

Evaluación de la calidad de ASTER GDEM desde la perspectiva catastral

Francisco Javier Ariza López¹
Manuel Gonzalo Alcázar Molina²
Manuel Antonio Ureña Cámara³
José Luis García Balboa⁴

Universidad de Jaén
Grupo de Investigación Ingeniería Cartográfica

¹ fjariza@ujaen.es

² malcazar@ujaen.es

³ maurena@ujaen.es

⁴ jlbalboa@ujaen.es

Resumen: La altimetría, la pendiente y la orientación son factores que afectan al uso del terreno. Sin embargo, son muchas las bases de datos catastrales que son exclusivamente planimétricas debido al excesivo sobre coste de la captura de datos altimétricos. Hoy en día hay disponibles bases de datos altimétricos de cobertura global y nosotros pensamos que estas bases de datos deben ser integradas, de manera rutinaria, con aquellas aplicaciones catastrales que no incorporan la altimetría. En este trabajo se presenta el Modelo Digital de Elevaciones Terra ASTER GDM, que es un nuevo producto global generado de manera automática. Nosotros comparamos este producto con un modelo digital de elevaciones generado por procesos fotogramétricos. La comparación se realiza a nivel de parcelas catastrales. Los resultados indican que ambos productos son muy similares.

Palabras clave: catastro altimétrico, catastro, altimetría, GDEM.

Abstract: Altimetry, slope and aspect are factors that affect land use. Nevertheless, many cadastral data bases are only planimetric models because of the excessive over cost of traditional altimetric data capture. Nowadays there are available altimetric data bases with global coverage. We think that these altimetric data bases must be integrated, in a routine manner, with those cadastral applications that does not incorporate altimetric data. This work presents the Terra ASTER Global Digital Elevation Model which is a new global product generated automatically. We compare this product with an official photogrammetric digital elevation model. Comparison is developed for a set of cadastral parcels. Results point out that both products are very similar.

1. El catastro rural altimétrico

Los motivos para propiciar la inclusión de la altimetría en las bases catastrales son diversos, en general, permitir una modelización más verídica de la realidad, y de manera particular:

- Permitir un cálculo más fiable y automatizado de las características físicas de las parcelas catastrales.
- Posibilitar la utilización de los parámetros físicos derivados de la altimetría en modelos valorativos catastrales, y de toda índole.
- Posibilitar la utilización de los parámetros físicos derivados de la altimetría en la aplicación de las políticas que lo requieran (p.e. en el caso de Europa, Política Agraria Común, el Pago Único, Subvenciones por zona marginal, etc.).
- Posibilitar la modelización y análisis de riesgos ambientales (p.e. deslizamientos de ladera, erosión, etc.), vinculados a la propiedad del terreno, etc.
- Etc.

Sin embargo, a pesar del interés que presenta esta posibilidad de integrar la altimetría con las bases catastrales, la inmensa mayoría de los catastros rurales actuales son planimétricos, es decir, no incluyen una representación o modelización altimétrica. A modo de ejemplo de esta situación baste citar que en la base de datos de “Plantillas catastrales” desarrollada por la FIG (2010), del total de 42 fichas de sistemas catastrales que abarcan todo el mundo, ni una sola indica aspectos relacionados con la inclusión o uso de la altimetría.

Los motivos de esta situación no están del todo claros, pudiendo plantearse diversas hipótesis:

- Falta de necesidad: Puede pensarse en un catastro cuya descripción física de las parcelas no incluya los aspectos relativos a la altimetría o a aquellas características derivadas de la misma (p.e. pendiente, orientación). Indudablemente se trata de un catastro de alcance limitado, pero que puede cumplir con su misión general (fiscal o jurídica).
- Economía de los trabajos: La inclusión de la altimetría es un aspecto que encarece el coste económico de los levantamientos catastrales y también la duración de los trabajos. Dado que la prioridad era obtener las superficies de las propiedades, en caso de necesitar la altimetría o la pendiente del terreno estos atributos se podían asignar de manera global a las parcelas catastrales.
- Colisión de competencias: En las estructuras administrativas en las que existe una distribución de competencias entre organismos (p.e. catastrales y cartográficos) ha sido frecuente un celo competencial, que desgraciadamente aún sigue siéndolo en muchos países, que unido a la falta de inter-cooperación administrativa lleva a que los organismos catastrales no pudieran ni plantearse el aspecto altimétrico.

