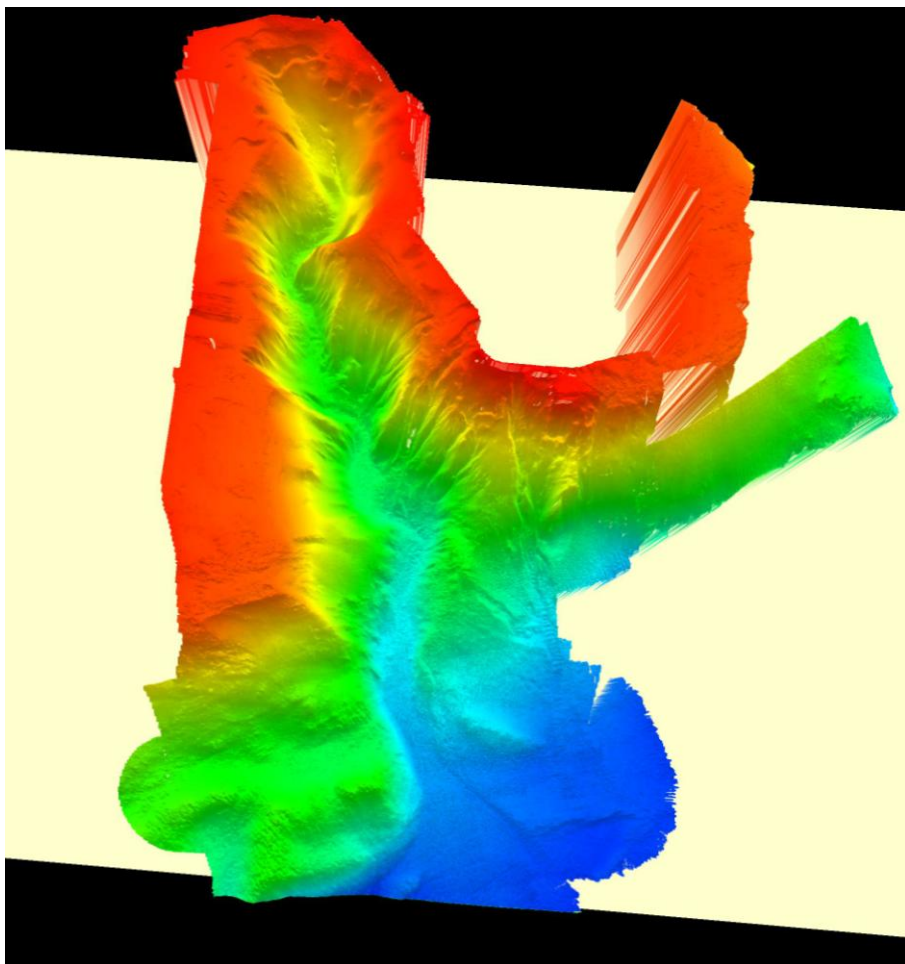


INFORME DE LA CAMPAÑA OCEANOGRÁFICA RIGEL1116

Identificación de Georriesgos en Márgenes de
España
(Proyecto Riesgos GEOlógicos - RIGEL)





INFORME DE LA CAMPAÑA OCEANOGRÁFICA RIGEL1116

PROYECTO: RIGEL “Identificación de Georriesgos Marinos en Márgenes Españoles”

CAMPAÑA: RIGEL1116

BARCO: B/O: “Ángeles Alvariño”

JEFE DE CAMPAÑA: Juan-Tomás Vázquez

ZONA DE TRABAJO: Bahía de Algeciras y Mar de Alborán

FECHA INICIO: 18 de noviembre de 2016 La carga del material de campaña se realizó en el puerto de Cádiz durante los días 16 y 17 de noviembre del 2016.

FECHA FINAL: 24 de noviembre 2016, atraque en el puerto de Cádiz. La descarga del material de campaña y el desembarque del personal científico tuvieron lugar el día 25 de noviembre del 2016.

OBSERVACIONES:

La realización de esta campaña se ha coordinado con el proyecto del Plan Nacional de I+D+i FAUCES (CTM2015-65461-C2-2-R) “Factores de Riesgo Geológico asociado a cabeceras de cañones submarinos en los márgenes continentales mediterráneos del sur de Iberia” cuyo coordinador es el Dr. David Casas del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

Así mismo, los dos últimos días de la campaña se dedicaron a la realización del muestreo de los montículos estudiados por el proyecto MONCARAL (IEO) “Montículos carbonatados Mar de Alborán” del que es Investigadora Principal Dña. María Gómez-Ballesteros (Sede Central del IEO, Madrid).

Equipamiento B/O Ángeles Alvariño:

FICTS-2011-03-02



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional
“Una manera de hacer Europa”



AUTORES DEL INFORME

Juan-Tomás Vázquez, Desirée Palomino, Nieves López-González (Centro Oceanográfico de Málaga, Instituto Español de Oceanografía)

Luis Miguel Fernández-Salas (Centro Oceanográfico de Cádiz, Instituto Español de Oceanografía)

Olvido Tello (Sede Central de Madrid, Instituto Español de Oceanografía)

David Casas, M. Pilar Mata (Instituto Geológico y Minero de España, Madrid)

Marcel.li Farran (Institut de Ciències del Mar, CSIC, Barcelona)

Javier Urra Recuero, Elena Moya-Urbano (Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga)

José Nespereira (Escuela Politécnica Superior de Zamora, Universidad de Salamanca)



Foto del equipo científico en el puente del B/O Ángeles Alvariño: de izquierda a derecha Javier Urra, Nieves López-González, Juan-Tomás Vázquez, David Casas, José Nespereira, Pilar Mata, Marcel.li Farrán, Olvido Tello, Luis-Miguel Fernández-Salas, Elena Moya-Urbano y Desirée Palomino.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento por la magnífica labor realizada en todo momento al capitán y tripulación del B/O Ángeles Alvariño.



1.- Introducción

El objetivo del proyecto RIGEL es la identificación de Riesgos Geológicos potenciales en los espacios submarinos de España a partir de los datos existentes y de nueva adquisición. En este sentido, se está construyendo una base de datos con los perfiles sísmicos adquiridos a lo largo de la historia del Instituto Español de Oceanografía (IEO), y se está revisando la cobertura espacial y la calidad de los datos de batimetría disponibles en el IEO para reconocer las posibles estructuras de riesgo geológico. Adicionalmente, se pretende complementar dichos datos batimétricos y de perfiles sísmicos de alta resolución, en la medida de lo posible, con la adquisición de nuevos datos en zonas donde o bien faltan o bien no tengan la calidad suficiente para valorar el posible riesgo geológico existente de una zona de interés. Los riesgos geológicos más conocidos están relacionados con la actividad tectónica y volcánica, pero también son procesos generadores de riesgo los movimientos gravitacionales que generan inestabilidades en las zonas de mayor pendiente, como los deslizamientos, así como las emisiones de gas, o los procesos de subsidencia o de elevación vertical, y los procesos asociados a la dinámica sedimentaria tanto por generar erosión en algunas zonas, como soterramiento por acumulación de sedimentos en otras. En concreto, uno de los riesgos geológicos a tener en cuenta son los procesos erosivos asociados a las cabeceras y bordes de los flancos de los cañones submarinos, cuando estos se encuentran próximos a la zona litoral, dado que la dinámica sedimentaria o la presencia de zonas con alta pendiente, pueden producir fenómenos de desmantelamiento tanto por inestabilidades gravitacionales como por erosión de las corrientes de fondo.

El cañón submarino de Algeciras está situado en el eje de la bahía de igual nombre, entre las localidades de Algeciras, al oeste, y de La Línea de la Concepción y Gibraltar, al este. Se trata de una zona de alto interés estratégico, pues existe un intenso tráfico marítimo en la zona, así como diversas instalaciones industriales en la zona costera de la parte interna de la bahía, entre ellas el polígono industrial del río Palmones, una central térmica y la refinería de Los Barrios (Figura 1). Hasta la fecha no se ha realizado un estudio geomorfológico y bentónico detallado de este cañón submarino, si bien parte de sus fondos han sido reconocidos por la Secretaría General del Pesca Marítima (MAPAMA, anteriormente MAGRAMA), especialmente en la zona de desembocadura del cañón en el Estrecho de Gibraltar, así como su flanco oriental por medio del proyecto VIATAR del IEO, datos que sirvieron para realizar una descripción preliminar (Vázquez et al., 2015). Además, cabe destacar que en los datos recopilados existe una importante laguna de información en la cabecera del cañón, una zona en la que se pueden producir procesos de erosión remontante que podrían tener mayor incidencia sobre la zona costera (Figura 1), especialmente en el caso de llegar a actuar como factores desencadenantes de inestabilidades gravitacionales.

A partir de los datos batimétricos previos (Figura 1) se observa como al menos el curso medio del Cañón de Algeciras está excavado sobre afloramientos rocosos que probablemente correspondan a unidades del flysch del Campo de Gibraltar, constituidos por una alternancia de capas de formaciones de areniscas y arcillas cuya diferente competencia queda reflejada en la batimetría. Este carácter rocoso minimizaría en un primer momento la posibilidad de desarrollo de deslizamientos desde las vertientes de este cañón, si bien favorecería el desarrollo de hábitats bentónicos de alto interés. Como ya se ha mencionado, los datos son escasos en la zona de cabecera de este cañón, si bien parece estar situada bastante cercana a costa en las proximidades de la desembocadura de los ríos Palmones y Guadarranque, en cuyo entorno se sitúa las instalaciones industriales mencionadas.

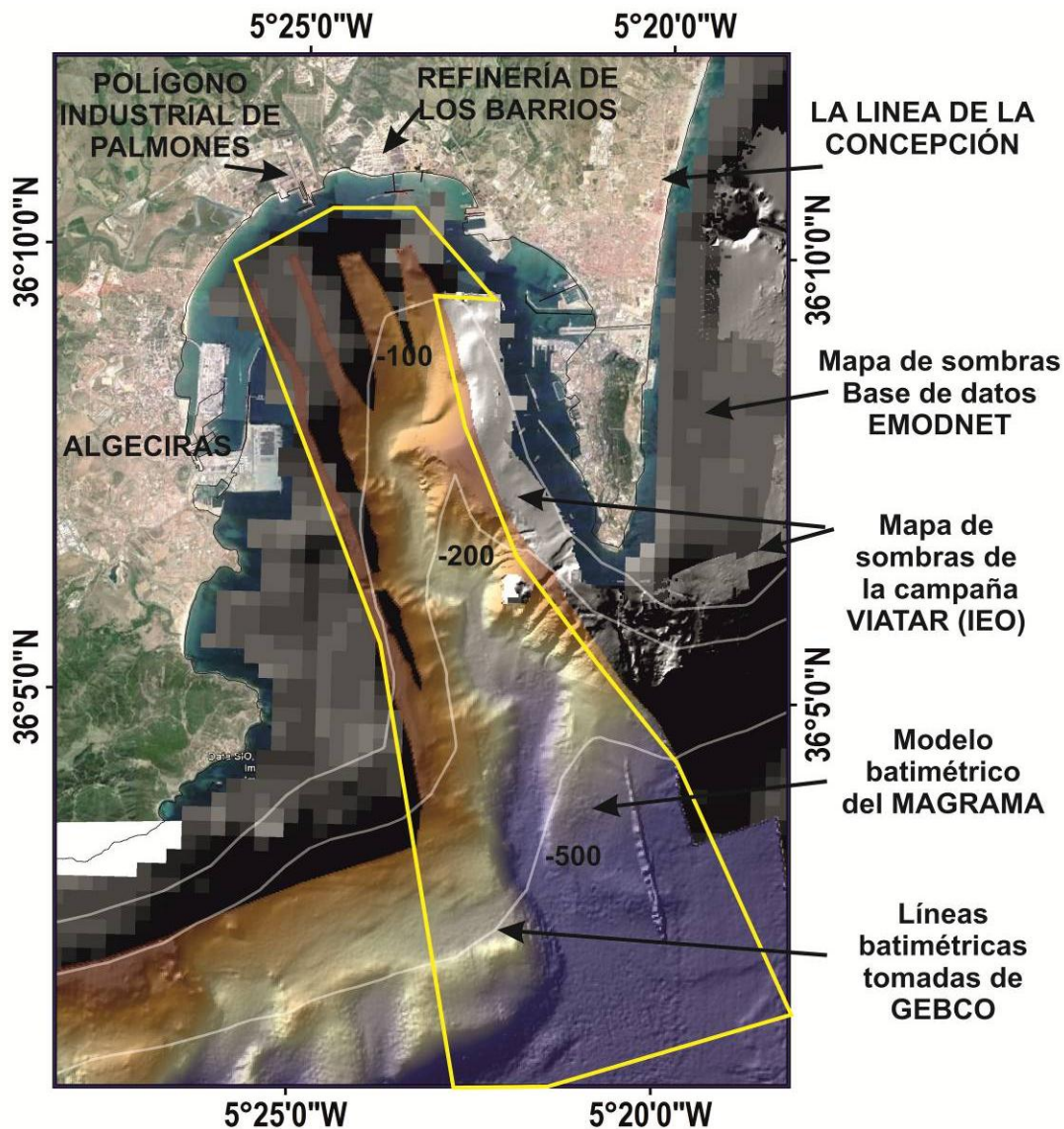


Figura 1. – Localización de la zona de trabajo en el Cañón de Algeciras. Se señalan los diferentes datos batimétricos de los que se dispone en esta zona.

