

mediterráneo
Servicios Marinos



CARTOGRAFÍA BIONÓMICA, CON SONAR DE BARRIDO LATERAL DEL ARRECIFE ARTIFICIAL DE CABO DE PALOS (Murcia)

ALICANTE

12 de enero de 2007

CONSULTORÍA

mediterráneo
Servicios Marinos



CLIENTE

Servicio Pesca y Acuicultura
Dirección General de Ganadería y Pesca
C.A. MURCIA



MEDITERRÁNEO SERVICIOS MARINOS S.L Nueva dársena Pesquera s/n. CP 03008 ALICANTE.
Telfno: 965 202 201 Fax: 965 206 927 e-mail: jmartin@mediterraneoserviciosmarinos.com

CARTOGRAFÍA BIONÓMICA, CON SONAR DE BARRIDO LATERAL DEL ARRECIFE ARTIFICIAL DE CABO DE PALOS (Murcia)

Diciembre 2006

REALIZADO POR:

Penélope López Benito

Lda. Biología

Luis Gonzales Nogales

Ldo. Ciencias del Mar

Antonio Briz Ena

Ldo. . Biología y C del Mar

Javier Martín Fernández

(Director y coordinador del departamento)



INDICE

1. Antecedentes	4
2. Material y métodos.....	6
2.1. Planificación de campaña.....	6
2.2. Cartografía bionómica	6
2.2.1 Prospección con Sonar de Barrido Lateral	6
2.2.2 Filmación con video remolcado.....	11
2.3 Batimetría.....	13
3 Resultados.....	14
3.1 Cartografía bionómica	14
3.2 Módulos localizados.....	25

ANEXO I. Planos

ANEXO II. Dossier de imágenes de video

ANEXO III. Dossier de imágenes de SSS

1. ANTECEDENTES

Mediterráneo Servicios Marinos SL viene desarrollando numerosos trabajos de prospección y caracterización marina en el litoral. El presente informe responde a la solicitud por parte del Servicio de Pesca y Acuicultura de la Dirección General de Ganadería y Pesca, C A de Murcia, para realizar un primer estudio en el arrecife artificial de Cabo de Palos, realizando una cartografía submarina con sonar de barrido lateral, así como las inmersiones con filmación de vídeo necesarias para validar el registro de sonar.

El 31 de Octubre de 2006 se encarga a Mediterráneo Servicios Marinos S.L. la realización de una completa cartografía bionómica de la una zona que comprende el arrecife artificial. Además y sin coste adicional se ha realizado una batimetría de la zona, meramente orientativa, pues no se han corregido mareas meteorológicas ni la sonda es de alta precisión.

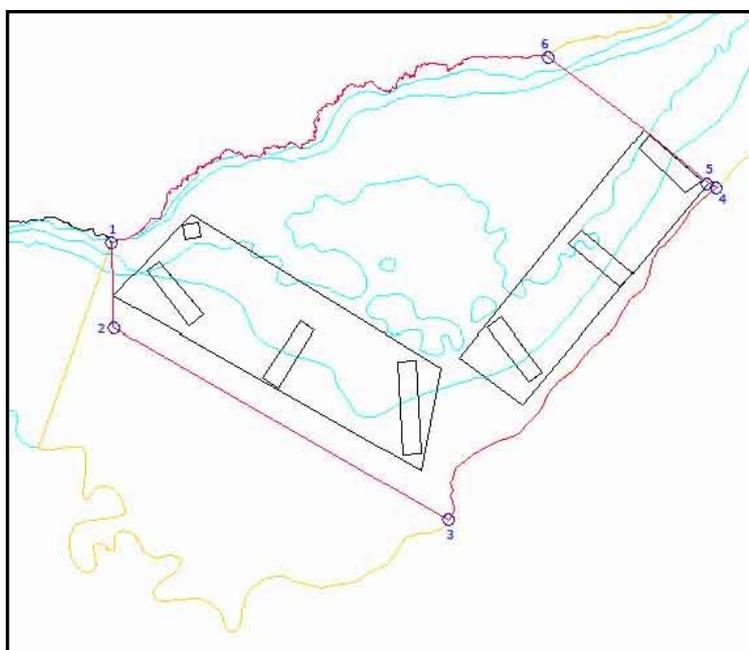


Figura 1.1. Zona de estudio a realizar en rojo. En negro el arrecife.