Estas hipótesis, que a lo largo de la historia pueden haber actuado de manera independiente o conjugada, establecen una situación muy distinta a la ideal, y a la que se ha de considerar desde la perspectiva de un verdadero catastro multipropósito con vocación de uso en medio ambiente, planificación, agricultura, etc. Desde esta última perspectiva el catastro debe ser, sin duda, un catastro altimétrico. Sin embargo, esta perspectiva está poco desarrollada. A modo de ejemplo se pueden indicar los esfuerzos actuales que se están realizando en la línea de los catastros 3D, pero éstos suponen sólo la inserción de geo objetos 3D en una base catastral 2D. Esta circunstancia se evidencia de forma clara en textos internacionales como “*3D Cadaster in an International Context*” (Stoter y Van Oosterom, 2006), en donde el aspecto altimétrico queda ensombrecido por la inclusión de objetos y derechos tridimensionales. Volviendo nuevamente a la interesante fuente que son las “Plantillas catastrales” (FIG, 2010), en este caso si aparecen algunos países (p.e. Israel, Suecia, Holanda...) que indican el desarrollo o intención de desarrollo de catastros 3D.

En la actualidad, en el entorno Europeo y especialmente en el caso de España, se dispone de abundante información espacial que cubre la totalidad del territorio nacional, tanto de carácter general (topografía, elevaciones del terreno), como temática (geología, cultivos y aprovechamientos, inventarios forestales, etc.), que pueden ser utilizadas de manera conjunta con las bases de datos catastrales para conseguir los beneficios de lo que denominamos catastro multipropósito. Sin embargo, en multitud de países la disponibilidad de la información geográfica es aún limitada. Para estos casos es especialmente interesante conocer las posibilidades que presenta el producto GDEM obtenido por la plataforma ASTER.

El objetivo de este trabajo es realizar un primer estudio de viabilidad del producto Aster-GDEM por medio del análisis de su calidad de manera comparada con un producto fotogramétrico convencional de resolución adecuada para modelizaciones territoriales y con suficiente detalle como para su aplicación a nivel de parcelas catastrales en el entorno de Jaén (España). Para cubrir este objetivo el trabajo se organiza en un apartado donde se presentan las características principales de los materiales, de la zona tomada para el estudio piloto y del método aplicado. Posteriormente se incluye un apartado donde se presentan y discuten someramente los principales resultados. El trabajo acaba con unas conclusiones que, dado el aspecto local del estudio, sólo pueden ser consideradas válidas para la zona de análisis utilizada.

2. Material, zona de estudio y método

En este apartado se presentan los conjuntos de datos a utilizar en el estudio con el que se pretende mostrar las capacidades de Aster-GDEM en su aplicación conjunta con la base de datos catastral. Dado que Aster-GDEM es un producto global generado de manera automática y que estrictamente se corresponde con un modelo digital de superficie interesa conocer, aunque sea a base de casos, las discrepancias en su comportamiento posicional altimétrico frente a una fuente que se puede considerar como de mayor exactitud. Esta fuente de mayor exactitud es el Modelo Digital del Terreno de Andalucía (ICA, 2005a). Tras la presentación de ambos conjuntos de datos, se describirá someramente la zona en la que se realizará el análisis y la metodología base de dicho análisis. Los resultados y su discusión se incluyen en el apartado posterior.

2.1. Descripción de Aster-GDEM

El Modelo Global de Elevaciones del Terreno (GDEM) es un producto obtenido de la plataforma satelital *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER). Se trata de un producto fruto de la cooperación entre la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) de los EEUU y el Ministerio de Economía, Comercio e Industria del Japón (METI). Se trata de una contribución importante al programa del Sistema de Sistemas de Observación de la Tierra (*Global Earth Observation System of Systems*, GEOSS) para la que se pretende un uso multipropósito, y que es de libre disposición.