Para tener un buen conocimiento de los procesos de riesgos geológicos en esta zona es necesario, por tanto, realizar un estudio geológico detallado de la zona de cabecera del Cañón de Algeciras, que debe comprender un levantamiento batimétrico de alta resolución, perfiles sísmicos de muy alta resolución y muestreo de sedimentos, para evaluar la posible erosión remontante relacionada con la actividad de este cañón. Por otro lado y dado el aumento de resolución, que se tiene hoy en día, en las sondas batimétricas y geológicas, se plantea realizar también un estudio detallado de las restantes partes del cañón. De esta forma, se obtendrá una nueva caracterización en todo su conjunto que permitirá realizar un estudio integrado de alta resolución tanto de sus características morfosedimentarias como de los riesgos geológicos potenciales presentes tanto en la zona de cabecera como en las vertientes del cañón, incluyendo un análisis de la estabilidad de sus vertientes, de su dinámica sedimentaria y una caracterización de los hábitats y comunidades bentónicas.

El segundo objetivo de la campaña fue el muestreo de los campos de bioconstrucciones estudiados previamente mediante datos acústicos (batimetría y

perfiles de sonda paramétrica de alta resolución) en el Mar de Alborán durante la campaña MONCARAL-0516, realizada entre mayo y junio de este mismo año. Inicialmente se trataba de muestrear tres campos de bioconstrucciones (Figura 2), localizados a partir de los estudios geomorfológicos previos, y situados al pie del talud continental superior del margen septentrional de esta cuenca (Ballesteros et al., 2008). Los tres campos de bioconstrucciones se han desarrollado sobre una terraza contornítica (T1) definida recientemente por Ercilla et al. (2016) en el límite entre los segmentos superior y medio del talud continental de este margen septentrional del Mar de Alborán. Esta terraza se ha formado por la acción de los procesos turbulentos asociados a la interfase entre la masa de agua Superficial Atlántica y la masa de agua Intermedia Mediterránea, así como por la oscilación de las mismas durante los periodos glaciares e interglaciares que han tenido lugar durante el Cuaternario (Ercilla et al., 2016; Juan et al., 2016). Los estudios de CTDs disponibles indican que los campos de bioconstrucciones están actualmente afectados por la masa de agua Mediterránea Occidental Intermedia y muy próximos a la interfase con la masa de agua Atlántica Modificada (Ercilla et al., 2016).



Figura 2.- Localización de los tres campos de bioconstrucciones estudiados en la campaña MONCARAL-0516 en el talud superior del margen septentrional del Mar de Alborán.

2.- Trabajos realizados y metodología

2.1.- Datos de acústica submarina.

En esta campaña se han realizado trabajos de acústica submarina en cuatro áreas (Figura 3); la más occidental, en el Golfo de Cádiz, sólo se realizó para llevar a cabo una calibración de la sonda multihaz. Las otras tres áreas son, de oeste a este, la Bahía de Algeciras, y dos sectores del Mar de Alborán que abarcan tanto la plataforma como el talud superior que han sido denominadas como el Área de Málaga y el Área de Almería. Por necesidades de ajustes de calendario no se pudo realizar el estudio previsto en la zona del cañón del Placer de las Bóvedas.

En el Área de la Bahía de Algeciras es donde han tenido lugar la mayor parte de los trabajos sistemáticos con los equipos de acústica submarina (Figura 4) que se pueden esquematizar de la siguiente forma:

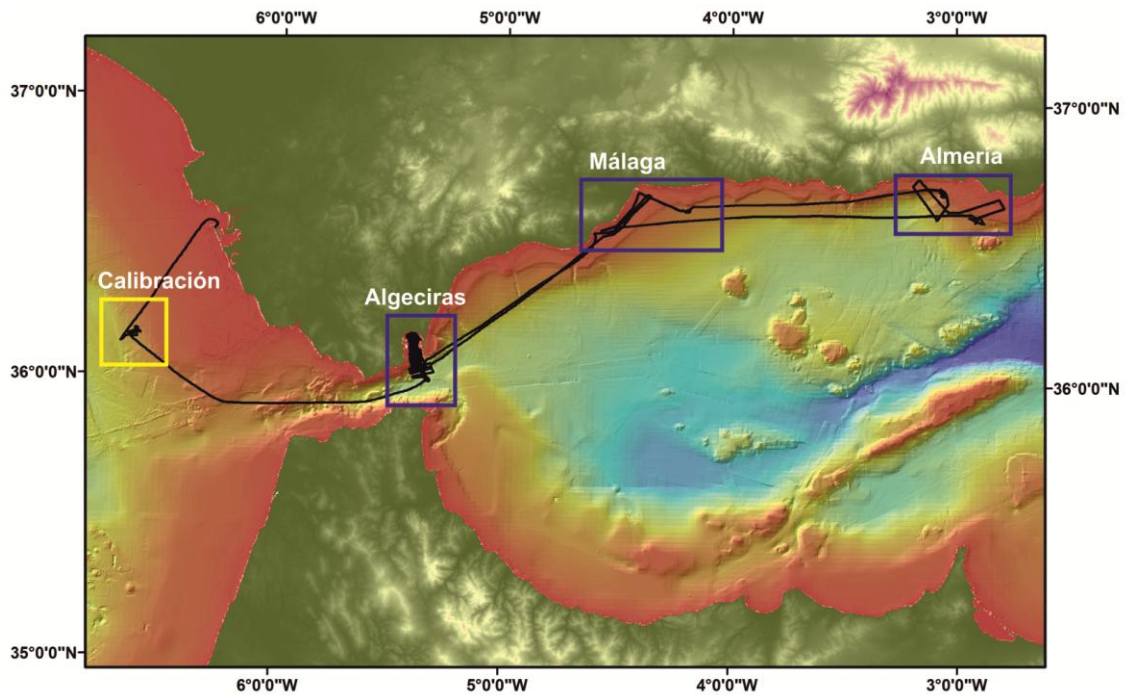


Figura 3: Mapa de navegación de la campaña RIGEL1116 y localización de las áreas de trabajo incluidas en la campaña. De oeste a este son: área 1 (Calibración), área 2 (Cañón submarino de Algeciras), área 3 (zona de plataforma y montículos en la zona de Málaga) y área 4 (zona de plataforma y montículos en la zona de Almería). En los tránsitos entre estas zonas sólo se adquirieron datos de la sonda batimétrica monohaz EA 600 y el correntímetro doppler ADCP.

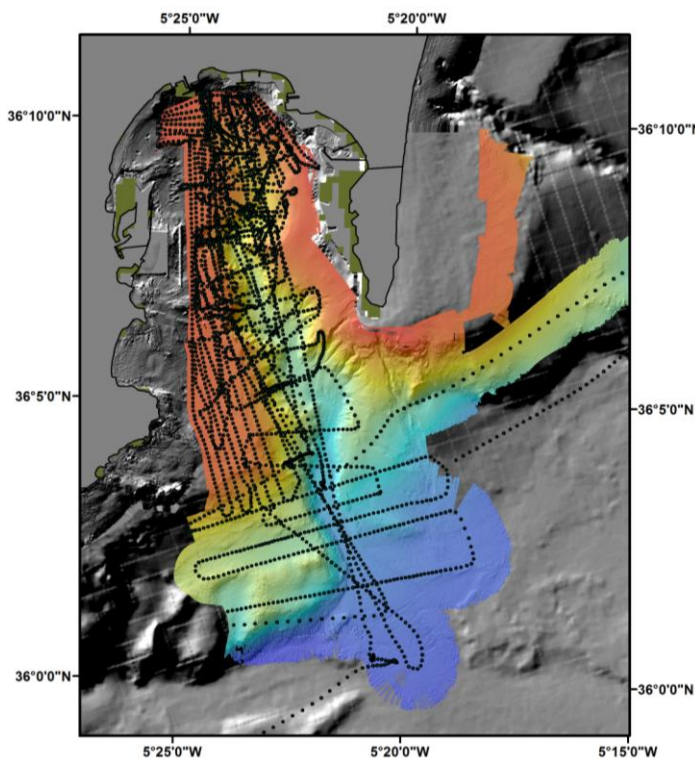


Figura 4: Transectos realizados en el Área de la Bahía de Algeciras con los diversos equipos de acústica submarina a lo largo de la campaña RIGEL1116. Se observa como no hay transectos en la parte oriental del cañón dado que se utilizaron los datos previamente adquiridos en la campaña VIATAR1113.

- Levantamiento de un mosaico de Batimetría Multihaz (EM710) de alta resolución de la parte central de la Bahía de Algeciras (Figura 4). Cabe destacar que los datos obtenidos a lo largo de esta campaña fueron integrados

con los datos batimétricos obtenidos en la campaña VIATAR1113 que, a su vez, fueron previamente reprocesados (Figura 5 izquierda).

- Perfiles con sonda paramétrica (TOPAS PS18) realizados de forma transversal y longitudinal al Cañón de Algeciras (Figura 5 derecha).
- Adquisición de una malla de transectos con la ecosonda EK60 y con el correntímetro doppler ADCP en el Cañón de Algeciras con el objetivo de contribuir al conocimiento de la distribución y dinámica de las masas de agua en la bahía de Algeciras (Figura 5 derecha).
- El correntímetro ADCP ha estado funcionando a lo largo de los diferentes sectores en los que se ha dividido esta campaña, incluidos los tránsitos, excepto cuando funcionaba la sonda multihaz EM710.

