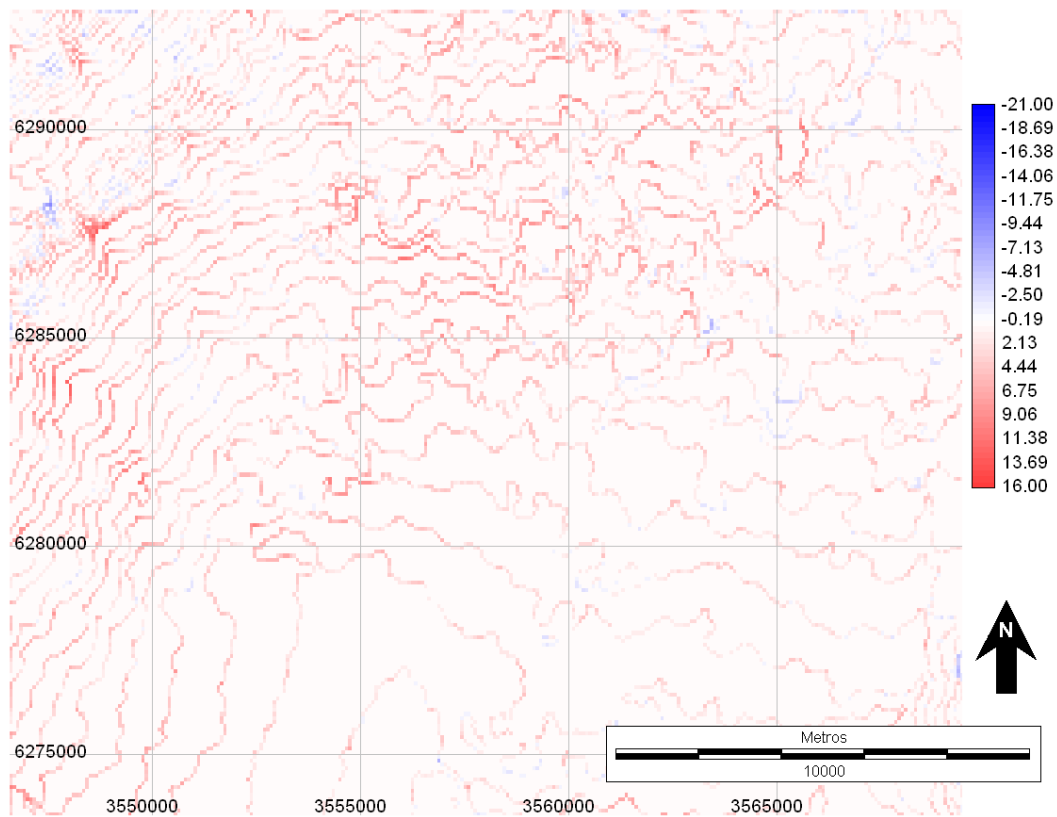


Figura 3: Diferencias entre las cotas obtenidas a partir de imágenes SRTM y de cartas del IGM, para la hoja Villa Mercedes norte

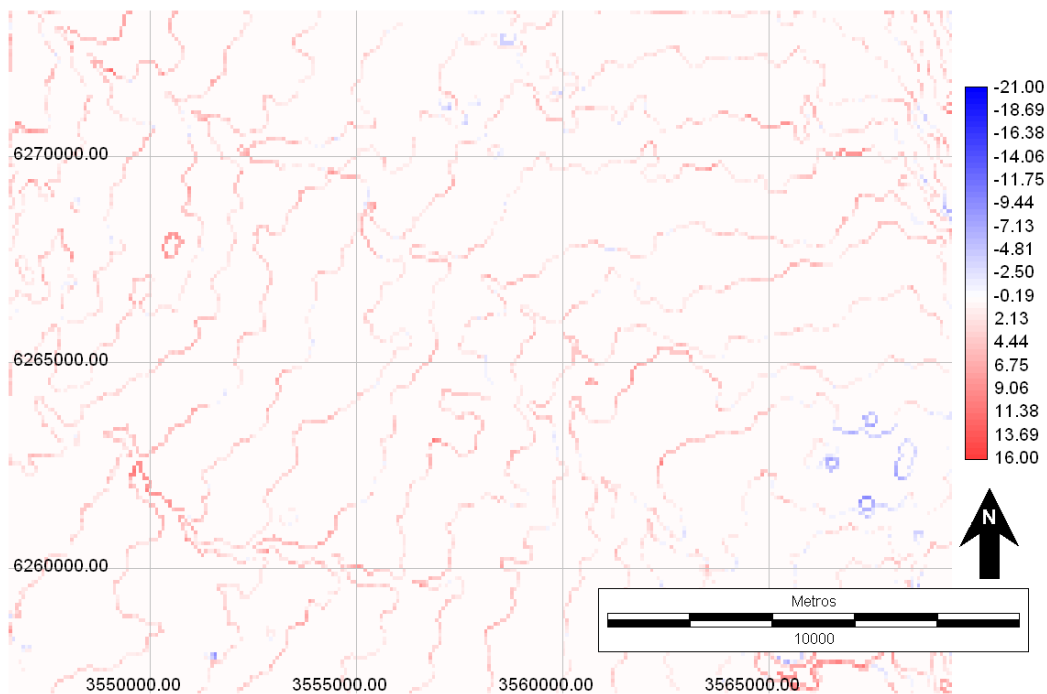


Figura 4: Diferencias entre las cotas obtenidas a partir de imágenes SRTM y de cartas del IGM, para la hoja Villa Mercedes

