

VALORACIÓN DE RECURSOS PESQUEROS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN AEROPORTADA: PROYECTO JUVESU

A. FERNÁNDEZ-RENAU, J.A. GÓMEZ, O. G. DE LA CÁMARA, M. JIMÉNEZ y E. DE MIGUEL

gutierrezcao@inta.es

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) - Crta. Ajalvir Km 4, Torrejón de Ardoz, Madrid, Spain

RESUMEN: El proyecto europeo JUVESU (Experimental Surveys for the Assessment of Juveniles) FAIR PL97-3374 tuvo dos objetivos principales: el primero fue evaluar la viabilidad de la aplicación de sensores aéreos de teledetección para la localización de cardúmenes de juveniles de cuatro especies pelágicas con elevado interés ecológico y económico: anchoa, sardina, caballa y jurel. Se obtuvieron mapas de distribución espacial y de abundancia relativa de los mismos y esos resultados se compararon con los obtenidos con sensores acústicos tradicionales remolcados o embarcados en buques de investigación. El segundo objetivo fue analizar la relación e influencia del medio ambiente marino sobre la distribución espacial de las diferentes especies de juveniles objeto de estudio. Los datos proporcionados por un LIDAR radiométrico aeroportado desarrollado y operado por Environmental Technology Laboratory de NOAA se compararon con los datos adquiridos mediante los sistemas acústicos de detección de cardúmenes tradicionales. Las condiciones oceanográficas físicas y químicas, se caracterizaron mediante la medida de tres parámetros: temperatura, clorofila y salinidad del mar. Con tal fin, se utilizaron sensores "in situ", un escáner de barrido multispectral aeroportado que proporcionó imágenes del color y de la temperatura de la superficie marina y por último, imágenes de satélite (de SeaWiFS y de AVHRR/HRPT de los satélites NOAA). Un LIDAR radiométrico llamado FLOE y un ATM Daedalus 1268 fueron instalados en el avión CASA-212-200 del INTA en julio de 1998. Las campañas de vuelos se realizaron durante los veranos de 1998 y 1999, sobre zonas bien definidas de las aguas costeras atlánticas portuguesa, española y francesa, en estrecha coordinación con las campañas de toma de datos oceanográficos, de sondeos acústicos y de pesquerías directas desde buques. La comparación y análisis de datos servirán para comparar las ventajas e inconvenientes de las tecnologías nuevas frente a las tradicionales. Se espera asimismo que su análisis redunde en un mejor entendimiento del comportamiento de los cardúmenes de varias especies de juveniles con un gran valor ecológico y económico.

ABSTRACT: An European funded project called JUVESU (Experimental surveys for the assessment of juveniles) was carried out in order to reach two main goals: the first one was to assess the feasibility of the application of airborne remote sensing techniques for the scientific direct surveying of juveniles of four pelagic species high ecological and economical interest: sardine, anchovy, mackerel and horse mackerel; in order to determine their spatial distribution and relative abundance. The results achieved with modern techniques were compared with those obtained with traditional ship-borne acoustic systems. The second main objective of the project was to study the role and influence of marine environment and its variation, on the spatial distribution of schools of juveniles and in the schooling phenomena. Data provided by an airborne radiometric LIDAR developed and operated by the Environmental Technology Laboratory of NOAA was compared with the data acquired with traditional ship-borne acoustic systems. Physical and chemical oceanographic conditions, characterized by the sea surface temperature, chlorophyll content and salinity, were measured using "in situ" sensors, an airborne line-scanner that provided color and thermal images of the sea surface, and finally, through the analysis of conventional satellite imagery (SeaWiFS, AVHRR/HRPT on-board NOAA satellites). A radiometric LIDAR called FLOE and an ATM Daedalus 1268 were installed in a CASA-212-200 aircraft of INTA in July 1998, and flight campaigns were conducted during 1998 and 1999 summers, over well defined zones of Portuguese, Spanish and French Atlantic coastal waters. Data analysis and

comparison is under process and will serve to compare the weakness and robustness of new technologies and traditional ones, and to improve the understanding of the juvenile schooling of species with high ecological and economical value.

Palabras clave: ATM Daedalus 1268, cardúmenes, FLOE, juveniles, LIDAR, luz retrodispersada.

EL MARCO DEL PROYECTO JUVESU

El proyecto JUVESU (Experimental Surveys for the Assessment of Juveniles - "Campañas experimentales para la estimación de juveniles") es un proyecto financiado dentro del programa específico europeo del Programa I+D de Agricultura y Pesca (DGXIV) cuyo coordinador es AZTI (Inst. Tecnológico Pesquero y Alimentario).