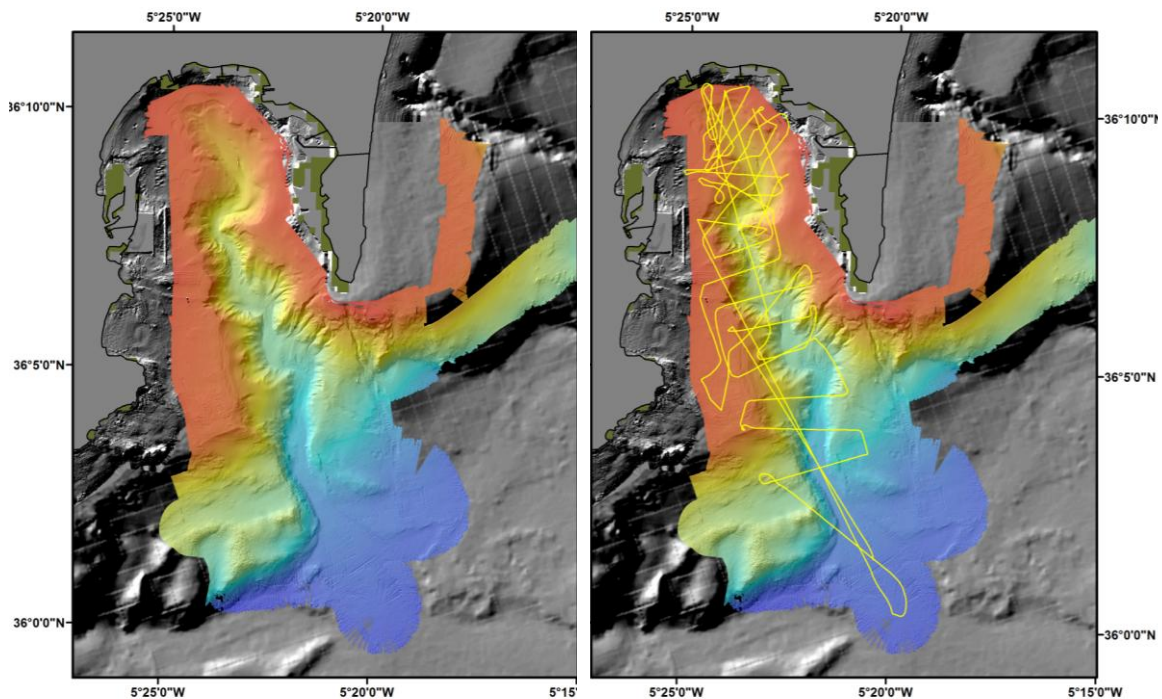


Figura 5: En la izquierda modelo batimétrico general obtenido a una resolución de 6x6 m a lo largo de la campaña RIGEL1116 en el área de la Bahía de Algeciras. Si se compara con los datos de la Figura 1 se observa el aumento de la calidad de la batimetría a lo largo de todo el cañón submarino y, en especial, en la zona de cabecera. En la derecha se muestra en amarillo los transectos realizados en diferentes momentos de la campaña con la sonda paramétrica TOPAS PS 18 y con las sondas hidroacústicas EK 60 y ADCP.

En las otras dos zonas estudiadas en el Mar de Alborán, correspondientes a las áreas de Málaga y Almería, representadas en la figura 3, se ha realizado la adquisición de datos batimétricos multihaz y de sonda paramétrica de alta resolución. Durante la campaña, se han aprovechado estas zonas para realizar diferentes pruebas de adquisición con el fin de comprobar la resolución de los diferentes sistemas acústicos, así se han obtenido perfiles con sonda paramétrica y batimetría multihaz a alta y baja velocidad, o sólo perfiles con sonda paramétrica o sólo adquisición de datos batimétricos. En este caso la adquisición de dichos datos batimétricos era necesaria tanto para obtener buenas imágenes con la sonda paramétrica de los montículos estudiados en el proyecto MONCARAL antes de proceder a su muestreo, como para explorar los procesos presentes en diversos sectores de estos márgenes en relación con su riesgo geológico potencial (Figura 6).

El procesado de los datos batimétricos se ha realizado con el paquete informático CARIS Hips & Sips. Así mismo para la interpretación de los datos geofísicos se han integrado los datos batimétricos y los resultados preliminares del muestreo en un proyecto de ArcGis, y los perfiles de sonda paramétrica en un proyecto IHS Kingdom llevándose a cabo estas tareas en el Laboratorio de Geofísica Marina del Centro Oceanográfico de Málaga (IEO).

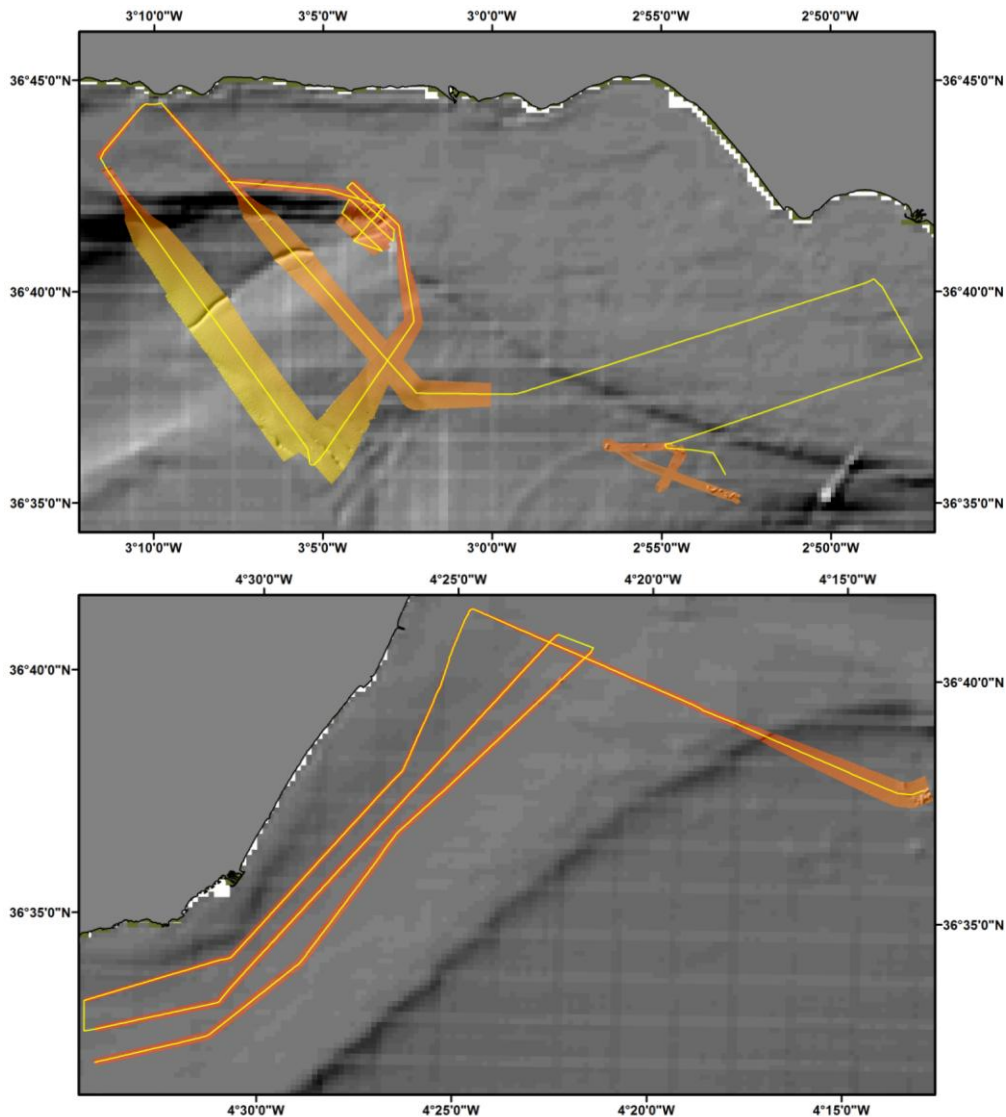


Figura 6: Localización de los trabajos acústicos (pasillo de batimetría multihaz y línea de sonda paramétrica) realizados en las áreas de Almería (superior) y de Málaga (inferior)

2.2.- Testigos de gravedad.

Se han realizado 24 estaciones de muestreo de sedimentos con testigo de gravedad, 15 de ellos en el Cañón de Algeciras, 6 en el área de Almería y 3 en el área de Málaga (Tabla 1 y Figura 7). Los testigos tomados en el Cañón de Algeciras responden al objetivo de conocer la dinámica sedimentaria existente a lo largo de este cañón, mientras que con los testigos obtenidos en las áreas de Almería y Málaga se trató de muestrear los montículos o bioconstrucciones localizados en el talud superior. Los análisis de los sedimentos muestreados en todos ellos están siendo procesados conjuntamente en el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y en el Laboratorio de Sedimentología del Centro Oceanográfico de Málaga.

Tabla 1.- Testigos de gravedad obtenidos en el Cañón de Algeciras (CA) y en las áreas de Almería (AA) y Málaga (AM).

Estación	Fecha	Hora UTC	Latitud N (°)	Longitud W (°)	Long. Testigo	Profundidad (m)	Área
RIGEL1116_TG01	20/11/2016	07:39	36,167458	5,400408	1,95 m	106	CA
RIGEL1116_TG02	20/11/2016	08:34	36,159215	5,39718	0,91 m	193	CA
RIGEL1116_TG03	20/11/2016	09:18	36,161158	5,403405	Bolsa	176	CA
RIGEL1116_TG04	20/11/2016	09:41	36,161147	5,403383	Bolsa	177	CA
RIGEL1116_TG05	20/11/2016	10:20	36,164852	5,405958	1,22 m	136	CA
RIGEL1116_TG06	20/11/2016	11:50	36,161687	5,4011	0,85 m	169	CA
RIGEL1116_TG07	20/11/2016	12:47	36,159687	5,383348	Bolsa	202	CA
RIGEL1116_TG08	20/11/2016	13:22	36,158917	5,383033	0,38 m	118	CA
RIGEL1116_TG09	20/11/2016	14:02	36,14593	5,389187	0,75 m	280	CA
RIGEL1116_TG10	20/11/2016	14:40	36,135727	5,38481	1,03 m	269	CA
RIGEL1116_TG11	20/11/2016	15:22	36,103783	5,382468	0,33 m	491	CA
RIGEL1116_TG12	21/11/2016	07:18	36,135607	5,386358	1,8 m	280	CA
RIGEL1116_TG13	21/11/2016	07:51	36,132915	5,397145	1,79 m	261	CA
RIGEL1116_TG14	21/11/2016	08:25	36,130525	5,406053	1,44 m	170	CA
RIGEL1116_TG15	21/11/2016	11:46	36,058157	5,362749	Bolsa	693	CA
RIGEL1116_TG16	22/11/2016	07:22	36,61744	2,936312	Bolsa	171	AA
RIGEL1116_TG17	22/11/2016	08:07	36,617567	2,936423	Bolsa	172	AA
RIGEL1116_TG18	22/11/2016	08:45	36,60418	2,907622	0,3 m	191	AA
RIGEL1116_TG19	22/11/2016	10:39	36,60317	2,906278	Bolsa	194	AA
RIGEL1116_TG20	22/11/2016	11:52	36,605787	2,912925	0,26 m	193	AA
RIGEL1116_TG21	22/11/2016	14:19	36,58929	2,893437	Bolsa	233	AA
RIGEL1116_TG22	23/11/2016	09:54	36,642045	4,169343	0,38 m	231	AM
RIGEL1116_TG23	23/11/2016	12:20	36,622362	4,201928	2,6 m	248	AM
RIGEL1116_TG24	23/11/2016	13:07	36,630337	4,214183	1,05 m	231	AM

