

## CAPACIDADES DEL LIDAR BATIMÉTRICO HAWK EYE MK II

G. Chust, M. Grande, R. Moncho, I. Galparsoro.

*AZTI-Tecnalia / Unidad de Investigación Marina.  
Txatxarramendi ugarte a z/g: 48395 Sukarrieta (Vizcaya); gchust@azti.es*

### RESUMEN

En junio de 2008 se efectuó un levantamiento altimétrico de la zona estuárica y costera de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (Vizcaya) mediante el nuevo Lidar batimétrico Hawk Eye MK II. Este sensor aerotransportado opera con un láser topográfico para la medición altimétrica del suelo terrestre, y un láser hidrográfico para el suelo sumergido. Este trabajo tiene dos objetivos principales: 1) evaluar la calidad de los datos del sistema Hawk Eye MK II, y 2) evaluar el potencial discriminador de la información Lidar para clasificar hábitats costeros y submareales, mediante métodos de clasificación supervisada. Este sistema ha permitido generar un modelo de elevación digital que cubre 13 km<sup>2</sup> a 2 m de resolución horizontal en el medio terrestre (RMSE vertical:  $\pm 0,15$  m) y a 4 m en el submareal, llegando a una profundidad de 20 m (RMSE en fondos sedimentarios: 0,38-0,62 m, RMSE en fondo rocoso: 0,55-1,77 m). Los resultados de fiabilidad muestran que la clasificación del estuario y costa de Urdaibai en 22 hábitats fue bien clasificada ( $\kappa = 0,88$ ), combinando bandas visibles, infrarrojo, y la información altimétrica del Lidar.

### ABSTRACT

In June 2008, an altimetric survey of the estuarine and coastal zone of the Biosphere Reserve of Urdaibai estuary (SW Bay of Biscay, North Spain) was undertaken using the new bathymetric Lidar sensor Hawk Eye MK II. This airborne sensor operates with a topographic laser for the altimetric measurement of the terrestrial ground, and a hydrographical laser for the sea bottom detection. This research has two objectives: 1) to assess data quality of the Hawk Eye MK II system, and 2) to assess the discrimination potential of the bathymetric Lidar sensor for classifying coastal and subtidal habitats, using supervised methods. The system has generated a digital elevation model that covers 13 km<sup>2</sup> at 2 m spatial resolution in terrestrial zone (vertical RMSE:  $\pm 0,15$  m) and at 4 m in subtidal, until 20 m depth (RMSE in soft substrata: 0,38-0,62 m, RMSE rocky substrata: 0,55-1,77 m). The results obtained for the estuarine and coastal classification in 22 habitats showed high accuracy values ( $\kappa = 0,88$ ), combining visible and infrared bands, and the Lidar information.

**Palabras clave:** Lidar, hábitat, clasificación supervisada, batimetría, Urdaibai.

### INTRODUCCIÓN

La degradación continua de los hábitats naturales y las amenazas que se ciernen sobre determinadas especies constituyen una preocupación primordial de la política medio ambiental de la Unión Europea (Directiva Europea de Hábitats, Council Directive 92/43/EEC). Además, de acuerdo con el cuarto informe del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, el impacto sobre los sistemas costeros podría acentuarse en los próximos años por la subida del nivel medio del mar. Por consiguiente, es necesario, evaluar los potenciales impactos en la costa de este ascenso del nivel del mar para prever, entre otros, problemas como la inundación de zonas naturales y urbanas, cuantificar posibles impactos en playas y humedales, modificación de los hábitats. En la actualidad, es posible acceder a información topográfica de alta resolución debido al avance tecnológico de técnicas como el láser topográfico aerotransportado Lidar (*Light Detection and Ranging*; Webster *et al.* 2006),

y más recientemente, el LiDAR batimétrico. Esta información está permitiendo realizar nuevos estudios acerca de la evolución del medio costero y predecir escenarios futuros.

### METODOLOGÍA

Vuelo Lidar, validación y generación del MDT

Entre el 25 y 27 de junio de 2008 se realizó un levantamiento altimétrico de la zona estuárica y costera de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (Vizcaya) mediante un altímetro láser Lidar aerotransportado, propiedad de BLOM Aerofilms. El modelo de láser utilizado es el Hawk Eye MK II (Gonzalo y Flores 2008), el cual opera en dos bandas espectrales: el láser topográfico en longitudes de onda de 1.064 nm (infrarrojo) y que es empleado para la medición altimétrica del suelo terrestre, y un láser hidrográfico que opera a 532 nm (verde), el cual permite la medición de la elevación del suelo sumergido. El sensor adquiere

simultáneamente una frecuencia de pulsación de 4 kHz en batimetría y de 64 kHz en topografía.