ASTER es un instrumento desarrollado por el METI, y puesto en órbita en 1999 por la NASA sobre la plataforma espacial TERRA. Desde la perspectiva de generación de un modelo de elevaciones del terreno, lo más destacado de ASTER es la capacidad de estereoscópica que se consigue por medio de dos telescopios que de manera simultánea permiten la toma de dos imágenes en el infrarrojo cercano, una nadir y la otra hacia atrás. La resolución nominal es de 15 m y las imágenes tomadas tienen un tamaño de 4100 x 4100 filas por columnas, lo que cubre, de manera aproximada, una ventana geográfica de unos 60 km x 60 km.

Tras un año completo de procesado, a mediados de 2009 se liberó la versión uno (v.1) hoy disponible. Un aspecto determinante del producto Aster-GDEM es que se ha procesado de manera automática a partir de un archivo de más de 1,5 millones de escenas. Se trata de una metodología novedosa, de un proceso robusto dado que para una misma zona puede llegar a considerar un elevado número de imágenes y, además, de un proceso automatizado y que puede mantenerse operativo (vivo) de cara al futuro mejorando el producto. Mediante algoritmos de estéreo correlación y eliminación automática de nubes se ha producido un modelo digital del terreno, más propiamente un modelo digital de superficie, que cubre desde los 83° N a los 83° S y que se proporciona dividido en 1.264.118 escenas o celdas de 1° x 1° de latitud x longitud. Un aspecto importante, es que para cada escena se suministra la información altimétrica y, en otro fichero denominado QA (de Quality Assurance), un índice de calidad para cada uno de los píxeles altimétricos. Este fichero QA proporciona un único valor por cada píxel pero que puede corresponder a dos tipos de informaciones distintas:

- Stack number: Se denomina así al valor relativo al número de escenas que han contribuido en el cálculo final del valor de altimetría asignado a ese píxel de 30m x 30 m.
- Códigos de sustitución. Es un código que identifica la fuente de datos utilizada para sustituir aquellos valores incorrectos del sensor. Dado que los "Stack Number" son positivos, los códigos asignados a las fuentes de sustitución son negativos.

Respecto a la calidad de Aster-GDEM, dado que es un producto Global, hasta ahora sólo se ha evaluado

parcialmente y como forma de poder ofrecer en la versión 1 algunos valores experimentales de su calidad. Esta evaluación se ha realizado tanto por la NASA, el METI como por otras instituciones colaboradoras y queda reflejada en el informe AGVT (2009). De cualquier forma, las evaluaciones efectuadas más exhaustivas se corresponden con las realizadas en los EEUU y Japón debido al liderazgo de la NASA y el METI en el proyecto. Así, en los EEUU se han utilizado las 934 escenas coincidentes con el producto NED (*National Elevation Data* (NDEP, 2004)) y más de 13000 puntos de control GPS. Los valores observados en estos controles permiten considerar que los errores posicionales verticales del Aster-GDEM están en el orden de 20 m para un 95% de confianza.

Dado el proceso de producción y las propias características del sensor, la variabilidad espacial de la altimetría y las especiales condiciones climáticas de algunas zonas de la Tierra, la calidad de Aster-GDEM no es homogénea en todo el Globo. El Aster-GDEM contiene artefactos (picos, pozos, etc.) que limitan su utilización en algunas aplicaciones, y aunque posee una resolución nominal de 30 m x 30 m la impresión visual que da es un poco borrosa, por lo que la resolución efectiva de los detalles topográficos se considera está en el orden de los 100 m x 100 m. El valor “Stack number” es un parámetro muy adecuado de la fiabilidad y exactitud altimétrica final, en general los valores altimétricos a los que corresponden valores de “Stack number” superiores a 20 o más escenas son los de mayor precisión, mientras que aquellos que se corresponden con píxeles que computan valores de “Stack number” inferiores a 5 son los que presentan un peor comportamiento de la calidad posicional altimétrica. La Tabla 1 presenta un resumen de las principales características de este producto.