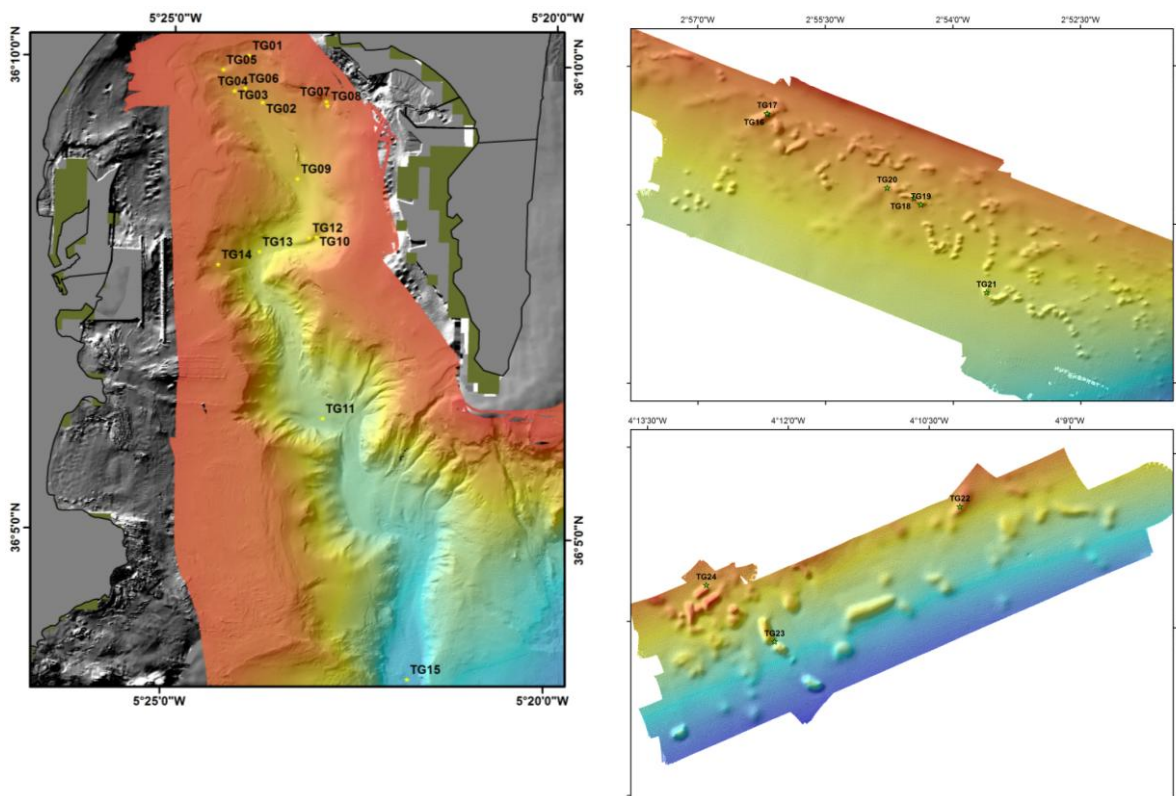


Figura 7: Situación de las estaciones de muestreo de los testigos de gravedad obtenidos en el Cañón de Algeciras (izquierda) y en las áreas de Almería (superior derecha) y Málaga (inferior derecha) para el estudio de los montículos del talud superior en el Mar de Alborán.

2.3. Dragas de arrastre

Se han obtenido muestras de los materiales localizados en la superficie del fondo mediante la utilización de dragas de arrastre (Tabla 2 y Figuras 8 y 9).

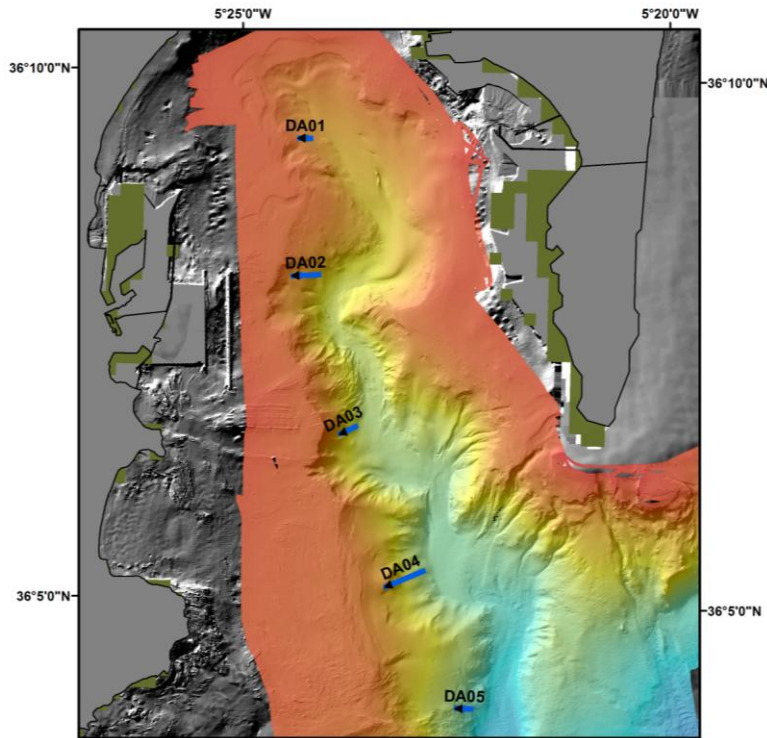


Figura 8: Situación de los recorridos realizados por el barco para realizar los dragados de arrastre en el flanco occidental del Cañón de Algeciras.

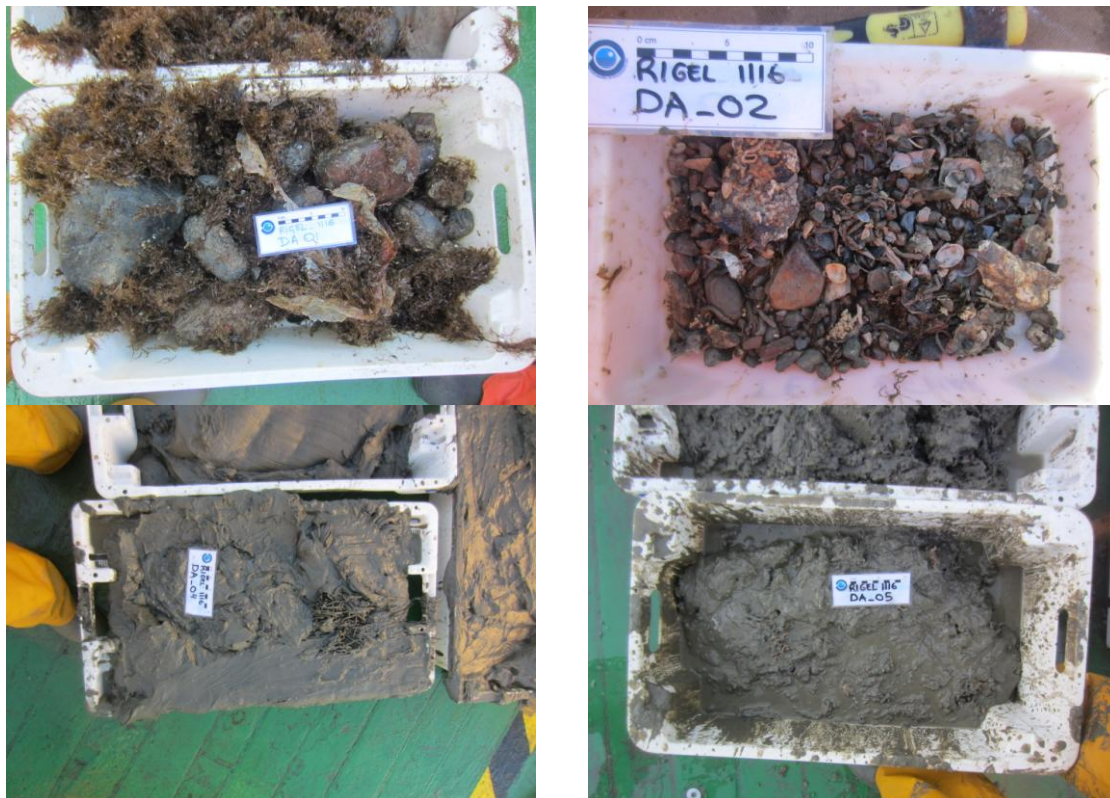


Figura 9: Ejemplo de los materiales obtenidos en los diferentes dragados realizados a lo largo del flanco occidental del Cañón de Algeciras.



Se han realizado cinco dragados de arrastre en el Cañón de Algeciras con el objetivo de realizar una caracterización preliminar de los materiales que constituyen las paredes de dicho cañón. Como única incidencia cabe señalar que por motivos de operatividad sólo se pudo dragar el área de la cabecera del cañón y el flanco occidental.

Tabla 2.- Estaciones de dragado de arrastre obtenidas en el flanco occidental del Cañón de Algeciras.

Estación	Fecha	Hora UTC fondo	Latitud N fondo (°)	Longitud W fondo (°)	Profundidad (m)
RIGEL1116_DA01	19/11/2016	08:47 UTC	36,1564	5,4024	152
RIGEL1116_DA02	19/11/2016	14:31 UTC	36,13496	5,400248	250
RIGEL1116_DA03	19/11/2016	15:28 UTC	36,111276	5,392336	387
RIGEL1116_DA04	19/11/2016	16:29 UTC	36,088703	5,378453	476
RIGEL1116_DA05	19/11/2016	17:27 UTC	36,068	5,36845	575

2.4.- Dragas de cuchara Van Veen.

Se han realizado 24 estaciones de dragado (Tabla 3 y Figuras 10 y 11) con draga de cuchara (Van Veen) para obtención de muestras de sedimentos superficiales y de organismos presentes en ellos. El objetivo de este muestreo ha sido la caracterización de los hábitats bentónicos presentes en las diferentes áreas abarcadas en esta campaña. En el entorno del Cañón de Algeciras se han considerado diferentes tipos de fondos que incluían al propio del canal, a los flancos de este cañón y a los ambientes de plataforma localizados en la parte occidental de la bahía. Por otro lado, en las áreas de Almería y de Málaga se ha muestreado únicamente la superficie de los montículos del talud superior, realizándose el muestreo en algunos casos en la cima de estos montículos y en otros casos en sus flancos. Adicionalmente el análisis de los sedimentos superficiales podrá complementar la información obtenida con los testigos de gravedad para conocer la dinámica sedimentaria contemporánea imperante en el Cañón de Algeciras y en el talud superior del Mar de Alborán.

Tabla 3.- Estaciones de draga de cuchara tipo Van Veen realizadas en el Cañón de Algeciras (CA) y en las áreas de Almería (AA) y Málaga (AM).

Estación	Fecha	Hora UTC	Latitud N (°)	Longitud W (°)	Profundidad (m)	Área
RIGEL1116_VV01	19/11/2016	07:39	36,165583	5,407017	129	CA
RIGEL1116_VV02	19/11/2016	08:34	36,165583	5,407017	129	CA
RIGEL1116_VV03	19/11/2016	09:18	36,1588	5,420233	49	CA
RIGEL1116_VV04	19/11/2016	09:41	36,1588	5,420233	44.7	CA
RIGEL1116_VV05	20/11/2016	10:20	36,159207	5,397172	193	CA
RIGEL1116_VV06	20/11/2016	11:50	36,16117	5,403412	177	CA
RIGEL1116_VV07	20/11/2016	12:47	36,161687	5,401108	169	CA
RIGEL1116_VV08	20/11/2016	13:22	36,159683	5,383345	118	CA
RIGEL1116_VV09	20/11/2016	14:02	36,104462	5,395833	265	CA
RIGEL1116_VV10	20/11/2016	14:40	36,13054	5,406133	166	CA
RIGEL1116_VV11	21/11/2016	15:22	36,617447	2,936307	171	CA
RIGEL1116_VV12	21/11/2016	07:18	36,617442	2,93631	171	CA
RIGEL1116_VV13	21/11/2016	07:51	36,604138	2,907687	190	CA
RIGEL1116_VV14	21/11/2016	08:25	36,6032	2,906283	194	CA
RIGEL1116_VV15	21/11/2016	11:46	36,605805	2,912893	193	CA
RIGEL1116_VV16	22/11/2016	07:22	36,606265	2,943548	223	AA
RIGEL1116_VV17	22/11/2016	08:07	36,589282	2,893438	233	AA
RIGEL1116_VV18	22/11/2016	08:45	36,585738	2,87979	244	AA
RIGEL1116_VV19	22/11/2016	10:39	36,603348	2,891343	188	AA
RIGEL1116_VV20	22/11/2016	11:52	36,60514	2,914665	196	AA
RIGEL1116_VV21	22/11/2016	14:19	36,642045	4,169343	231	AA
RIGEL1116_VV22	23/11/2016	09:54	36,627612	4,198707	238	AM
RIGEL1116_VV23	23/11/2016	12:20	36,62134	4,189592	255	AM
RIGEL1116_VV24	23/11/2016	13:07	36,630332	4,21421	232	AM