Los institutos que participaron en el proyecto son INTA, IEO (Inst. Español de Oceanografía), ETL-NOAA (Environmental Technology Laboratories of the National Oceanic and Atmospheric Administration), IFREMER (Institute Français pour la Recherche et l'Exploration de la Mer) e IPIMAR (Inst. de Investigaçao das Pescas e do Mar).

El proyecto JUVESU tenía dos objetivos principales: el primero era evaluar la viabilidad de la aplicación de sensores aéreos de teledetección para la localización de cardúmenes de juveniles de cuatro especies pelágicas con elevado interés ecológico y económico: anchoa, sardina, caballa y jurel. Se obtuvieron mapas de distribución espacial y de abundancia relativa de los mismos, y esos resultados se compararon con los obtenidos con sensores acústicos tradicionales remolcados o embarcados en buques de investigación. El segundo objetivo era analizar la relación e influencia del medio ambiente marino sobre la distribución espacial de las diferentes especies pelágicas de juveniles objeto de estudio.

Dentro del primer objetivo del proyecto se compararon los datos proporcionados por un LIDAR radiométrico aeroportado desarrollado y operado por ETL-NOAA frente a los datos adquiridos con los sistemas acústicos tradicionales de detección instalados en barcos oceanográficos. Además, debido al gran interés que tenía el profundizar en el conocimiento de esta nueva técnica, ETL impartió un curso de tres días a los científicos participantes en el proyecto y, adicionalmente dos científicos, uno de AZTI y otro de INTA, se desplazaron a ETL para recibir una formación más detallada sobre los fundamentos, diseño, funcionamiento y proceso de los datos del LIDAR, cumpliendo así otro de los objetivos principales del proyecto, que era el contribuir a una efectiva "transferencia tecnológica" en este campo.

Las condiciones oceanográficas físicas y químicas, caracterizadas mediante el estudio de los parámetros de

temperatura, clorofila y de salinidad del mar se midieron con sensores "in situ", con un escáner de barrido multiespectral aeroportado que adquiría imágenes del color y temperatura de la superficie marina, y a partir de imágenes obtenidas desde satélite (SeaWiFS y AVHRR/HRPT).

El diseño, planificación y realización de las campañas de adquisición de datos tuvieron lugar durante los años 1.998 y 1.999. En el transcurso del año 2.000 y principios de 2001 se realizó el análisis y la síntesis final de los resultados que se recogieron en el informe final del proyecto.

En <http://www.azti.es/juvesu/juvesu.html> se ofrece una mayor información sobre el proyecto.

La aportación del Laboratorio de Teledetección del INTA al proyecto abarcó el diseño y realización de las campañas de teledetección aeroportada, la obtención y procesado de los datos adquiridos con el sensor ATM relativos al color y temperatura de la superficie marina. Además, la instalación y funcionamiento simultáneo del LIDAR y el ATM desde la plataforma aérea del INTA, supuso la adecuación de la misma y de las configuraciones de los sensores para compatibilizar la operación conjunta de ambos.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TELEDETECCIÓN AEROPORTADA

En las campañas del proyecto JUVESU los sistemas de teledetección aeroportada utilizados fueron un escáner multiespectral ATM Daedalus 1268 y un LIDAR radiométrico llamado FLOE (Fish LIDAR Oceanographic and Experimental).

FLOE es un instrumento láser desarrollado por la división OSR (Ocean Remote Sensing) dependiente de ETL de NOAA. Se trata de un LIDAR radiométrico, de diseño sencillo y robusto, apropiado para trabajar desde una plataforma aérea, que proporciona gran rapidez y economía de operación para la toma de datos en comparación con el desarrollo de tareas similares desde buques oceanográficos. Consta de un módulo emisor constituido principalmente por un láser y una óptica. El láser puede generar de 1 a 30 pulsos de luz verde por segundo (con una longitud de onda de 532 nm). El sistema óptico hace que el pulso del láser diverja aumentando su sección con la distancia recorrida. La zona de es-