La zona de estudio contratada es de 3396 Ha. El rango batimétrico está comprendido entre -2 m de profundidad en la zona más somera y -59 m en la más profunda.

En la siguiente tabla se muestran las coordenadas que delimitan el área de estudio. Coordenadas **UTM (Huso 30)** y en **Datum Europeo 1950**.

VÉRTICE	X	Y
1	692424	4161069
2	692448	4159832
3	697287	4157044
4	701164	4161873
5	701042	4161934
6	698691	4163776

Tabla 1.1.Tabla con los vértices de la zona de estudio.

Mediterráneo Servicios Marinos S.L. posee amplia experiencia en la realización de este tipo de trabajos y es un gran conocedor de la zona de estudio. Asimismo posee un completo equipo humano y tecnológico que garantizan la correcta consecución de los objetivos planteados.

El presente documento recoge las metodologías y los resultados obtenidos.



2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Planificación de campaña.

Previamente a la realización de los trabajos en la zona de estudio, se debe planificar la campaña, para ello se realiza un protocolo de campaña, así como el Proyecto de trabajo con el software hidrográfico *HydroPro* de *Trimble*, instalado en el ordenador portátil de campaña.

Mediante este *software* se diseñan los recorridos que se deberán realizar y se establecen los parámetros de bondad del método para acotar el error de las trayectorias en niveles asumibles y adecuados para el proyecto. En el caso que nos ocupa, se establecieron los transectos que se observan en el plano de trabajos realizados, mientras que los puntos de video se establecieron durante la realización del sonar, tomando las posiciones de interés del registro de este.

Una vez en la zona de trabajo se realiza una calibración de los equipos de acuerdo con los procedimientos específicos incluidos en nuestro sistema de calidad.

2.2. Cartografía bionómica.

2.2.1. Prospección con sonar de barrido lateral

Para la elaboración de la cartografía bionómica nos hemos basado principalmente en la tecnología acústica del sonar de barrido lateral (SSS, iniciales de su nombre en inglés, *Side Scan Sonar*).

El equipo acústico utilizado para esta operación es el *C-Max 800/S Side Scan Sonar* que consta de una unidad remolcada y un equipo de superficie que va instalado a bordo de la embarcación.

El equipo remolcado consiste en un pez transductor (emisor y receptor) dotado de un cable coaxial resistente y flexible. El transductor del sonar emite y recibe haces de frente plano complementados con cobertura adicional en la vertical.

El aparato registra automáticamente la altura del pez en cada momento. Manualmente se le introduce el dato de distancia horizontal (*layback*; ver figura.2.2.1.1) para que el sistema de posicionamiento pueda corregir las posiciones, ya que el *dGPS* va instalado en la embarcación mientras que el transductor va remolcado por un cable de hasta 150 m de longitud.

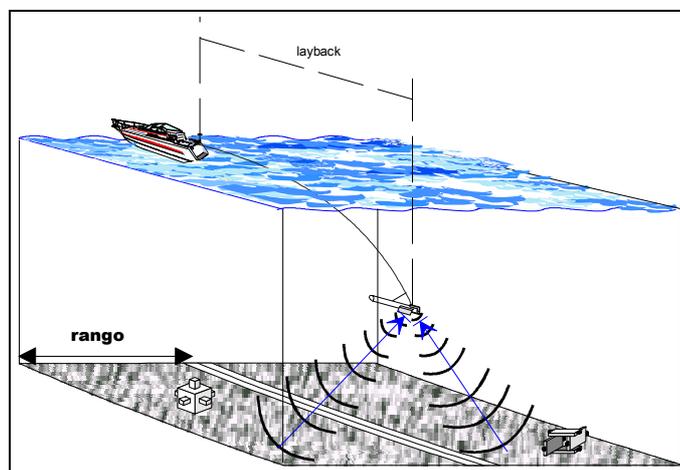


Figura 2.2.1.1.Esquema del funcionamiento del sonar de barrido lateral (SSS)