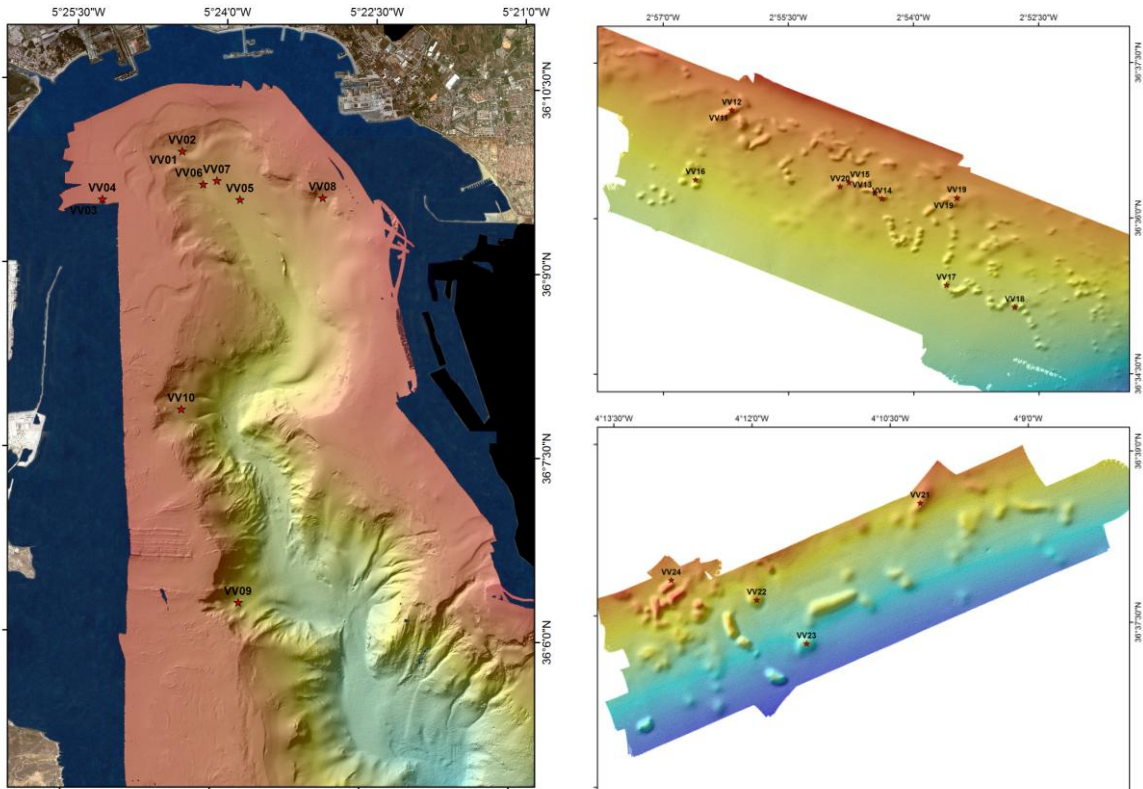


Figura 10: Situación de las estaciones de draga de cuchara (Van Veen) obtenidas en el Cañón de Algeciras (izquierda) y en las áreas de Almería (superior derecha) y Málaga (inferior derecha).

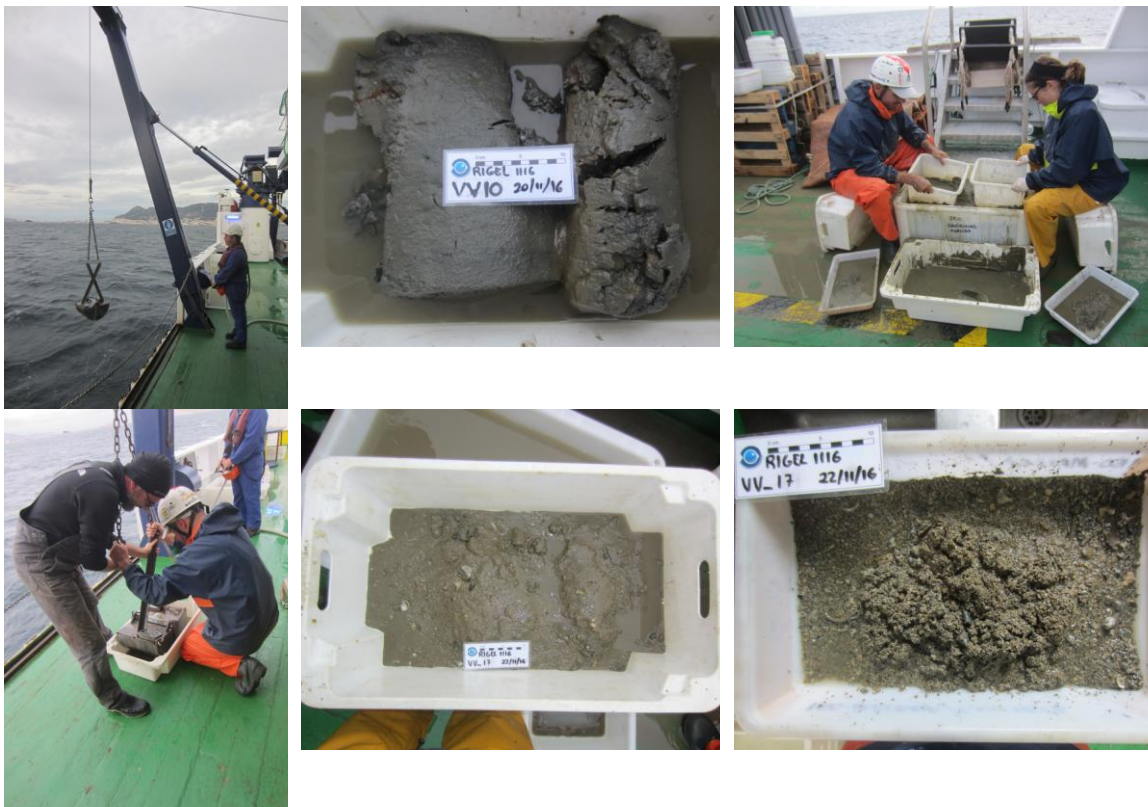


Figura 11: En la columna de la izquierda maniobras de trabajo con la draga de cuchara (Van Veen); en la columna central ejemplo de los sedimentos obtenidos con este equipo tanto en el Cañón de Algeciras (superior) como en los montículos del Mar de Alborán (inferior); en la columna de la derecha procesado a bordo de los sedimentos obtenidos con estas dragas y ejemplo del sedimento una vez tamizado.



La caracterización de los sedimentos superficiales y de los organismos bentónicos está siendo realizada por el Grupo de Geociencias Marinas del IEO en el Centro Oceanográfico de Málaga y por la Universidad de Málaga.

2.5.- Perfiladores de la velocidad del sonido

Se han realizado 4 perfiles de velocidad de sonido con la sonda SVP+ (Tabla 4) con el objetivo de adquirir los datos batimétricos de una forma correcta respecto a la distribución de velocidades y, por tanto, de masas de aguas con diferentes características, presentes en cada sector de la zona de trabajo y en cada momento.

Tabla 4. Estaciones de perfilador de la velocidad del sonido (SVP+) realizadas en el Cañón de Algeciras (CA) y en las áreas de Almería (AA) y Málaga (AM).

Estación	Fecha	Hora UTC	Latitud N (°)	Longitud W (°)	Profundidad	Área
RIGEL1116_SVP1	18/11/2016	00:58	36,11987333	6,68824833	551	CC
RIGEL1116_SVP2	18/11/2016	11:42	36,00	5,34417333	808	CA
RIGEL1116_SVP3	18/11/2016	14:00	36,1308	5,392950	116	CA
RIGEL1116_SVP4	22/11/2016	10:07	36,5898345	2,917080	252	AA

3.- Resultados preliminares:

3.1. Estudio integrado geofísico y batimétrico del Cañón de Algeciras.

Se ha realizado por primera vez un mosaico batimétrico completo del cañón submarino de Algeciras, desde su cabecera hasta su desembocadura, con una resolución de 6x6 m de malla, si bien la parte superior se podría obtener, con estos mismos datos, a una mayor resolución si fuera necesario. A partir del modelo batimétrico se observa con detalle la gran diversidad morfológica que presenta este cañón submarino (Figura 12).

El cañón alcanza en su cabecera una profundidad variable entre 60 y 80 m hasta una profundidad aproximada de 850 m en la parte nororiental del Estrecho de Gibraltar, donde desemboca, y se reconoce aún como un suave canal sobre la superficie del fondo. El desnivel entre el borde del cañón y su cauce varía entre 90 y 560 m. El trazado general del cañón tiene una orientación NNO-SSE, si bien el curso del thalweg presenta mayor irregularidad, que es patente en la parte intermedia el cañón que está claramente segmentado entre tramos de mayor longitud que tienen prácticamente una orientación N-S y tramos más cortos de orientación ONO-ESE.

En el tramo superior se han reconocido importantes cicatrices erosivas en los bordes de la cabecera del cañón, si bien en el *thalweg* predominan cuerpos sedimentarios asociados a corrientes de fondo a modo de “drifts” contorníticos de pequeño desarrollo, con geometrías variables entre adosados y monticulados separados, tal como se observan en los perfiles de sonda paramétrica (Figura 13). El tramo medio es un segmento donde las laderas tienen mayor pendiente, existe un control tectónico en el trazado del curso y un aumento progresivo de la erosión de las laderas curso abajo, especialmente en su flanco oriental, con desarrollo de tributarios secundarios de diversa longitud. Sin embargo, en el tramo inferior el cauce tiene geometría en artesa y las paredes son más rectilíneas.

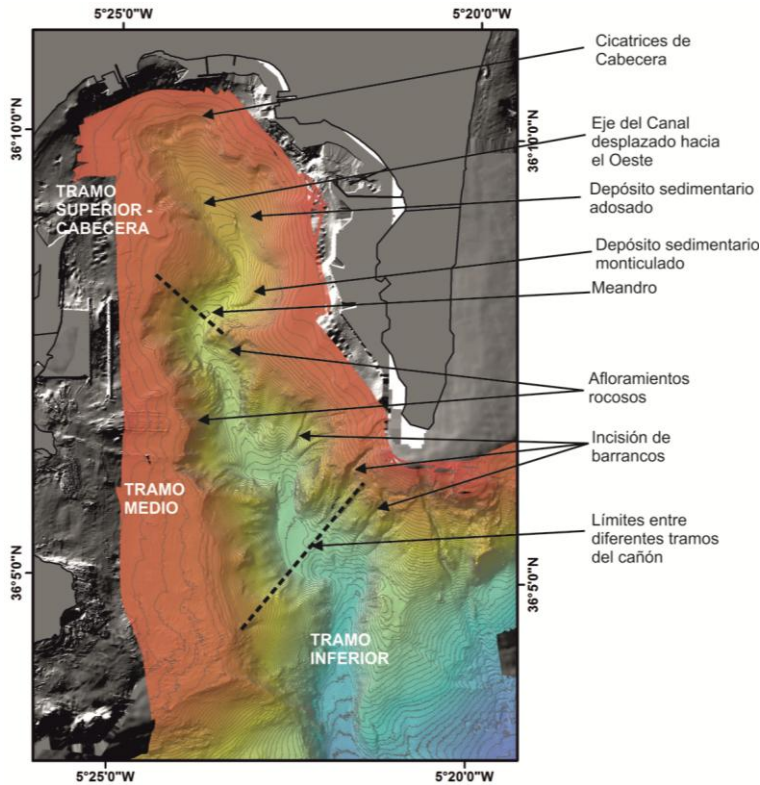


Figura 12: Localización de los principales elementos geomorfológicos observados en el Cañón de Algeciras.