Tabla 1. Características de Aster-GDEM

Tipo de modelo	Modelo Digital de Superficie (no se ha restado masas arbóreas, construcciones, etc.).
Cobertura terrestre	desde 83° N a 83° S
Método producción	Estéreo correlación
Nº de escenas	1.264.118
Tamaño escena (°)	1° x 1° Latitud x Longitud
Tamaño escena (celdas)	3601 x 3601
Resolución nominal	15 m x 15 m
Denominación de las escenas	“ASTGTM_NxxEyyy_dem” donde xx,yyy son las coordenadas (latitud, longitud) del centro de la celda inferior izquierda.
Formato	GeoTIFF, con signo, 16 bits, referido al geoide WGS84/EGM96
Valores especiales	-9999 para celdas sin valor, 0 para masas de agua
Calidad “Stack Number”	Un valor para cada celda relativo al número de escenas que han intervenido en el cálculo de la elevación.
Calidad “Sustitución”	Un código para indicar una fuente usada en la sustitución de valores malos (SRTM3_V3=-1, SRTM3_V2=-2, NED=-5, CDED=-6, Alaska DEM=-11)
Exactitud posicional vertical	20 m para un 95% de confianza.
Disponibilidad	Gratuito por descarga en la red.

2.2. Descripción del Modelo Digital del Terreno de Andalucía

El conjunto de datos utilizado como contraste se corresponde con el producto denominado “Modelo digital del terreno de Andalucía. Relieve y orografía” (MDTA). Se trata de un producto realizado por colaboración entre el Instituto Cartográfico de Andalucía y las Consejerías de Medio Ambiente y de Agricultura y Pesca. Se trata de un DVD que contiene el Modelo Digital del Terreno de Andalucía generado a partir de vuelos fotogramétricos llevados a cabo en los años 2001 y 2002 (en blanco y negro y a escala 1:20.000), con sistema de referencia ED50 y proyección UTM en huso 30. Este producto fue desarrollado en el proceso de elaboración de la Ortofotografía Digital de Andalucía de la misma fecha. Se trata de datos según un modelo de malla de 10 m x 10 m, cuya exactitud es de $1,47 \text{ m} \pm 3,39 \text{ m}$ determinada por un proceso de control en campo con levantamiento GPS (ICA, 2005). La información utilizada en este trabajo procede de la exportación de datos ASCII obtenida directamente de este producto e integrada en ArcGIS para su análisis.

2.3. Zona de estudio

La zona de estudio se corresponde con el Término Municipal de Jaén (España). Para este trabajo exploratorio, se ha seleccionado dicha zona con criterios oportunistas relativos a la disponibilidad de la información de contraste a utilizar así como por el conocimiento detallado de la misma y las posibilidades de realizar visitas a campo. Características interesantes de la zona para este estudio son:

- Diversidad de cubiertas vegetales (forestal denso, eriales, cultivos arbóreos en patrón, tierras de labor de secano, tierras de labor de regadío, etc.).
- Rango de variación de altitudes relativamente amplio en pocos kilómetros.
- Disponibilidad de terrenos con claras orientaciones predominantes (p.e. norte, sur, etc.).
- Existencia de un catastro actualizado.
- Disponibilidad de los dos conjuntos de datos, el usado como referencia y el que se va a contrastar.

Dado que éste es un estudio preliminar o de carácter exploratorio, su determinación tampoco se ha considerado como un aspecto crítico del diseño del trabajo. Para un estudio más detallado, preciso y con carácter más general se necesitaría una zona mucho más representativa.

Para realizar este análisis se ha considerado un conjunto de 58 parcelas catastrales de diverso tamaño en superficie, características topográficas y cubiertas (8 categorías). Las categorías consideradas lo son por su importancia como cultivos (p.e. labor de secano y olivar) así como por su posible interferencia en la obtención de la componente altimétrica (p.e. forestal denso), o por presentar superficies limpias (p.e. regadío) o prácticamente llanas (p.e. aguas embalsadas, aeródromo). Las parcelas de mayor superficie se corresponden con las cubiertas de monte alto y eriales. Las parcelas medias con tierras de labor y olivar y las más pequeñas con vegas de riego y superficies planas y de agua. La distribución espacial de este conjunto de elementos es la que se presenta y resume en la Tabla 2. En dicha tabla también se incluyen algunas capturas procedentes de Google Earth ® que permiten tener una visión de alguna de las tipologías.