La validación de los datos del LiDAR terrestre ha sido efectuada mediante trabajos topográficos de campo. La validación de los datos batimétricos originales ha sido realizada comparando la nube de puntos con una batimetría obtenida con una sonda multihaz de alta resolución (modelo SeaBat7125), y que fueron adquiridos en 2007 (Galparsoro *et al.* 2009). Por último, se ha evaluado la diferencia promedio y el RMSE (*Root Mean Squared Error*) entre ambas técnicas en función del tipo de fondo y la profundidad.

#### Clasificación de hábitats

Para la clasificación de hábitats, en primer lugar se mosaicaron e interpolaron los datos batimétricos y topográficos. A partir del DTM se calcularon tres parámetros topográficos: pendiente, orientación y el modelo de sombras utilizando algoritmos implementados en ENVI.

Se ha evaluado el potencial discriminador de los datos altimétricos Lidar y el infrarrojo cercano (vuelo de 2005, 50 cm de resolución), con respecto a las fotografías en color verdadero (vuelo de 2005, 50 cm de resolución), para la clasificación de hábitats. En primer lugar, se han definido zonas de entrenamiento de 21 hábitats que cubren la zona supralitoral, intermareal y submareal. Se han utilizado métodos de clasificación supervisada basados en el criterio de máxima verosimilitud que tienen en cuenta los valores espectrales de las bandas visibles e infrarrojo, el DTM y los parámetros topográficos (Chust *et al.* 2004, Chust *et al.* 2008). Por último, se ha aplicado un filtro mayoritario (5x5 píxeles).

La evaluación de la fiabilidad de la clasificación de los hábitats se ha efectuado comparando las clasificaciones con zonas de referencia validadas en el terreno (diferentes a las utilizadas en el proceso de entrenamiento), utilizando para ello las matrices de error, las medidas de fiabilidad del usuario y del productor, y el coeficiente de acuerdo kappa (Foody 2002).

## RESULTADOS

#### Lidar: validación y generación del MDT

La densidad de puntos (de suelo) del área terrestre fue en promedio de 1,442 puntos/m<sup>2</sup>. Tras el análisis de los 185 puntos de validación topográficos, se ha estimado que los datos Lidar se

sitúan sistemáticamente a 16,73 cm por debajo de la topografía del terreno. En consecuencia, los datos Lidar han sido corregidos aplicándoles un incremento de 17 cm. Posterior a dicha corrección, el RMSE (precisión vertical) resultante es de 14,66 cm.

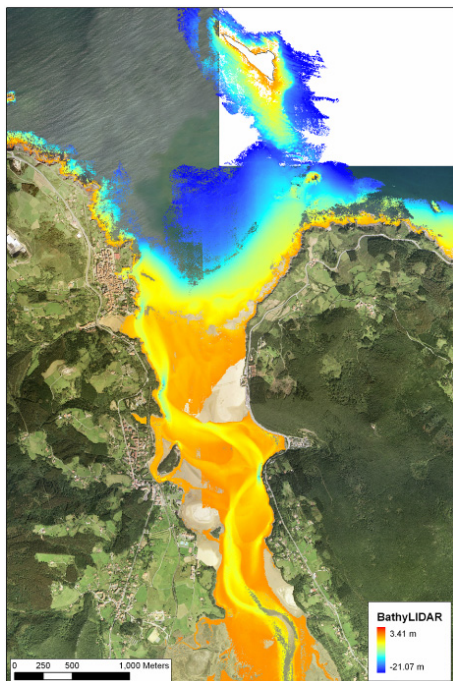
En la parte submareal, la densidad de puntos (correctos) fue de 0,341 puntos/m<sup>2</sup>. Una vez corregidos los datos LiDAR en función de la validación topográfica, los datos Lidar presentaron una diferencia con la sonda multihaz (para toda la superficie común: 1,2 km<sup>2</sup>) de -0.025 m ±0.839 m, con un error RMSE (root mean squared error) de ±0.839 m. En promedio, la altura proporcionada por la multihaz es, por lo tanto, inferior a la obtenida mediante Lidar, con una resolución vertical de ±84 cm. En cuanto a las diferencias entre ambas técnicas en función del tipo de fondo y la profundidad (Tabla 1), ambos sustratos, tanto el rocoso como el sedimentario, no presentan valores de RMSE con una tendencia clara respecto a la profundidad. Esto indica que la señal depende fuertemente de otros factores, tales como la turbidez o el burbujeo de la zona de rompiente de las olas. Por otro lado, se observa que los fondos sedimentarios presentan en general, una diferencia entre ambas técnicas y un RMSE menores que los del fondo rocoso (RMSE = 0,38-0,62; RMSE = 0,55-1,77, respectivamente); en este caso, esto puede ser debido a las diferencias de la superficie de las huellas de ambas técnicas y la propia rugosidad de los fondos rocosos.