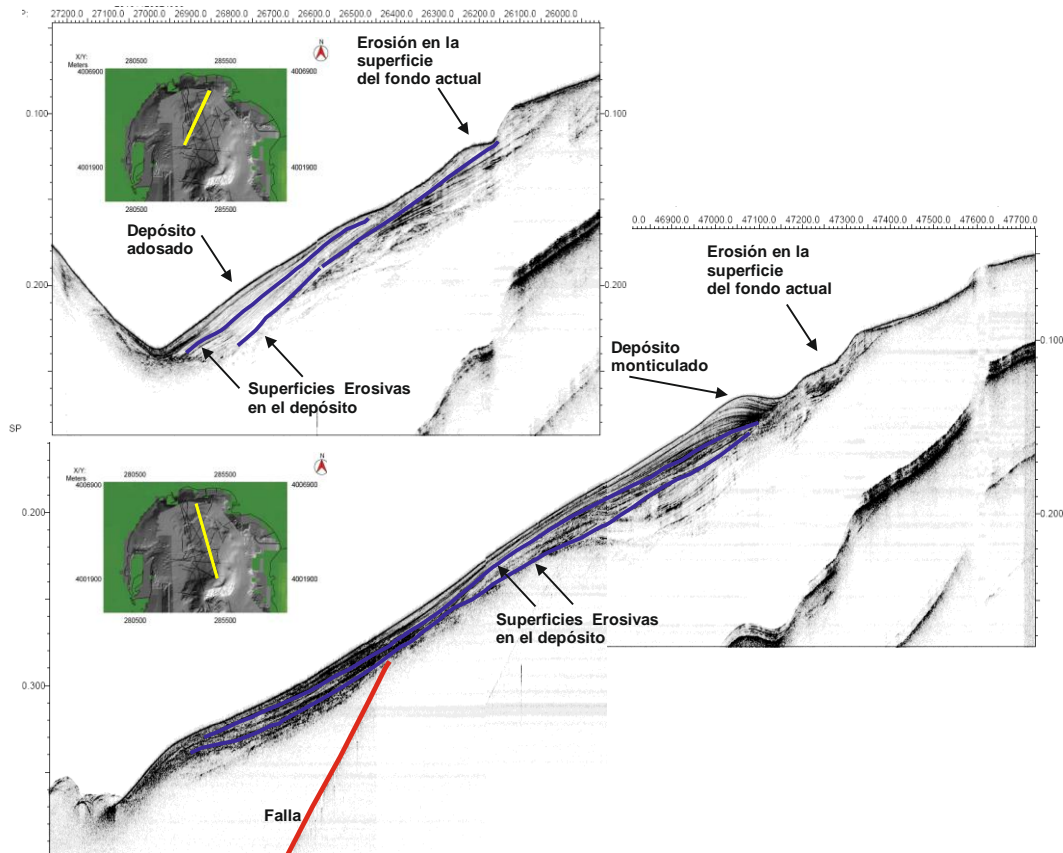


Figura 13: Perfiles de sonda paramétrica TOPAS PS18 adquiridos en la campaña en el tramo superior del Cañón de Algeciras. Su situación está marcada en cada caso con un trazado amarillo en el mapa adjacente. En el perfil situado en la parte superior se observa la asimetría que presenta el cañón en este tramo. En los dos perfiles se observa el cuerpo sedimentario que caracteriza la parte oriental del cañón, con depósitos adosados y monticulados, con varios episodios de erosión (en azul) y de crecimiento sedimentario agradante.

3.2. Caracterización sedimentaria.

Primero cabe señalar que la mayor parte del muestreo se ha realizado en la zona de cabecera y tramo superior del cañón, por lo que las observaciones en el tramo medio no serán tan representativas como hubiera sido necesario. En este contexto, y en una primera aproximación a partir de los testigos de gravedad y dragas de cuchara Van Veen obtenidos a lo largo del Cañón de Algeciras (Figura 14 y Tabla 5), se observa una cierta zonación entre los tramos medio y superior del cañón, mientras que en el tramo inferior sólo se ha podido realizar un muestreo con el que se obtuvieron gravas y bioclastos de gran tamaño que podrían corresponder al substrato. Así, en el tramo superior, aproximadamente entre 100 y 390 m de profundidad, predominan en superficie los sedimentos areno-fangosos, en algún caso con cantos y fragmentos bioclásticos, y los fangos arenosos, mientras que hacia el límite con el tramo medio y en las estaciones del tramo medio, entre 390 y 500 m de profundidad, dominan sedimentos de tipo fango-arenosos y fangosos, que reflejarían una dinámica sedimentaria menos energética en este tramo.

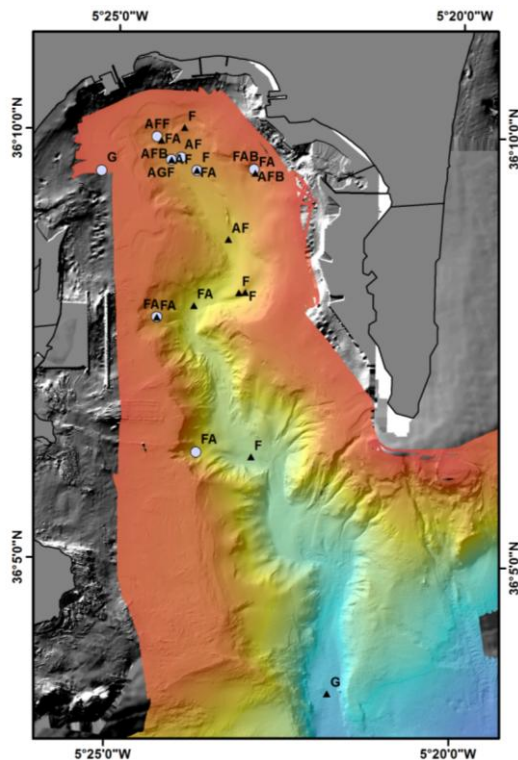


Figura 14. Distribución preliminar de los sedimentos superficiales a partir de las descripciones cualitativas de los sedimentos muestreados en la campaña. Triángulos: testigos de gravedad; Círculos: dragas de cuchara Van Veen; F: Fango; A: Arena; G: Grava; B: Bioclastos.

Por otro lado, los sedimentos muestreados sobre los montículos de carbonatos en las dos zonas del Mar de Alborán corresponden en su mayoría a arenas fangosas con cantos de rodolitos, corales solitarios y otros fragmentos bioclásticos.

3.3.- Comunidades bentónicas.

Las comunidades bentónicas asociadas al Cañón de Algeciras (Bahía de Algeciras) se muestrearon con un método puntual (draga Van-Veen, VV) y un método lineal (draga de arrastre; DA). En total se recolectaron 5 muestras DA y 10 muestras VV en la cabecera del cañón y a lo largo de su flanco occidental. El análisis preliminar de la muestra DA01 (152 m de profundidad) mostró en la cabecera del cañón un fondo compuesto por fragmentos de rocas y cantos rodados de diferente tamaño (diámetro: 10-40 cm) tapizados de algas pardas (familia Dictyotaceae), donde abundaban



Tabla 5. Resumen de los testigos de gravedad obtenidos a lo largo de la campaña RIGEL_1116

PROYECTO RIGEL – Cañón de Algeciras				
ID	Long. total (cm)	Secciones Long. (cm)	Descripción (cm)	Observaciones
TG01	195	(1/2) 0-100 (2/2) 100-195	0: fango marrón oscuro 100: fango marrón oscuro-grisáceo 195: fango marrón-negruzco	se han perdido varios centímetros del TOP del testigo que se han almacenado en una bolsa
TG02	91	(1/1) 0-91	0: fango arenoso marrón oscuro 91: fango arenoso marrón oscuro	se han perdido varios centímetros del TOP (5 cm aprox.) del testigo que se han almacenado en una bolsa
TG03	10		arena fangosa bioclástica de color marrón oscuro con algunos cantos de 1-2 cm	SE REPITE. El sedimento obtenido se almacena una bolsa
TG04	10		Arena fangosa bioclástica con cantos, entre ellos 1 canto de escoria	Mismo resultado que TG03
TG05	122	(1/1) 0-122	Fango arenoso	Posiblemente se han perdido unos 3 cm del TOP
TG06	85	(1/1) 0-85	Arena fangosa marrón	
TG07	5		Arena fangosa bioclástica con algunas gravas, escorias...	El sedimento obtenido se almacena en una bolsa
TG08	38	(1/1) 0-38	Fango arenoso negruzco	La sección se ha extraído completamente del tubo original y se ha vuelto a introducir en otro tubo más corto
TG09	70	(1/1) 0-70	Arena fangosa marrón con clastos en la base	
TG10	103	(1/1) 0-103	0: fango marrón 103: fango negruzco	
TG11	33	(1/1) 0-33	Fango marrón	
TG12	180	(1/2) 0-100 (2/2) 100-180	0: fango 100: fango negruzco compacto 180: fango	
TG13	179	(1/2) 0-100 (2/2) 100-179	0: fango arenoso 179: fango arenoso	
TG14	144	(1/1) 0-144	0: fango arenoso 144: fango	
TG15	NULO		Gravas y bioclastos grandes en el core catcher (sin sedimento fino). Posible sustrato duro	1er intento nulo (vacío), se cambia ligeramente la zona // 2º intento: el material recogido se almacena una bolsa
PROYECTO MONCARAL – Montículos en el talud superior de las áreas de Almería y Málaga				
ID	Longitud total (cm)	Secciones longitud (cm)	Descripción (cm)	Observaciones
TG16	7		Arena fangosa bioclástica con algunos clastos de tamaño centimétrico (1 cm aprox.)	Se almacena en una bolsa
TG17	5		Arena fangosa bioclástica	Se almacena en una bolsa
TG18	30		Arena fangosa bioclástica	El sedimento se envuelve en bolsas de plástico y se indica la polaridad top-bottom
TG19	5		Arena fangosa bioclástica con corales solitarios de fondos blandos y algunos clastos	Se almacena en una bolsa
TG20	26	(1/1) 0-26	0: fango 26: arena fangosa bioclástica con algunos corales solitarios	Se trasvasa todo el material a tubo de PVC mas corto, empujando el sedimento
TG21	2		Fango arenoso bioclástico con clastos de tamaño centimétrico (5 cm aprox.) y más pequeños	Se almacena en una bolsa
TG22	38	(1/1) 0-38 + bolsa	0: fango arenoso 38: fango arenoso con ostreidos de tamaño 3 cm aprox. (tipo Neopycnodonte)	Parte del material se guarda en una bolsa
TG23	260	(1/2) 0-130 (2/2) 130-260	0: fango arenoso marrón 130: fango arenoso bioclástico 260: fango menos arenoso	
TG24	105	(1/1) 0-105	0: fango 105: fango arenoso bioclástico	

pequeños crustáceos decápodos (Gén. *Munida*, *Monodaeus*, *Macropodia*, *Dardanus*), equinodermos, fundamentalmente ofiuras del género *Ophiotrix*, moluscos gasterópodos (Gen. *Jujubinus*), bivalvos (Gén. *Nucula*), y poliquetos. Las muestras VV01-08 (45-193 m de profundidad), tomadas en el tramo superior del cañón, mostraron un fondo compuesto por sedimentos fango-arenosos, en algunos puntos con restos bioclásticos, donde se recolectaron ejemplares de poliquetos, cangrejos ermitaños y bivalvos. Las muestras DA02-04 y VV09-10 (166-476 m de profundidad) mostraron un fondo de arena fina fangosa, con bioclastos (restos de conchas), acompañados de una alta densidad de tubos de poliquetos sedentarios (e.g. Maldanidae, Eunicidae, *Spiochaetopterus*), abundantes poliquetos del género *Sternaspis*, equinodermos (Gén. *Brissopsis*), cangrejos ermitaños, gasterópodos (Gén. *Nassarius*) y bivalvos (Gén. *Nucula*). La muestra DA05 (tramo medio del cañón, 575 m de profundidad) mostró un fondo de arena fina fangosa con abundantes restos de corales de aguas frías (*coral-rubble*) representados principalmente por las especies *Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata* y *Desmophyllum* spp. (Figura 15), y donde aparecieron ejemplares de gorgonias (*Acanthogorgia hirsuta*), restos de esponjas, equinodermos (Gén. *Cidaris*) y cangrejos ermitaños de gran tamaño (Gén. *Dardanus*).