DISCUSIÓN

Las imágenes SRTM, de acceso libre desde el sitio web de USGS, permiten acceder a modelos digitales de terreno con facilidad en amplias regiones del planeta. Sin embargo, estos modelos presentan una exactitud vertical de 16 mts. Esto puede ser un condicionante para el empleo de estas imágenes en ciertas áreas. El propósito de este trabajo fue determinar la exactitud de los DEM generados a partir de imágenes SRTM en la provincia de San Luis.

En general, las imágenes SRTM sobreestiman la altitud. Casi el 70% de los puntos analizados en este trabajo muestran un exceso de entre 1 y 5 mts en las cotas informadas por SRTM, con respecto a aquellas obtenidas a partir de Cartas de Suelo (IGM). Estos valores concuerdan con resultados obtenidos en otras regiones del planeta, como en Australia (Hirt *et al.*, 2010), EEUU (Hofton *et al.*, 2006; Shortdrige & Messina, 2011) y Costa Rica (Hofton *et al.*, 2006). Existen, también, reportes de discrepancias mayores. Shortdrige & Messina (2011) encontraron diferencias que oscilaban entre -214 y 339 mts, aunque el 50% de los puntos analizados estaban entre -1 y 4 mts.

Los errores en la estimación de altimetría por parte de SRTM han sido atribuidos a la presencia de vegetación arbustiva o arbórea (Hofton *et al.*, 2006; Shortdrige & Messina, 2011). En la región estudiada en la provincia de San Luis, la presencia de este tipo de vegetación es bastante limitada, por lo que no podemos atribuir a esta causa las diferencias en la estimación de la altimetría entre SRTM y el IGM.

Otra fuente conocida de sesgo en los valores de altimetría obtenidos a partir de SRTM es el relieve propio de la región. Zonas con mayor pendiente muestran mayores niveles de error en los DEM generados a partir de SRTM (Shortdrige & Messina, 2011). Incluso, la orientación de las pendientes puede incidir en que las cotas sean sobreestimadas o subestimadas (Miliaresis & Paraschou, 2005; Gorokhovich & Voustianiouk, 2006).

En nuestro estudio encontramos diferencias entre zonas de distinta pendiente, con una tendencia a encontrar mayores diferencias entre SRTM e IGM en regiones de relieve más pronunciado. Por lo acotado de la región, no pudimos analizar el efecto de diferentes orientaciones de la pendiente, pero sí pudimos constatar el significativo cambio en la exactitud de los DEM generados con SRTM en pocos kilómetros debido a cambios en la topografía.

En la región de estudio la diferencia entre las cotas obtenidas a partir de imágenes SRTM y de cartas del IGM oscila entre 0 y 5 mts, con una media de 3 metros. Para aquellas aplicaciones en las que este nivel de sea tolerable, las imágenes SRTM proveen una fuente de información de fácil acceso y aceptable calidad para escalas mayores a

1:100.000, el formato digital, facilita el análisis topográfico del terreno a partir de software GIS, extrayendo información altamente útil tal como: pendientes, exposición al sol, curvatura, escurrimientos hídricos, cuencas hidrográficas, curvas de nivel, entre otros, su acceso gratuito y el uso de software libres represente una oportunidad muy interesante en post de una educación contemporánea demandante de herramientas digitales.

BIBLIOGRAFÍA

BOURGINE, B. & BAGHDADI, N. 2005. Assessment of C-band SRTM DEM in a dense equatorial forest zone. *Comptes Rendus Geoscience* 337: 1225-1234.

GOROKHVICH, Y. & VOUSTIANIOUK, A. 2006. Accuracy assessment of the processed SRTM-based elevation data by CGIAR using field data from USA and Thailand and its relation to the terrain characteristics. *Remote Sensing of Environment* 104: 409–415.

HIRT, C., FILMER, M.S. & FEATHERSTONE, W.E. 2010. Comparison and validation of the recent freely available ASTER-GDEM ver1, SRTM ver4.1 and GEODATA DEM-9S ver3 digital elevation models over Australia. *Australian Journal of Earth Sciences* 57: 337–347.

HOFTON, M., DUBAYAH, R., BLAIR, J.B. & RABINE, D. 2006. Validation of SRTM Elevations over vegetated and non-vegetated terrain using medium footprint Lidar. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 72(3): 279–285.

MILIARESIS, G.C., PARASCHOU, C.V.E. 2005. Vertical accuracy of the SRTM DTED level 1 of Crete. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 7: 49–59.

SHORTRIDGE, A. & MESSINA, J. 2011. Spatial structure and landscape associations of SRTM error. *Remote Sensing of Environment* 115: 1576–1587