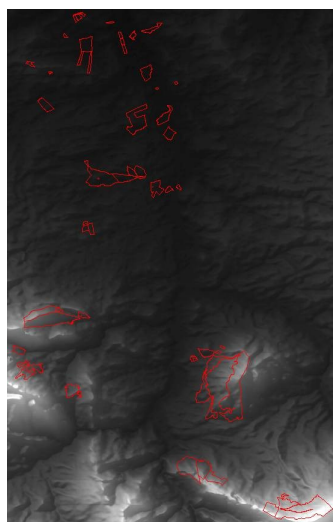
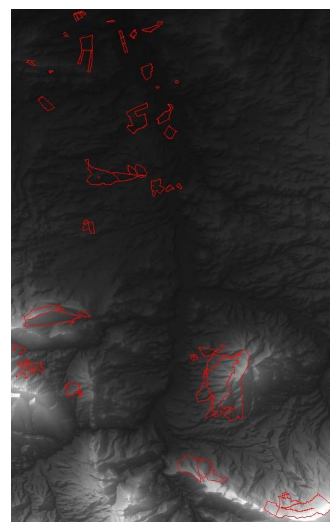
La Figura 1 presenta una visión general del parcelario sobre cada uno de los conjuntos de datos. Como se puede observar en dichas figuras, se trata de una zona con orografía más elevada y montañosa en la parte sur, que se convierte en campiña acolinada en su parte media y acaba en una campiña más suave en su parte norte. La Figura 1 también muestra claramente un eje medio casi vertical que se corresponde con las llanuras de vega del río Guadalbullón que es el que drena esta zona.

Para los dos conjuntos de datos en la Figura 1 se ha utilizado una misma paleta y forma de representación, basada en un sombreado analítico y, como puede observarse, ambos conjuntos de datos presentan una gran similitud visual.

Respecto a la calidad de los datos Aster-GDEM, la Figura 2 presenta la distribución espacial de los valores de "Stack numbers". Esta figura presenta una imagen a bandas generada por la composición de las distintas pasadas que han intervenido en la creación del modelo en este territorio. Como puede observarse, se trata de una zona con un número medio de pasadas superior a 8. Sólo las zonas de topografía más complicada presentan valores en el intervalo [4, 7] pasadas. En las parcelas de control el valor medio de este índice es de 10,5, que puede considerarse como un índice de calidad medio.

Tabla 2.- Resumen de características de la zona de estudio

	Zona: Término Municipal de Jaén (España)	
	Número de parcelas:	58
	Superficie Total:	1413,3 hectáreas
	Categorías:	8
	Categoría	Casos
	Superficie (hs)	
	Agua embalsada	2 2,28
	Aeródromo	1 0,58
	Erial	10 339,93
	Labor	12 236,56
	Monte	9 571,18
	Olivar	21 214,67
	Regadío	2 42,67
	Soto	1 5,37
	Regadío	
	Balsas de agua	
	Labor	
	Forestal	

**ASTER-GDEM****MDTA****Figura 1.** Vista general de los modelos de elevaciones del terreno analizados: a) ASTER-GDEM y b) MEA

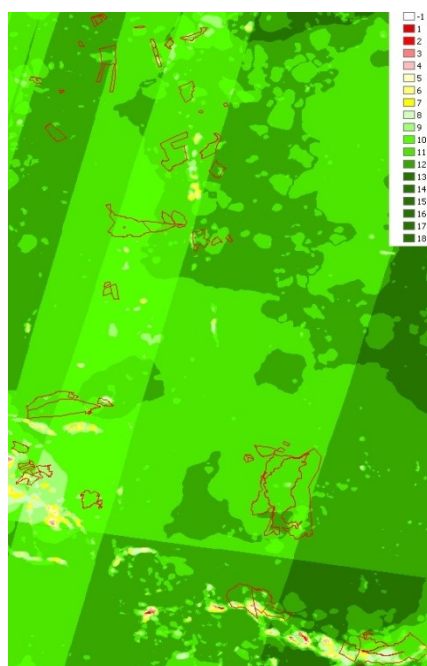


Figura 2. Distribución de los valores de Snack Number para los datos Aster-GDEM de la zona de trabajo

