

LA PRECISIÓN VERTICAL DE LOS MODELOS DIGITALES DE ELEVACIONES EN EL ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN ANTE LA SUBIDA DEL NIVEL MEDIO DEL MAR EN VALDELAGRANA (CÁDIZ)

The importance of the vertical precision in the analysis of the exposure to inundation caused by sea level rise in Valdelagrana (Cádiz)

P. Fraile Jurado (1) y J. Ojeda Zújar (2)

(1) Departamento de Geografía Física y A.G.R., Universidad de Sevilla, C/ María de Padilla s/n, CP 41004, Sevilla, pfraile@us.es

(2) Departamento de Geografía Física y A.G.R., Universidad de Sevilla, C/ María de Padilla s/n, CP 41004, Sevilla, zujar@us.es

Resumen

Dentro de las diferentes aproximaciones existentes para el análisis de los riesgos asociados a la subida del nivel medio del mar, la espacialización de los datos asociados a los mareógrafos sobre modelos digitales de elevaciones (MDE) permite la identificación de la peligrosidad de todos los espacios eventualmente inundables, frente a métodos de uso común basados en indicadores para el análisis de la vulnerabilidad (CVI, Coastal Vulnerability Index). Este método requiere, además de una serie de análisis de series temporales y de superficies sobre los que existe una amplia bibliografía, del uso de un MDE de calidad. La calidad de un MDE viene determinada tanto por su resolución espacial como por su precisión vertical. En esta comunicación evaluaremos la importancia que puede tener esta última en la simulación de diferentes inundaciones causadas por la subida del nivel medio del mar en el ámbito de las costas andaluzas del Océano Atlántico, tal y como ha sido realizado por diferentes autores en otros marcos hidrodinámicos diferentes (Thieler, 2009, Zhang, 2010). El ámbito de estudio está limitado al sector occidental de la playa de Valdelagrana.

Palabras clave: subida del nivel del mar, Lidar, espacialización

Abstract

The spacialization of data from tide gauges over digital elevation models (DEM) let the identification of the peligrosidad of all the potentially inundates spaces, in comparison to the common methods to evaluate the dangerousity, such as the CVI. The methodology applied requires not only a time series analysis from tide gauges, but also a high quality DEM. The quality of a DEM depends on its spatial resolution and on its vertical precision. The aim of this communication is to evaluate the importance that the vertical precision might involve in the simulation and evaluation of inundations caused by sea level rise in the atlantic andalusian coast

Key words: mean sea level rise, lidar data, spacialization

1. OBJETIVOS

El objetivo del trabajo presentado en este apartado es valorar la importancia de la precisión vertical del MDE empleado en la proyección de niveles del mar espacializados a partir de registros de mareógrafos.

2. MATERIALES EMPLEADOS

Para la representación de niveles del mar se han empleado dos tipos de grids:

i. Modelos digitales de elevaciones:

- a) MDE del Modelo Digital del Terreno de Andalucía (MDT_Junta) de 10 metros de resolución espacial, y una precisión vertical que en ámbitos semejantes al de la zona de estudio ha sido evaluado en 0,68 metros (Ojeda et al, 2006).
- b) MDE lidar de Valdelagrana (MDE_lidar), con una resolución espacial de 1 metro, y una precisión vertical de 0,15 cm.

- ii. **Superficies de inundación marina, obtenida en trabajos anteriores** (Fraile y Ojeda, 2009, Fraile, 2011), que indican la cota de inundación causada por la pleamar astronómica en el presente y en el año 2100, en un escenario de subida del nivel medio del mar. Esta superficie es el resultado de integrar y espacializar las siguientes variables sobre niveles del mar: i) la diferencia entre el nivel medio del mar local y el de Alicante (NMML y NMMA), ii) las expectativas de cambio del nivel medio del mar y iii) la altura local de la pleamar astronómica. En este caso se emplearán dos superficies de inundación calculadas en trabajos anteriores:
- a) Pleamar astronómica en la actualidad.
 - b) Pleamar astronómica en el año 2100.