Figura 15. Restos de corales de aguas frías (izquierda) y ejemplar de *Acanthogorgia hirsuta* (derecha) recolectados en la muestra DA05.

Las muestras VV11-24 se recolectaron en montículos interpretados como bioconstrucciones localizados en el talud superior del margen septentrional del mar de Alborán (177-255 m de profundidad). Las muestras VV11-20 se tomaron frente a la costa de Almería y estuvieron constituidas por arena fina fangosa bioclástica con algunos cantos puntuales y rodolitos, mientras que las muestras VV21-24 se tomaron frente a la costa de Málaga y estuvieron constituidas por sedimento fango-arenoso con algún resto bioclástico. La fauna recolectada en ambas zonas estuvo representada fundamentalmente por ejemplares de bivalvos y poliquetos.

4.- Cuaderno de campaña: principales hitos

15-16/11/2016: La Dra. Palomino transporta el material de campaña a Cádiz y junto con el Dr. Fernández-Salas realizan los preparativos y el montaje de los instrumentos a bordo en el puerto de Cádiz.

17/11/2016: Embarque del resto del personal científico. Se última el montaje y



estibado del material en los laboratorios. Salida a la mar a las 22:00 h UTC en dirección a la zona de calibración situada en el talud continental del Golfo de Cádiz, en un punto intermedio del tránsito hacia la primera zona de trabajo en la Bahía de Algeciras.

18/11/2016: A las 00:58 h UTC se realiza un perfilador de velocidades (SVP1) para poder llevar a cabo los trabajos de calibración de la sonda multihaz que comienzan a las 02:11 h UTC, primero se hacen varias pasadas sin activar la opción "*pitch stabilization*" y a continuación se repite activando esta opción. A las 05:05 h UTC se pone rumbo a la zona de trabajo.

18/11/2016: A las 11:42 h UTC se realiza un perfilador de velocidades (SVP2) en la zona de desembocadura del Cañón de Algeciras, aproximadamente a 900 m de profundidad, y a las 12:20 h UTC comienzan los trabajos en el interior de la Bahía de Algeciras de adquisición de batimetría multihaz a baja velocidad, aproximadamente 5 nudos, y cobertura 100%, sin utilizar ni sonda paramétrica TOPAS, ni correntímetro ADCP ni sonda EK60 para aumentar la secuencia de disparo de la sonda multihaz y mejorar la resolución. A las 14:00 h UTC se realiza una segunda estación con perfilador de velocidades (SVP3) aproximadamente a 400 m de profundidad, para tener en cuenta tanto la disminución de profundidad como las diferentes condiciones oceanográficas que pueden existir en el interior de la bahía

19/11/2016: A lo largo de este día se alterna el trabajo de adquisición batimétrica con la realización de los cinco muestreos con draga de arrastre en el flanco occidental del Cañón de Algeciras (RIGEL1116_DA01 a DA05), así como de cuatro dragas de cuchara Van Veen (RIGEL1116_VV01 a VV04) en este mismo sector.

19/11/2016: Finalizan los trabajos de adquisición sistemática con la sonda de batimetría multihaz a las 21:49 h UTC.

19/11/2016: A las 21:51 h UTC comienza la adquisición de la malla de perfiles con sonda paramétrica con problemas en las primeras dos horas por diferentes motivos, tanto internos al pararse el sistema, como externos debido a la presencia de numerosos barcos fondeados.

20/11/2016: Continúa la adquisición de perfiles con sonda paramétrica hasta las 06:40 h UTC. Se aprovecha también el trazado de los perfiles de TOPAS o los tránsitos entre estos para cubrir huecos de sonda multihaz cuando era necesario.

20/11/2016: A las 07:39 h UTC comienzan las actividades de muestreo, realizándose hasta las 16:00 h UTC un total de once testigos de gravedad (RIGEL1116_TG01 a TG11) y seis dragas de cuchara Van Veen (RIGEL1116_VV05 a VV10) en el Cañón de Algeciras.

20/11/2016: A las 16:19 h UTC comienza la adquisición de datos acústicos, priorizándose la realización de perfiles con sonda paramétrica y alternando pasillos de sonda multihaz para rellenar los huecos de datos batimétricos que han quedado en el mosaico realizado previamente.

21/11/2016: La actividad anterior se mantiene hasta las 02:30 h UTC realizándose a partir de ese momento una malla de perfiles con sonda EK60 y ADCP repitiendo el trazado de la malla de sonda paramétrica.



21/11/2016: Entre las 07:15 y las 12:00 h UTC se realizaron cuatro testigos de gravedad (RIGEL1116_TG12 a 15) con bastantes problemas de operatividad para realizar las maniobras. Tras obtener el último testigo, en este sector, se pone rumbo al puerto de Fuengirola, aprovechando el trazado para seguir cubriendo huecos de datos en el mosaico de batimetría multihaz. A las 18:00 h UTC se procede a desembarcar a uno de los miembros del personal científico por problemas personales, poniéndose rumbo a partir de las 18:30 h UTC hacia la zona de Almería.

22/11/2016: A las 07:15 h UTC comienzan las actividades de muestreo sobre los montículos del talud superior de la zona de Almería que se extienden hasta las 16:00 h UTC. Se realizan seis estaciones de muestreo con testigo de gravedad (RIGEL1116_TG16 a 21) en las zonas donde parecía que existía menos espesor sedimentario no consolidado sobre estos montículos con el objetivo de alcanzar el material que origina estas estructuras, y diez dragas Van Veen (RIGEL1116_VV11 a VV12). Durante estas operaciones se mantiene el registro con la sonda de batimetría multihaz, dado que se venía trabajando con un perfil de velocidades tomado en la Bahía de Algeciras a las 10:07 h UTC se realiza una nueva estación con perfilador de velocidades en esta zona (SVP4) a una profundidad aproximada de 300 m.

22/11/2016: A las 16:19 h UTC comienza la adquisición de perfiles de sonda paramétrica en el sector de plataforma y talud continental situado frente a Adra. Se trata de una acción de oportunidad para optimizar el tiempo de campaña con el objetivo de estudiar varias estructuras de interés para el proyecto RIGEL en la región: fallas activas, cañones en formación y estructura de la plataforma. Se registra simultáneamente con sonda multihaz a partir de las 20:08 h UTC.

23/11/2016: Continúan los trabajos de adquisición geofísica con perfiles de sonda paramétrica y datos batimétricos con sonda multihaz hasta las 04:15 h UTC, momento en el que se corta la adquisición y se pone rumbo a la zona de Málaga.

23/11/2016: El muestreo en los montículos del área de Málaga se realiza entre las 09:45 y 13:30 h UTC, se obtienen tres dragas de cuchara Van Veen (RIGEL1116_VV22 a 24) y tres testigos de gravedad (RIGEL1116_TG22 a 24). En estos últimos se modifica la estrategia de muestreo, buscando el lateral de los montículos en lugar de su cima, se obtienen testigos con mayor longitud de columna de sedimentos pero tampoco se alcanza el material que se sospecha podría generar estos rasgos morfológicos.

23/11/2016: A partir de las 14:25 comienzan los trabajos de adquisición geofísica en el área de Málaga. Como en el caso del área de Adra, se buscan objetivos de oportunidad para optimar el tiempo de buque disponible que permiten estudiar diversas estructuras en la plataforma continental de este sector de interés para el proyecto RIGEL.

24/11/2016: A las 02:15 h UTC finalizan los trabajos en el área de Málaga y se pone rumbo hacia el puerto de Cádiz.

24/11/2016: A las 17:00 h UTC se llega al puerto de Cádiz procediéndose al desmontaje de los diferentes laboratorios.

25/11/2016: A las 08:00 h UTC se comienza las labores de descarga del material científico, parte de dicho material se lleva a la cámara fría del Centro Oceanográfico de Cádiz y el resto se carga en la furgoneta del Centro Oceanográfico de Málaga para su

traslado a Fuengirola. A las 13:00 h UTC el personal científico comienza el regreso a sus respectivos centros de destino, dándose por finalizada la campaña oceanográfica RIGEL1116.

5.- Incidencias y observaciones técnicas

5.1. Sonda Multihaz EM710.

Tras el procesado preliminar a lo largo de la campaña de los datos adquiridos con la sonda de batimetría multihaz se observaron anomalías en las zonas de solape de los diferentes pasillos de datos batimétricos. Estos valores anómalos presentaron un mayor desfase en la zona del talud superior de Almería (Figura 16), se observaron también en la zona del cañón de Algeciras, donde se determinó que estas anomalías eran más importantes en la zona más profunda del Cañón de Algeciras frente a los datos adquiridos en la parte más somera de este cañón.

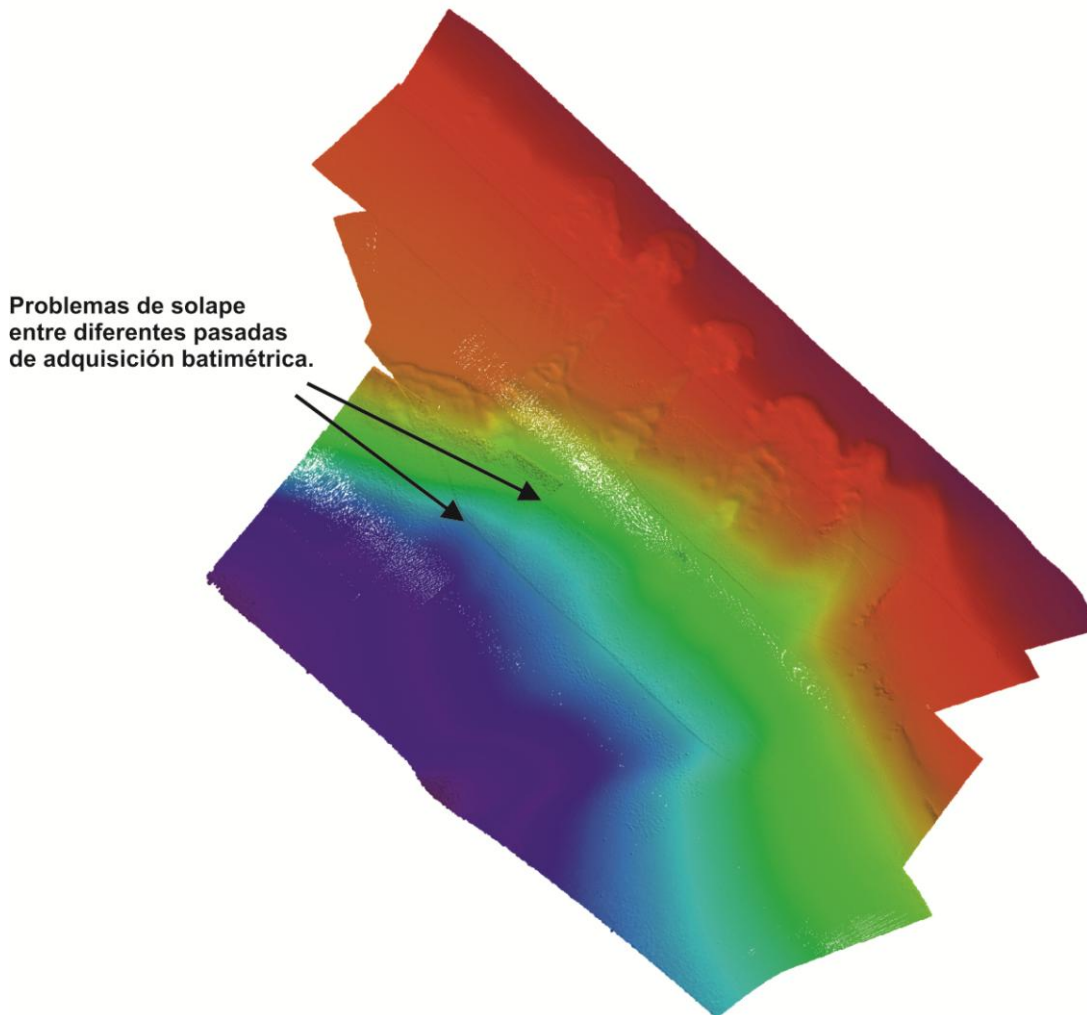


Figura 16. Mosaico batimétrico realizado en el talud superior del área de Almería donde se observan las anomalías en los datos observadas en la zona de solape de las diferentes pasadas de adquisición de datos batimétricos.