2.4. Método

El procedimiento de análisis ha consistido en la extracción de un conjunto de valores (media, mínimo, máximo, etc.) derivados de la información altimétrica de los dos productos considerados para el mismo conjunto de 58 parcelas catastrales, y su análisis y visualización mediante un paquete estadístico. Con vistas a evitar problemas de remuestreo derivados por la diferencia entre los sistemas de referencia y proyecciones cartográficas de los dos conjuntos de datos altimétricos, ha sido el parcelario vectorial el que se ha sometido a las transformaciones oportunas, con lo que se ha podido trabajar sobre los datos originales de ambas fuentes.

3. Resultados y discusión

El primer análisis o comparación entre las dos fuentes de datos se realiza a nivel de histograma. En este caso se consideran los resultados provenientes de todas las parcelas catastrales. Este análisis atiende a la estructura general de las informaciones provenientes de ambos conjuntos de datos y se presenta para un nivel de clases de elevaciones agrupadas de 100 en 100 metros y para un nivel de clases de 1 en 1 metro. Atendiendo al primer caso, más general (Figura 3.a), se obtiene una semejanza casi idéntica entre los dos histogramas procedentes de ambos conjuntos de datos. No obstante, la semejanza es mayor para el caso de las cotas más bajas que, en nuestro caso, se corresponden con las zonas más llanas y de vega. En el caso de cotas más altas existe una pequeña diferencia que no presenta, en este caso, un comportamiento ni sistemático ni significativo. Atendiendo al segundo caso, con más detalle (Figura 3.b), se puede observar como la semejanza entre las curvas de distribución sigue siendo muy grande, pero dado que aquí los intervalos de clase son de 1 en 1 metro, lo que sí se puede observar es que la información del modelo Aster-GDEM presenta una mayor variabilidad en sus frecuencias que la del correspondiente al MDTA. Sin embargo, deben tenerse en cuenta dos aspectos fundamentales, el primero el nivel de detalle de la escala de representación, que puede y el segundo que las celdas del modelo Aster-GDEM son, aproximadamente, de un tamaño tres veces mayor que las del modelo MDTA.

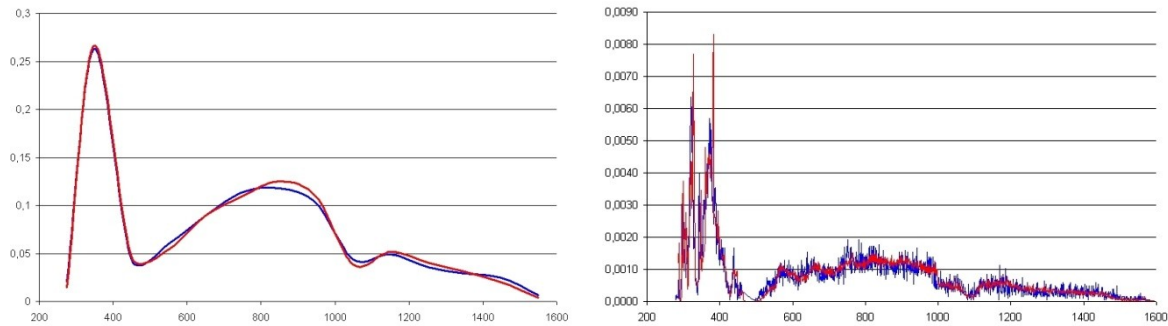


Figura 3.- Comparación de histogramas de altitudes de los productos Aster-GDEM (azul) y MDTA (rojo) para las parcelas catastrales usadas en el análisis: a) agrupados en clases de 100 m, b) agrupados en clases de 1 m