3. MÉTODOS

Se han identificado las áreas potencialmente inundables ante una pleamar astronómica en la actualidad y en el año 2100 sobre dos MDE de 10

metros de resolución espacial y de diferente precisión vertical, de acuerdo con las expectativas obtenidas del modelo de Titus y Narayan (1998) y del análisis de los registros de los mareógrafos del entorno (Fraile, 2011). En primer lugar se generó un MDE con una resolución espacial de 10 metros a partir del MDE_lidar, lo que permite obtener una misma resolución espacial que el MDT_Junta, permitiendo la comparación de la superficie inundable en ambos modelos, sin que la resolución espacial interfiera en los resultados de dicha comparación. Sobre el nuevo MDE_lidar de 10 metros y el MDE_Junta se proyectaron las dos superficies de inundación marina por la pleamar astronómica correspondientes a la actualidad y al horizonte delimitado por el año 2100, mediante un análisis de superficies, exigiendo la continuidad de la superficie inundada con respecto a la masa de agua marina. Los resultados obtenidos se presentan cartográficamente (figura 1) y mediante estadísticas presentadas en figuras (figura 2).

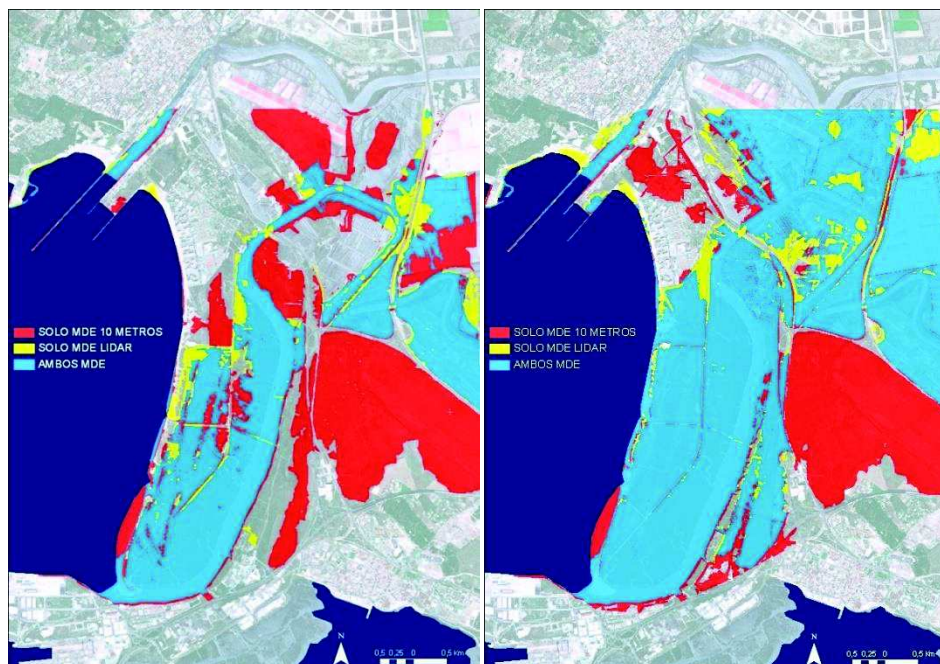


Figura 1. Alcance de la pleamar astronómica sobre un MDE con una precisión vertical de 0,68 m (el MDE de la Junta de Andalucía) y sobre un MDE de una precisión vertical aproximada de 0,15 m (MDE_lidar), en la actualidad (izquierda) y en 100 años (derecha). Fuente: elaboración propia.