tudio queda cubierta por el desplazamiento de la huella del haz sobre la superficie marina, debido al movimiento de la plataforma sobre la que el sistema va montado. Una gran parte de la luz de cada pulso es retrodispersada cuando alcanza la superficie oceánica, y otra parte sigue propagándose y retrodispersándose ya dentro del agua a medida que aumenta la profundidad. Esa porción de luz que sigue propagándose a aguas cada vez más profundas va disminuyendo exponencialmente. Cuando la luz atraviesa o llega a un cardumen o banco de peces, la cantidad de luz retrodispersada es sensiblemente mayor que en ausencia de dicho cardumen. Es precisamente ese aumento de luz retrodispersada el que permite detectar y caracterizar el cardumen. El módulo receptor consta básicamente de un telescopio y un tubo fotomultiplicador. El telescopio recoge la luz retrodispersada que después se colima en el fotomultiplicador. Este traduce los impactos fotónicos a variaciones de corriente. Dichas señales son convertidas a valores digitales de ocho bits en el módulo digitalizador. En él una tarjeta conversora analógico-digital digitaliza cada muestreo discreto. Cada capa de agua queda caracterizada en función del tiempo que invierte el pulso láser desde su emisión hasta su retrodispersión en ella y viaje de vuelta al receptor, así pues, retardos en tiempo equivalen a distancias-profundidades en el agua. Estos datos digitales quedan registrados en el disco duro de un ordenador para su posterior procesamiento y análisis.

En la dirección <http://www1.etl.noaa.gov/lidar/> de la WEB se puede obtener una información más detallada sobre éste y otros aspectos del FLOE.

El ATM (Airborne Thematic Mapper) Daedalus 1268 es un sistema de barrido mecánico *whiskbroom* multispectral. Por cada línea barrida se obtienen 750 datos de ocho bits en once bandas espectrales (en cada banda puede ajustarse la ganancia de la señal recibida desde un factor $\times 0,5$ hasta $\times 8$ aumentando así el rango dinámico limitado a 8 bits). Produce imágenes de alta resolución (11 imágenes simultáneas en distintas bandas espectrales con 716 píxeles de ancho y una resolución radiométrica de ocho bits). La configuración utilizada para el JUVESU fue: 8 bandas VIS+NIR, que incluían aquellas características del CZCS (Coastal Zone Color Scanner, las bandas están dentro de un rango espectral de 423 a 940 nanómetros, configuración especialmente pensada para aplicaciones oceanográficas), una banda SWIR (1,55-1,75 μm) y dos bandas IR térmicas o TIR (3-5 y 8,5-13 μm). El IFOV (Instantaneous Field Of View) o campo de visión instantáneo fue de 2.5 milirradiantes y el FOV (Field Of View) o campo de visión de 86°. Se voló a una altura de 300 m y a una velocidad de 70 m/s, con lo que la resolución espacial

fue de unos de unos 0,80 m. La franja cubierta fue de 600 m aproximadamente.

Con un equipo GPS se obtuvieron datos para el posicionamiento de los sensores que permitieron georreferenciar las imágenes y situar los cardúmenes detectados.

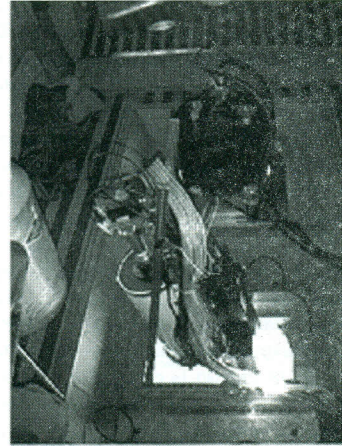


Figura 1. Cabezas sensoras de FLOE y ATM instaladas en las aberturas del CASA 212-200.

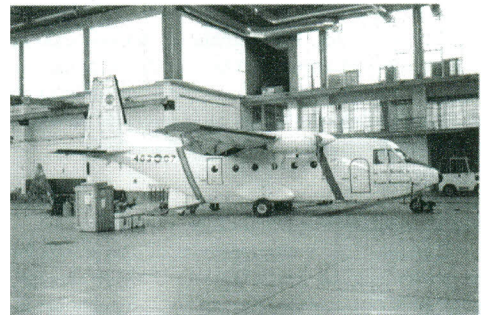


Figura 2. Avión CASA-212-200 del INTA.

La plataforma aérea empleada en JUVESU fue un avión CASA-212-200 del INTA (figura 2) operado habitualmente por tripulaciones del CECAF (Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire). Sus características principales son: dos grandes aberturas en el suelo de su cabina principal para instalar las cabezas de los sistemas sensores (figura 1), una velocidad máxima de 194 nudos, una autonomía máxima de 6 horas y disponibilidad de sistemas de recepción de señal DGPS.