Entrando ya en un análisis de los valores altimétricos medios y de los rangos de valores para cada tipología de cubierta, la Tabla 3 presenta ambos resultados de manera cuantitativa y la Figura 4 de manera gráfica para los valores altimétricos medios, y los rangos de variación de dichos valores. Desde el punto de vista de la exactitud posicional absoluta interesan los valores medios de altura. Como se puede apreciar, los valores altimétricos no coinciden exactamente, existiendo un pequeño sesgo diferencial (Figura 4.a) entre ambos conjuntos de datos. Sin embargo, este sesgo no resulta significativo en la mayoría de los casos. Desde el punto de vista de la exactitud posicional relativa interesan las diferencias de cota dentro de cada parcela y categoría. Esta información es la que se representa en con los datos denominados rangos. En este caso los valores tampoco son exactamente iguales pero siempre se mantienen en órdenes de magnitud aproximadamente iguales. Además, según se observa en la Figura 4.b las diferencias ya no poseen siempre el mismo signo, por lo que no se puede hablar de un sesgo global para esta componente de la calidad posicional, lo cual además resulta más lógico.

Tabla 3.- Resumen estadístico de alturas y rangos de variación de las alturas para el caso del Aster-GDEM y del MDTA en la zona de análisis

Cubierta	Parámetro	Cota GDEM	Cota MDTA	Cubierta	Parámetro	Rango GDEM	Rango MDTA
Agua Balsa	N	22884,00	22884,00	Agua Balsa	N	22884,00	22884,00
	Media	359,18	365,71		Media	4,63	4,53
	Desviación	36,88	39,03		Mínimo	4,00	4,28
Aeródromo	N	5893,00	5893,00	Aeródromo	Máximo	5,00	4,68
	Media	311,44	315,30		N	5893,00	5893,00
	Desviación	0,00	0,00		Media	6,00	6,74
Erial	N	3399393,00	3399393,00	Erial	Mínimo	6,00	6,74
	Media	851,30	853,14		Máximo	6,00	6,74
	Desviación	86,56	82,06		N	3399393,00	3399393,00
Labor	N	2365676,00	2365676,00	Labor	Media	408,16	404,00
	Media	365,03	368,20		Mínimo	19,00	34,01
	Desviación	38,48	38,41		Máximo	489,00	495,60
Monte	N	5711889,00	5711889,00	Labor	N	2365676,00	2365676,00
	Media	937,72	939,40		Media	41,09	45,08
	Desviación	270,81	262,26		Mínimo	6,00	9,64
Olivar	N	2146707,00	2146707,00		Máximo	63,00	71,66
	Media	449,61	453,36	Monte	N	5711889,00	5711889,00
	Desviación	177,82	178,79		Media	425,21	431,38
Regadío	N	426776,00	426776,00		Mínimo	20,00	66,71
	Media	321,85	326,15		Máximo	583,00	597,04
	Desviación	1,22	2,33	Olivar	N	2146707,00	2146707,00

Soto	N	53792,00	53792,00
	Media	285,82	287,61
	Desviación	0,00	0,00
Total	N	14133010,00	14133010,00
	Media	724,66	727,03
	Desviación	312,66	308,83

	Media	61,49	62,29
	Mínimo	8,00	2,66
	Máximo	196,00	200,42
Regadío	N	426776,00	426776,00
	Media	22,56	12,48
	Mínimo	22,00	6,66
	Máximo	23,00	16,96
Soto	N	53792,00	53792,00
	Media	11,00	8,62
	Mínimo	11,00	8,62
	Máximo	11,00	8,62
Total	N	14133010,00	14133010,00
	Media	286,97	288,94
	Mínimo	4,00	2,66
	Máximo	583,00	597,04