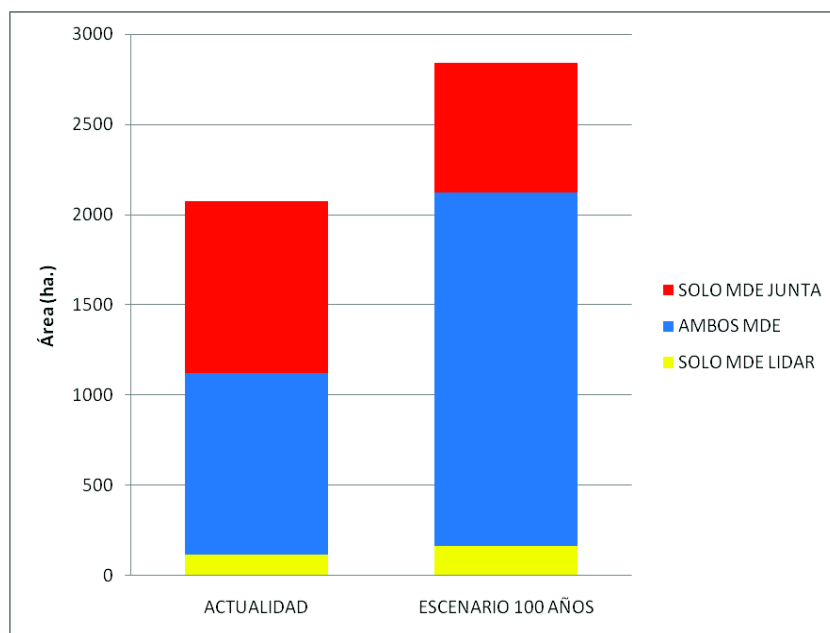


Figura 2. Superficie ocupada por la pleamar astronómica en Valdelagrana empleando un MDE_lidar de 10 m (remuestreado) y el MDT_Junta. Fuente: elaboración propia.

	ACTUALIDAD (ha.)	(%)	ESCENARIO 100 AÑOS (ha.)	(%)
SOLO MDE_LIDAR	1,192	5,7	1,647	5,8
SOLO MDT_JUNTA	9,508	45,9	7,183	25,3
AMBOS MDE	1,036	48,4	19,598	68,9
TOTAL	20,736		28,427	

Tabla 1 Áreas inundadas por la pleamar de coeficiente 0,7 sobre diferentes MDE en la playa de Valdelagrana. "SOLO MDE_LIDAR" indica las áreas que únicamente se inundan empleando el modelo de 10 m elaborado a partir del modelo lidar de 1 m, "SOLO MDT_JUNTA" indica las áreas que solo se inundan empleando el MDE de 10 m original, y "AMBOS MDE" indica las coincidencias entre ambos modelos. Fuente: elaboración propia.

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran la importancia de contar con un modelo de la mayor precisión vertical posible. Las figuras 1 y 2 muestran que el MDE_lidar resulta mucho más sensible a los elementos verticales e infraestructuras, de tal forma que existen muchos espacios que solo aparecen inundados si se emplea el MDE de 10 metros remuestreado a partir del MDE_lidar. Al exigir continuidad espacial para simular la inundación, las barreras sensiblemente verticales existentes (levees, infraestructuras viarias, límites de salinas...) confinan la superficie de la pleamar en el caso del MDE_lidar,

mientras que estas barreras quedan suavizadas en el MDT_Junta.

El tipo de espacio mayoritario es el que aparece representado como inundable en ambas variables. No obstante, existen diferencias significativas entre el mapa actual y el mapa de la pleamar futura en 100 años, puesto que la superficie común de las dos superficies (la elaborada a partir del MDE_lidar y la elaborada a partir del MDE de la Junta de Andalucía) representa el 48,4% en el mapa actual y el 68,9% en el mapa futuro. El incremento del área común parece deberse a que el uso de una mayor cota de inundación permite rebasar las altitudes de elementos con

capacidad de confinar espacios inundables que solo es posible identificar en el MDE_lidar, por lo que en el análisis de la situación actual funcionan como elementos "confinadores" mientras que no lo hacen así en el escenario futuro.

Por otra parte, es posible observar la presencia de algunos espacios que solo aparecen como inundados al emplear el MDE_lidar. En este caso, se trata de pequeños caños mareales que solo aparecen correctamente representados en el modelo más preciso. En cualquier caso, solo el 5,7% y el 5,8% de ambos mapas representan a este tipo de espacios, que pueden resultar claves a la hora de proporcionar o romper la continuidad espacial requerida en el modelado de inundaciones

Asimismo, la mayor precisión del MDE_lidar permite identificar espacios que no quedarían inundados en las condiciones simuladas en este ejemplo, mientras que el MDE de la Junta de Andalucía los señala como inundables, al no permitir detectar las infraestructuras (viarias, en la mayoría de los casos), que separan un área de otra, y que actúan como barrera en la propagación de la inundación. Los espacios que se identifican como inundables en el MDE de menor precisión suponen un 42,2% y 19,5% más que el espacio identificado como inundable por el MDE_lidar en las simulaciones realizadas en la actualidad y a 100 años, respectivamente.

5. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

A la vista de todo ello podemos extraer dos conclusiones:

- 1) A la hora de realizar el tipo de análisis propuesto en este trabajo resulta deseable contar con un MDE de la mayor precisión vertical posible, puesto que las diferencias observadas entre uno de alta precisión (lidar) y uno de precisión intermedia (MDT_Junta) son significativas (Ojeda et al. 2011).
- 2) El hecho de que las diferencias observadas en el uso de un modelo u otro al realizar simulaciones sobre la actualidad y sobre 100 años se reduzcan parece indicar que las infraestructuras -el principal elemento a la hora de confinar espacios inundables, y especialmente sensible a la precisión vertical de un MDE u otro- se ven rebasadas altimétricamente por la superficie de inundación, lo que tendería a igualar, en el caso de estudio, la aplicabilidad de un modelo u otro. No obstante, frente a otras infraestructuras de mayor porte o simplemente en otras áreas de estudio, las ventajas del MDE_lidar permanecerían intactas.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación forma parte del desarrollo del proyecto de I+D: "Espacialización y Difusión Web de Variables Demográficas, Turísticas y Ambientales para la Evaluación de la Vulnerabilidad Asociada a la Erosión de Playas en la Costa Andaluza (CSO2010-15807)" financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y por fondos FEDER.

REFERENCIAS

- Fraile Jurado, Pablo, Ojeda Zujar, Jose (2009). La Evolución de la Línea de Costa en la Fachada Atlántica Andaluza Entre 1956 y 2004. Pag. 55-60. *En: Investigaciones Recientes (2005-2007) en Geomorfología Litoral*. Ed. 1. Palma de Mallorca, España. Uib. 2007.
- Fraile, P. (2011). *Análisis de las problemáticas asociadas a la espacialización, evolución y representación de niveles del mar presentes y futuros en Andalucía*. Universidad de Sevilla. Tesis Doctoral.

Iglesias-Campos, A., Simon-Colina, A., Fraile-Jurado, P., & Hodgson, N. (2010). Methods for assessing current and future coastal vulnerability to climate change. *ETC/ACC Technical Paper. Bilthoven, the Netherlands: European Topic Centre on Air and Climate Change.*

Ojeda Zújar, J.; Márquez Pérez, J. y Gómez, A. (2006). *Restitución analítica, estereocorrelación y Lidar para la generación de Modelos digitales de terreno en marismas mareles*, en: *El acceso a la información espacial y nuevas tecnologías geográficas* (Ed. Camacho, M.T; Cañete, J.A; Lara, J.J.). Editorial de la Universidad de Granada. pp. 1121-1134

Ojeda Zújar, J., Álvarez Francoso, J. I., Márquez Pérez, J., Sánchez Rodríguez, E., y Fraile Jurado, P. (2010). Gestión e integración de datos altimétricos y batimétricos en la costa andaluza: el uso del " Model Builder".Thieler 2009). R., *Coastal Sensitivity to Sea Level Rise: A Focus on the Mid-Atlantic Region, USGS.*

Ojeda, J., Álvarez, J., Martín, D., & Fraile, P. (2009). El uso de las tecnologías de información geográfica para el cálculo del Índice de Vulnerabilidad Costera (CVI) ante una potencial subida del nivel del mar en la costa andaluza (España). *Geofocus*, 9, 83-100.

Titus, J., y Narayan, V. (1998). *The probability of sea level rise*, EPA, Washington.

Zhang K., (2010). *Analysis of Non-Linear Inundation from Sea Level rise Using Lidar Data: A Case Study for South Florida*, en *Climatic Change*, en prensa.