**Tabla 1.-** Diferencia en cota entre los valores obtenidos con la sonda multihaz y la batimetría Lidar en función de la profundidad y el tipo de fondo.

Tipo de fondo	Rango de profundidad (m)	dZ medio (m)	RMSE (m)
Sedimentario	15-12,5	0,129	0,465
	12,5-10	0,162	0,563
	10-7,5	0,067	0,624
	7,5-5	-0,216	0,382
Rocoso	15-12,5	-0,121	0,866
	12,5-10	-0,748	1,765
	10-7,5	-0,506	1,443
	7,5-5	-0,185	0,819
	5-2,5	-0,216	0,551

En base a estas densidades, y teniendo en cuenta la falta de información en ciertas zonas (baja reflexión del láser, áreas por debajo de edificios, orillas rocosas con fuerte pendiente, zonas submareales profundas y con turbidez, zonas de rompiente y barcos) se generaron un DTM topográfico a 2 m y un batimétrico a 4 m. El área

cubierta por el DTM fue de 13,69 km<sup>2</sup>, con un 14,35% de la superficie con ausencia de datos (Figura 1).



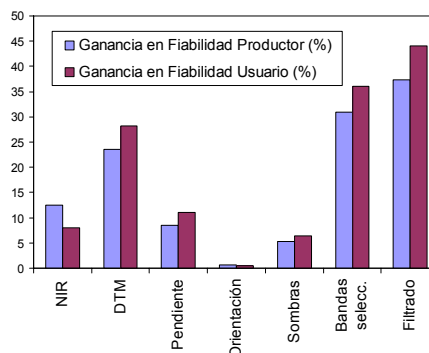
**Figura 1.-** Detalle del DTM batimétrico obtenido con LiDAR Hawk Eye MK II.

#### Clasificación de hábitats

La adición de las bandas suplementarias a las bandas del visible presentó un incremento general en los índices de fiabilidad (Figura 2). La variable que mejoró más la discriminación entre clases fue el DTM, seguido del NIR, pendiente y el modelo de sombras. La orientación presentó la menor ganancia y ésta no fue significativa.

La clasificación final fue obtenida combinando las bandas visibles (rojo, verde y azul) con las mejores bandas suplementarias (banda NIR, DTM, pendiente y el modelo de sombras), y filtrando esta clasificación resultante mediante un algoritmo mayoritario (5x5 píxeles, 2 iteraciones). Los índices de fiabilidad global fueron los más elevados obtenidos para esta clasificación (pFP = 92,12%, pFU = 84,49%, kappa = 0,88). A nivel de clase, el DTM mejoró especialmente la clasificación de los hábitats de marisma (*Spartina*, *Juncus sp.*,

fangos vegetados) y cubiertas vegetadas supralitorales (Tabla 2). Esta mejora es muy patente en el caso de los fangos vegetados (Figura 3), cuya composición específica es muy heterogénea (algas de *Gracilaria sp.*, *Ulva sp.*, *Enteromorpha sp.* y *Fucus ceranoides*, y la fanerógama *Zostera noltii*).



**Figura 2.-** Ganancias (%) obtenidas con la introducción de las bandas suplementarias a las visibles.

#### CONCLUSIONES

El Lidar batimétrico Hawk Eye MK II ha permitido generar un modelo de elevación digital del estuario de Urdaibai a 2 m de resolución horizontal en el medio terrestre (RMSE vertical:  $\pm 0,15$  m) y a 4 m en el submareal, llegando a una profundidad máxima de 20 m. El error RMSE batimétrico en fondo sedimentarios es de 0,38-0,62 m, mientras que en fondo rocoso es superior (0,55-1,77 m).