A partir del dato de la altura sobre el fondo y la velocidad de desplazamiento sobre el mismo, el sistema calcula las diferentes dimensiones de los objetos detectados.

Los registros obtenidos, fruto de la emisión y recepción de haces, quedan almacenados en forma digital en discos ópticos que pueden ser visualizados y procesados con su programa correspondiente. En estos registros quedan reflejados con elevada precisión todos los relieves presentes en el fondo prospectado y gracias al sistema de posicionamiento y a complejos cálculos trigonométricos efectuados por el *software* del sonar, podemos obtener la posición de cualquier punto del registro.

La amplitud de la zona prospectada se establece *a priori* con la introducción del rango de prospección. Este rango, que puede variar entre 50, 75, 100 y 150 m, hace referencia a la distancia barrida por cada banda, por lo que la amplitud total prospectada en cada recorrido corresponderá al doble del rango.

Para el posicionamiento se utiliza un *dGPS* del sistema radiofaro que emite, tras la corrección diferencial de la señal *GPS*, una serie de frases *NMEA* configurables en función de los equipos a los que va conectado.

La señal del *dGPS*, tras su salida del puerto correspondiente, se hace llegar al ordenador portátil equipado con el programa hidrográfico *HydroPro* de Trimble. Este programa visualiza en tiempo real la posición del barco, los recorridos previstos y el recorrido que se está efectuando.

El sistema de navegación permite el guiado de la embarcación tanto numérica como gráficamente, indicándonos la desviación que presenta la trayectoria del barco sobre la prefijada con anterioridad. La corrección es inmediata, lo cual nos permite realizar recorridos rectilíneos y así minimizar las distorsiones originadas por las trayectorias curvas.

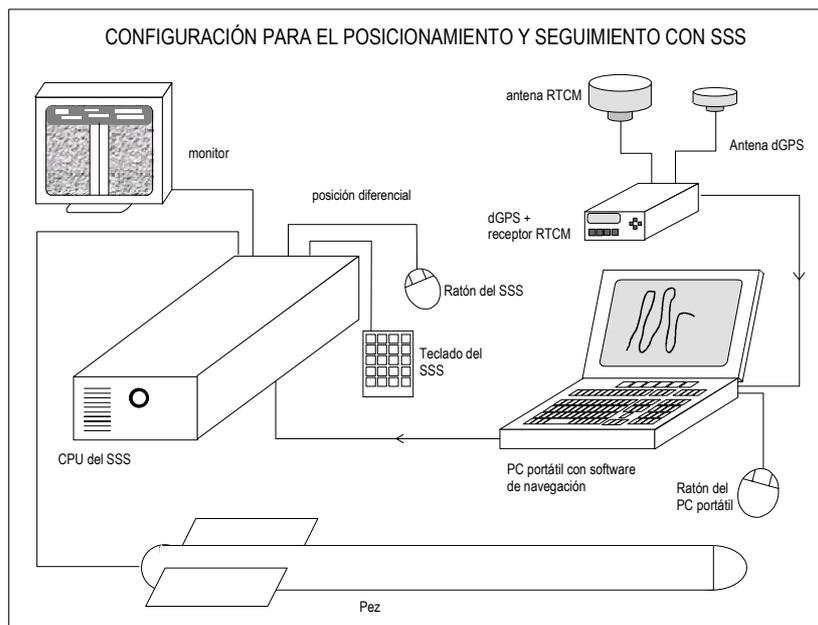


Figura 2.2.1.2. Sistema de funcionamiento del Sonar de barrido lateral.