LAS CAMPAÑAS DE TELEDETECCIÓN AEROPORTADA

Las campañas de JUVESU cubrieron cuatro zonas: Costa Francesa, Golfo de Vizcaya, Costa Gallega y Costa Portuguesa. Con el objetivo de obtener datos comparables entre las distintas técnicas, las campañas fueron diseñadas en reuniones previas donde los distintos grupos de trabajo marinos y aéreos marcaron los radiales o pasadas a realizar y la programación prevista para cada zona de estudio. En cada zona se eligió una cobertura muy amplia llamada "cobertura o campaña extensiva" en la que se pretendía obtener datos de un área muy extensa. Adicionalmente se seleccionaron coberturas mucho más reducidas bajo el nombre de "cobertura o campaña intensiva", en la que se había detectado una gran abundancia de cardúmenes, y que se estudiaron de un modo mucho más detallado concentrando en ellos el esfuerzo de todos los grupos y realizando repetidos sobrevuelos con el fin de proporcionar datos comparables entre sí en tiempo y en localización geográfica.

El funcionamiento simultáneo el ATM Daedalus 1268 y el FLOE impuso la elección de una altura de vuelo de 300 metros sobre la superficie oceánica. Con la configuración nominal del Daedalus a esta altura y debido a la gran extensión de las campañas eso significaba un volumen de datos adquiridos excesivo que exigiría un esfuerzo de proceso no asumible. Para superar este problema se configuró el Daedalus para que muestreara la zona observada de tal modo que se registrara sólo una de cada siete líneas observadas en su configuración nominal. Este cambio de configuración no afectaría de forma sensible a las medidas obtenidas por el sensor, debido a la "suavidad" de la variabilidad espacial que se observa en los parámetros que caracterizan el medio marino.

PROCESADO DE LOS DATOS

Las imágenes multispectrales de alta resolución espacial adquiridas con el Daedalus 1268 en su configuración CZCS tenían como objetivo proporcionar información geoespacial de parámetros oceanográficos para las zonas de estudio. En la campaña de 1.998 únicamente se adquirieron imágenes a 300 metros de altitud, altitud ésta óptima para la operación del LIDAR. Sin la necesidad de una resolución espacial tan alta y para lograr una reducción de la cantidad de datos, el sensor funcionó para estos vuelos, con una velocidad de escaneo de 12,5 rps. Mediante un post-proceso de remuestreo cada 6 metros en la dirección perpendicular a la de vuelo, resultaron imágenes de píxel de 0,8 metros de lado pero con paso de un píxel de 7 metros. En la campaña de 1.999, los datos anteriores se complemen-

taron con imágenes a 2.700 metros de altitud con un píxel nominal de 7 metros.

Después de una georreferenciación en coordenadas UTM a partir de los datos GPS de vuelo, y una corrección radiométrica de los canales reflectivos utilizando el código de transferencia radiactiva 6S, se generaron los siguientes productos: a) para las imágenes nocturnas y diurnas, mapas de temperatura de la superficie del agua con una transformación directa de los ND de la banda 8.5–13µm, utilizando los cuerpos negros del sensor. b) Para las imágenes diurnas, distribución de clorofila a partir del cociente entre las bandas 0,543-0,577µm y 0,48-0,5µm y distribución de sólidos en suspensión a partir del cociente 0,638-0,702µm y 0,508-0,532µm.

Asimismo, se generaron "perfiles columna" con los valores medio de cada fila para su integración en el Sistema de Información Geográfica que contenía los mapas térmicos y de distribución de clorofila obtenidos a partir de las distintas fuentes que proporcionaron datos al proyecto.

Los datos FLOE fueron procesados por ETL, en la figura 3 se puede observar como se ve un cardumen con estos datos.

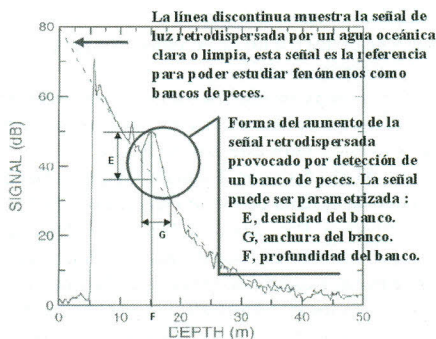


Figura 3. Gráfica de la señal retrodispersada de un pulso láser frente a la profundidad.

BIBLIOGRAFÍA

- J. H. CHURNSIDE, J. J. WILSON and V. V. TATARSKII, An airborne LIDAR for fisheries applications (NOAA).
- J. R. HUNTER, J. H. CHURNSIDE. Airborne Fishery Assessment Technology
- Ó. G. DE LA CÁMARA (INTA) and G. BOYRA (AZTI) Training on application of lidar systems for the assessment of fish resources and description of the NOAA-ETL fisheries lidar.