Dicho problema ya se había observado durante la campaña Oceanográfica VULCANO1016 que se realizó en el volcán submarino Tagoro en la isla de El Hierro.



Tras consultar la incidencia con los técnicos de Kongsberg se concluyó que, aunque los datos cumplen con Orden Especial según la norma de la OHI S-44, el problema puede resultar de un cálculo erróneo de la refracción de los haces cuyo origen puede estar causado por los siguientes problemas (ver informe anexo):

- Diferencia de tiempo entra la adquisición de los datos SVP y el levantamiento.
- Defecto en los sensores de medición.
- Corrientes o termoclinas en la zona del levantamiento y no registradas con el SVP.
- Pobre hidrodinámica de los transductores: al perder prácticamente los “Cover Plates” se pueden formar vórtices cerca de los transductores que afecten al rendimiento del equipo.
- Desajuste en planicidad del array de transductores.

En este mismo informe los técnicos de Kongsberg constatan como causa más problema que el sensor de velocidad de sonido del casco se desviaba en la medición en cerca de 5m/s. Por tanto se recomienda que el sistema de adquisición de la sonda de batimetría multihaz EM710 del barco sea revisado para tratar de solventar estos problemas y mejorar los datos obtenidos con este sistema.

5.2. Problemas de operatividad en la Bahía de Algeciras.

La Bahía de Algeciras es un espacio marino rodeado de una gran actividad portuaria. En este sentido hay que destacar el gran tráfico asociado al puerto de Algeciras, pero también a los puertos de Gibraltar, de La Línea de la Concepción, y en menor medida a las instalaciones portuarias del polígono de Palmones o de la refinería de CEPSA en Los Barrios. Además, a lo largo de la bahía existen numerosos puntos de fondeo. Toda esta actividad ha implicado un importante nivel de coordinación que ha sido conseguido con toda eficacia por la tripulación del buque.

Los problemas en la operatividad han sido generados especialmente por las embarcaciones de la Armada Británica que han estado permanentemente siguiendo de cerca las actividades realizadas en la campaña, desde que el buque comenzó a navegar por la Bahía de Algeciras. Estas actividades consistieron en un seguimiento continuo del buque oceanográfico Ángeles Alvariño por parte, al menos, de una patrullera británica que se mantenía normalmente a una distancia prudencial, aunque en ocasiones se cruzaron por proa en forma peligrosa. Este seguimiento se mantenía a distancia cuando se navegaba por la parte más interna de la bahía. Los principales problemas tuvieron lugar cuando se desarrollaron las actividades de muestreo, momento en el que a la presencia de la patrullera británica se le añadían una o dos embarcaciones semirígidas, también británicas, que no sólo trataban de impedir o dificultar las maniobras sino que llegaron a entrar en contacto con el casco del barco intentando situarse debajo del equipo de muestreo que se iba a lanzar en ese momento. Estas acciones fueron especialmente peligrosas cuando se situaron bajo el testigo de gravedad. Ello ha tenido como consecuencia que no se haya podido muestrear adecuadamente los tramos medio e inferior del cañón, así como su flanco oriental.

En todo momento cabe destacar la profesionalidad de la tripulación del B/O Ángeles Alvariño y del personal científico ante estas circunstancias.



6.- Estadística de muestreo:

Estadística del muestreo geofísico, geológico, biológico y físico en la campaña oceanográfica RIGEL1116		
Instrumento/Parámetro	Estaciones	Muestras (institución responsable)
VMADCP	continuo	registros de las componentes zonal y meridional de la corriente (IEO) ^a
Perfilador EK60	2 días	registros de backscatters columna de agua (IEO) ^a
Perfilador EA600	7 días	registros de backscatters fondo (IEO) ^a
Acoustic Doppel Current profiler (ADCP)	4 días	registros de perfil acústico de la velocidad de la masas de agua (IEO) ^a
Ecosonda Multihaz – EM710	6 días	registros de batimetría y backscatter del fondo (IEO) ^a
Perfilador de sonda paramétrica TOPAS PS18	4 día	registros de perfiladores de subsuelos (IEO) ^a
Dragas de arrastre	5	Obtención de muestras de afloramientos rocosos situados en la superficie del fondo marino. ^{a, b, c}
Termosalinómetro	continuo	registros de temperatura y salinidad superficial (IEO) ^a
Meteorología y navegación	continuo	registros de posición y parámetros meteorológicos (IEO) ^a
Perfiladores SVP+	3	Registros verticales de la velocidad del sonido en la columna de agua para calibrar las sondas batimétricas ^a
Testigos de gravedad	24	Muestreos de columnas de sedimentos del fondo marino ^{a, b}
Dragas de cuchara (tipo Van Veen)	24	Muestreos de sedimentos superficiales del fondo marino ^{a, c}

Responsable de los datos: ^a Dr. Juan-Tomás Vázquez (IEO-Málaga), ^b Dra. Nieves López González (IEO-Málaga), ^c Dr. José Luis Rueda (IEO-Málaga).

7.- Política de datos:

Cualquier publicación, científica o divulgativa, así como resultados a que diera lugar el desarrollo de las actividades de investigación conjuntas deberán reconocer y hacer constar la participación de todos los investigadores que hayan intervenido en aquella, así como la pertenencia de los datos a las instituciones de los que dependen. También deberá mencionarse en las publicaciones que se deriven el nombre del proyecto (RIGEL), así como el ente financiador, el Instituto Español de Oceanografía.

En lo relativo a este punto, deberá tenerse en cuenta lo previsto en los artículos 53 y siguientes de la Ley de Economía Sostenible de 4 de marzo de 2011.



8.- Referencias

Ballesteros, M., Rivera, J., Muñoz, A., Muñoz-Martín, A., Acosta, J., Carbó, A., Uchupi, E. 2008. Alboran Basin, southern Spain-Part II: Neogene tectonic implications for the orogenic float model. *Marine and Petroleum Geology*, 25 (1), pp. 75-101.

Ercilla, G., Juan, C., Hernández-Molina, F.J., Bruno, M., Estrada, F., Alonso, B., Casas, D., Farran, M., Llave, E., García, M., Vázquez, J.T., D'Acremont, E., Gorini, C., Palomino, D., Valencia, J., El Moumni, B., Ammar, A. 2016. Significance of bottom currents in deep-sea morphodynamics: An example from the Alboran Sea. *Marine Geology*, 378, pp. 157-170.

Juan, C., Ercilla, G., Javier Hernández-Molina, F., Estrada, F., Alonso, B., Casas, D., García, M., Farran, M., Llave, E., Palomino, D., Vázquez, J.-T., Medialdea, T., Gorini, C., D'Acremont, E., El Moumni, B., Ammar, A. 2016. Seismic evidence of current-controlled sedimentation in the Alboran Sea during the Pliocene and Quaternary: Palaeoceanographic implications. *Marine Geology*, 378, pp. 292-311.

Vázquez J.T., Ercilla G., Alonso B., Juan C., Rueda J.L., Palomino D., Fernandez-Salas L.M., Barcenas P., Casas D., Díaz-del-Río V., Estrada F., Farran M., Garcia M., Gonzalez E., López-Gonzalez, N., El Moumni B., Contouriber, Montera & Mower Teams. 2015. Submarine Canyons and related features in the Alboran Sea: continental margins and major isolated reliefs. pp. 183-196 In CIESM Monograph 47 [F. Briand ed.] Submarine canyon dynamics in the Mediterranean and tributary seas- An integrated geological, oceanographic and biological perspective, 232 p. CIESM Publisher, Monaco.

9.- Repercusión en medios:

<http://andaluciainformacion.es/viva-chiclana/635563/estudian-los-riesgos-geologicos-del-canon-submarino-de-algeciras/>

<http://www.20minutos.es/noticia/2891744/0/ieo-estudiara-riesgos-geologicos-asociados-al-canon-submarino-algeciras/>

<https://www.elestrechodigital.com/destacado/ieo-estudiara-los-riesgos-geologicos-asociados-al-canon-submarino-algeciras/>

<http://ondaalgecirastrv.com/2016/11/18/el-ieo-estudiara-los-riesgos-geologicos-asociados-al-canon-submarino-de-algeciras/>

http://www.elconfidencial.com/tecnologia/2016-11-21/angeles-albarino-buque-cientifico-gibraltar_1292914/

http://www.industriaspesqueras.com/noticias/ultima_hora/53317/expertos_de_la_cuenca_colab_oran_en_el_analisis_de_los_riesgos_geologicos_del_mediterraneo_.html

http://www.madrimasd.org/blogs/ciencia_marina/2016/11/21/134617

http://galicia.economiadigital.es/politica-y-sociedad/la-armada-britanica-lanza-bengalas-contra-un-buque-cientifico-con-base-en-vigo_376957_102.html

<http://www.aggep.org/noticias/la-royal-navy-acosa-en-gibraltar-un-buque-de-investigacion-del-instituto-espanol-de>

http://politica.elpais.com/politica/2016/11/21/actualidad/1479726492_847930.html



MINISTERIO
ECONOMIA, INDUSTRIA
Y COMPETITIVIDAD



INSTITUTO ESPAÑOL
DE OCEANOGRAFÍA

CENTRO OCEANOGRÁFICO
DE MÁLAGA

<http://www.farodevigo.es/gran-vigo/2016/11/21/ataque-sufrio-angeles-alvarino/1574272.html>

<http://www.elcorreogallego.es/panorama/ecg/royal-navy-dispara-bengalas-un-buque-oceanografico-vigues-gibraltar/idEdicion-2016-11-21/idNoticia-1028353/>

<http://www.atlantico.net/articulo/vigo/gibraltar-hostiga-oceanografico-vigues-y-espana-protesta-londres/20161122085327559741.html>

<http://www.publico.es/politica/armada-britanica-hostiga-cientificos-espanoles.html>

<http://www.laopiniondemurcia.es/nacional/2016/11/21/royal-navy-enfrenta-barco-espanol/784644.html>

<https://www.swissinfo.ch/spa/afp/esp%C3%B1a-protestar%C3%A1-ante-reino-unido-por-incidente-en-aguas-frente-a-gibraltar/42610148>

<http://www.servimedia.es/Noticias/Detalle.aspx?n=632383&s=1>