La utilización de estas tecnologías aplicadas a la caracterización de los fondos marinos, ofrece numerosas mejoras con respecto a las metodologías tradicionales mediante buceo, como es la posibilidad de cartografiar de manera espacial diversas comunidades diferentes así como distintos aspectos de una misma comunidad.

Así mismo mediante la técnica de SSS se realiza una cobertura del 100% de la zona de estudio, evitando así los errores introducidos al realizar las interpolaciones necesarias en el método de transectos de buceo.

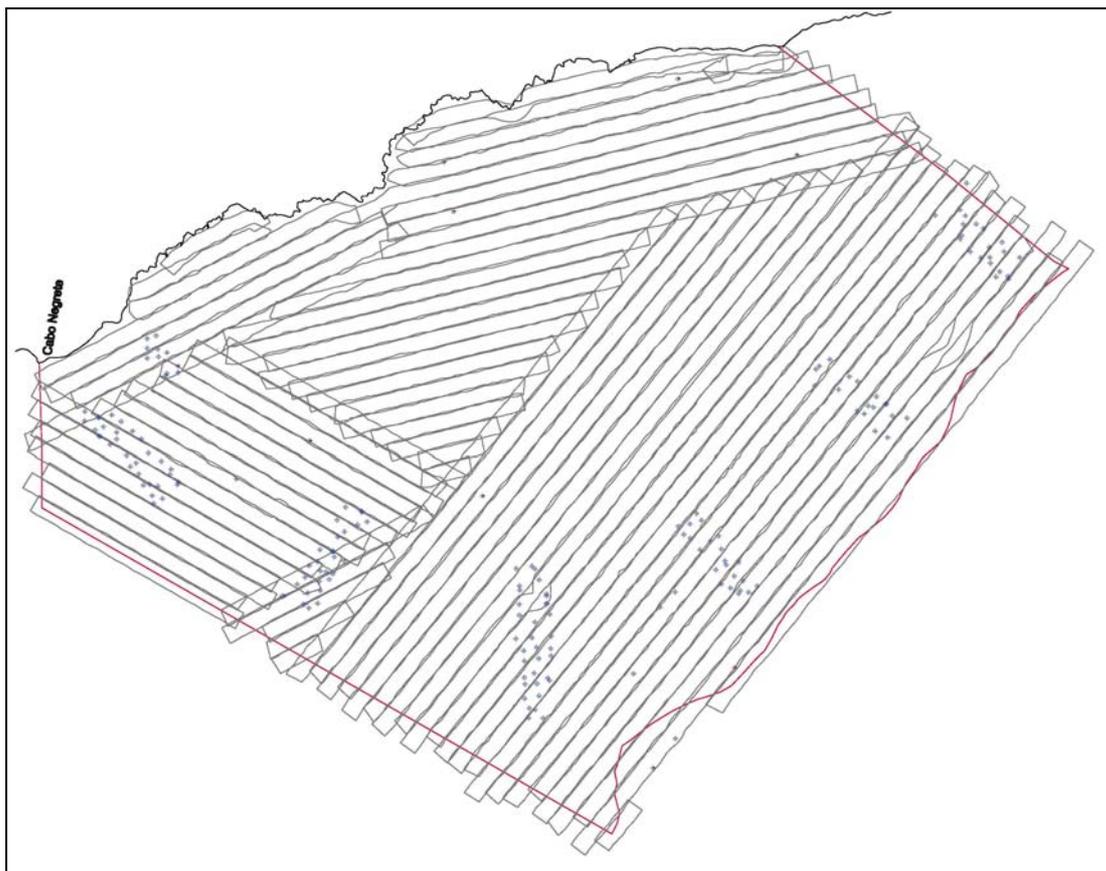


Figura 2.2.1.3. Transectos realizados mediante sonar de barrido lateral (*Side Scan Sonar*)

La zona de estudio se barrió con sonar de barrido lateral completamente, siendo el **área total prospectada de 3548,6 Ha**. Para ello se diseñaron recorridos bastante paralelos a la línea de costa para la zona más somera. A mayor profundidad se han distribuido de forma que la batimetría varíe lo menos posible a lo largo de un mismo transecto. Los transectos están separados unos de otros 140 m, para asegurar un solapamiento suficiente entre recorridos, ya que se trabajó a rango 75 m (por cada banda) con el sonar.