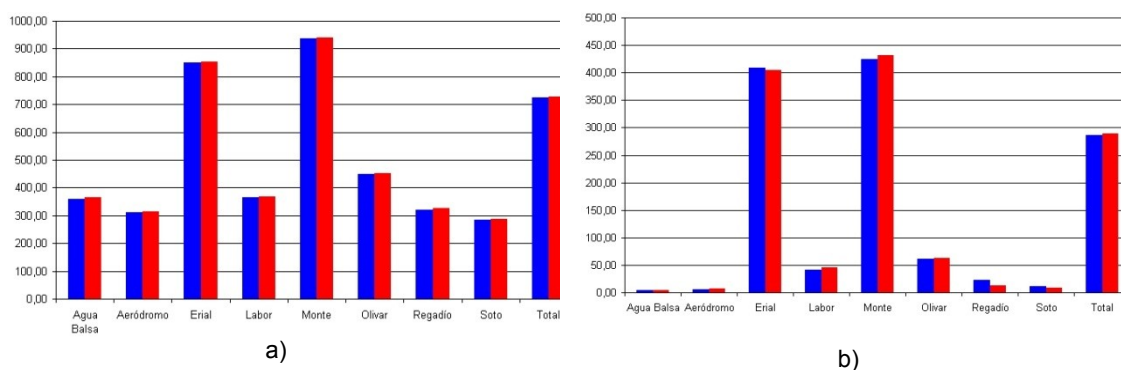


Figura 4. Diferencias entre los productos Aster-GDEM (azul) y MDTA (rojo) para cada categoría en el caso de a) los valores medios de altura y b) rangos de altura

4. Conclusiones

Los catastros altimétricos son aquellos que incluyen de manera integrada altimetría del territorio con la planimetría del parcelario. Esta tipología de catastro ha sido una opción de casi nula implantación a nivel mundial. Sin embargo, en la actualidad en los países más avanzados se está pasando a los denominados "Catastros 3D", que son bases de datos que incorporan fundamentalmente objetos y derechos tridimensionales.

Desde este trabajo se ha intentado destacar la importancia de la altimetría para los catastros territoriales con vocación multipropósito y ambiental. En esta línea se ha presentado el producto Aster- GDEM. Se trata de una opción de difusión libre y gratuita que pueden disponer todas las agencias catastrales del mundo, y que tiene un nivel de calidad posicional absoluta altimétrica muy aceptable, por lo que sirve tanto para el análisis visual como para el análisis numérico y su integración en sistemas de catastro multipropósito.

El trabajo exploratorio de comparación estadística frente a un producto fotogramétrico convencional, realizada para un total de 58 parcelas catastrales del Término Municipal de Jaén (España), correspondientes a diversas cubiertas y para una superficie total de 1413 hectáreas, permite afirmar que, tanto desde el punto de vista de la exactitud posicional altimétrica absoluta, como de la exactitud posicional altimétrica relativa, el producto Aster-GDEM es casi equivalente a un producto fotogramétrico convencional.

5. REFERENCIAS

Abrams, M.; Bailey, B.; Tsu, H.; hato, M.; (2010). *The ASTER Global DEM*. PE&RS Vol 76(4), pp:344-348.

AGVT (2009). *ASTER Global Dem Validation, Summary Report*. ASTER GDEM Validation Team.

Billemont, S. (2009). *Validation of ASTER GDEM over Tibet*.

FIG (2010). *Cadastral Template: A Worldwide Comparison of Cadastral Systems*. Cadastral country reports based on a jointly developed PCGIAP/FIG template.
<http://www.cadastraltemplate.org/> (accedido, Abril 2010).

GDEM (2009). *ASTER GDEM Readme File* – ASTER GDEM versión 1.

ICA (2005a). *Modelo Digital del Terreno de Andalucía. Relieve y orografía*. Instituto de Cartografía de Andalucía.

ICA (2005b). *Evaluación de los distintos modelos de elevaciones disponibles para Andalucía*. Proyecto EcIcA.

MicrolImages (2009). *ASTER Global Elevation Data*. Fact Sheet.

NDEP (2004). *Guidelines for Digital Elevation Data*. National Digital Elevation Program.

Van Oosterom, P., Stoter, J. (2006). *3D Cadastre in an international context, legal, organizational, and technological aspects*. Taylor & Francis.