Los resultados de fiabilidad muestran que la clasificación de hábitats de la zona estuárica y de la zona costera de Urdaibai en 22 clases fue bien clasificada con el método de máxima verosimilitud, utilizando las bandas visibles, infrarrojo, y la información altimétrica proveniente del Lidar. Este resultado refuerza la importancia de la integración de los datos Lidar con imágenes multispectrales para mejorar la clasificación.

**Tabla 2.-** Evaluación de la fiabilidad de la clasificación. FP: fiabilidad del Productor.

Hábitat	RGB FP (%)	RGB+DTM FP (%)	Filtrado FP (%)
<i>Gelidium Sesquipedale</i>	56.24	72.21	81.99
Roca submareal	41.09	75.46	79.07
Arena submareal	11.87	28.39	86.66
Fangos submareales	73.41	83.38	88.53
<i>Corallina officinalis</i>	24.78	55.66	94.78
<i>Chthamalus</i>	52.66	56.92	92.11
Roca supralitoral	25.52	57.03	96.68
<i>Zostera sp.</i>	76.27	89.84	90.50
Arena intermareal	83.69	94.14	96.47
Fangos intermareales	63.71	72.33	79.09
Fangos vegetados	43.72	86.35	94.61
<i>Spartina sp.</i>	12.64	63.24	78.65
<i>Halimione-Salicornia</i>	74.85	84.01	98.28
<i>Juncus sp.</i>	69.90	87.02	93.32
<i>Phragmites australis</i>	81.27	93.35	96.38
Arena supralitoral	98.03	94.79	92.13
Vegetación dunar	53.12	90.96	94.02
Pastos	51.54	77.97	95.31
Praderas	15.77	99.38	100.00
Bosque de ribera	63.84	84.13	99.11
Bosque cantábrico	77.16	99.13	100.00
Artificial	85.95	89.78	98.88
<b>Promedio</b>	<b>54.81</b>	<b>78.37</b>	<b>92.12</b>

## BIBLIOGRAFÍA

Chust, G., Ducrot, D., and Pretus, J.L. 2004. Land cover mapping with patch-derived landscape indices. *Landscape and Urban Planning* 69:437-449.

Chust, G., Galparsoro, I., Borja, Á., Franco, J., and Uriarte, A. 2008. Coastal and estuarine habitat mapping, using LIDAR height and intensity and multi-spectral imagery. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 78:633-643.

Foody, G.M. 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment* 80:185-201.

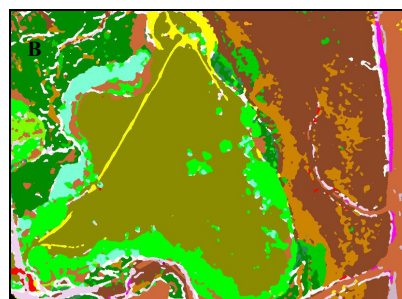
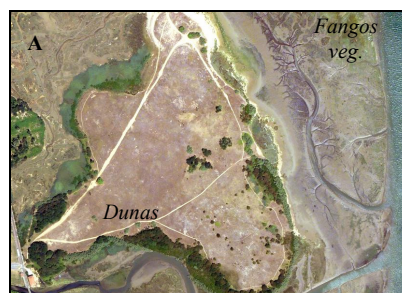
Galparsoro, I., Borja, Á., Bald, J., Liria, P., and Chust, G. 2009. Predicting suitable habitat for the European lobster (*Homarus gammarus*), on the Basque continental shelf (Bay of Biscay), using Ecological-Niche Factor Analysis. *Ecological Modelling* 220:556-567.

Gonzalo, J. & A. Flores. 2008. *Batimetría LIDAR y su implantación en España, el sistema Hawk Eye II*. Congreso Internacional de Ingeniería Geomática y Topográfica, Valencia, 2008.

Webster, T. L., D. L. Forbes, E. MacKinnon, and D. Roberts. 2006. Flood-risk mapping for storm-surge events and sea-level rise using lidar for southeast New Brunswick. *Canadian Journal of Remote Sensing* 32:194-211.

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto a sido financiado por el MARM (Ref.: 0.39/SGTB/2007/4.1) del Gobierno de España, y el Dpto. de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco.



**Figura 3.-** (A) Composición en color de una zona de dunas junto a fangos vegetados; (B) Clasificación de la zona; (C) Fangos vegetados, aquí dominados por *Gracilaria sp.* con *Ulva sp.*