2.2.2 Filmación con video remolcado.

La técnica de cartografiado mediante la utilización del SSS, como se ha comentado con anterioridad, es una herramienta muy eficaz para delimitar con precisión distintos aspectos bionómicos que se diferencian claramente en cuanto a la reflectividad del sustrato y los relieves que presentan.

Sin embargo, esta metodología de trabajo presenta ciertas limitaciones inherentes a las características técnicas propias del SSS; por ejemplo, la diferenciación entre distintos tipos de fondo con caracteres similares, como es el caso de los sustratos blandos que a veces resulta compleja.

En estos casos, aunque se pueden realizar diferenciaciones entre distintos aspectos, es bastante complicado establecer un límite concreto entre ellos y sobre todo obtener información precisa de los poblamientos bionómicos.

Por todo ello, es necesario el empleo conjunto de otras técnicas de cartografiado como es el caso de la filmación directa con vídeo remolcado.

El visionado directo de los fondos mediante filmación con video remolcado, nos permite por un lado confirmar las interpretaciones extraídas de los registros, y por otro lado, delimitar aspectos imperceptibles, obteniendo asimismo información acerca de los organismos que habitan.

El equipo de filmación en vídeo está formado por una mini cámara sumergible que es remolcada desde la propia embarcación por medio de un cable de 150 m. Este cable, a su vez envía la señal de vídeo a la unidad de superficie. Dicha unidad está formada por una televisión y un magnetómetro compacto que permite visualizar en la embarcación las imágenes captadas por la cámara en tiempo real, así como grabarlas en vídeo para su posterior visionado.

El sistema de filmación va acompañado de un *software* que permite la captura de fotogramas a partir de las grabaciones de vídeo con el fin de obtener imágenes de eventos concretos que posteriormente han servido para ilustrar el presente informe.

Para este trabajo se realizaron **12 videos puntuales** sobre zonas donde los registros de sonar presentaban características inusuales.

A continuación presentamos las posiciones de los videos, que también podremos encontrar en el plano de trabajos realizados del anexo cartográfico.

CÓDIGO	POSICIÓN		CÓDIGO	POSICIÓN	
	X	Y		X	Y
V1	699593	4160546	V7	695943	4162362
V2	698330	4158466	V8	693602	4161040
V3	697637	4157607	V9	695860	4162783
V4	696188	4159933	V10	697849	4163497
V5	695454	4162119	V11	694721	4160401
V6	698857	4162844	V12	649097	4160079

Tabla 2.2.2.1. Posición y contenido de los videos realizados.

2.3 Batimetría

A pesar de no estar contratada, se ha realizado una batimetría (no de precisión), aprovechando los mismos transectos de sonar, registrando profundidad simultáneamente al sonar. Para ello se empleó la sonda monohaz propia del barco, *SIMRAD EQ32*.

Durante la realización de los trabajos las lecturas de la sonda son exportadas en formato *NMEA* a un *PC* portátil donde, gracias al *software HydroPro* se relacionan y almacenan con sus correspondientes lecturas de posición, provenientes del *GPS* diferencial.

Los transectos son los mismos que se diseñaron para el sonar, registrando batimetría al mismo tiempo, tal y como se muestran en la figura anterior.

Una vez obtenidos los datos brutos de batimetría se realiza un filtrado de los mismos con el fin de eliminar lecturas erróneas.

El conjunto de datos definitivos se pasa a la modelización de los mismos. Para ello se cuenta con el *software* adecuado, como *Surfer* o *ArcGis*. Dichos programas permiten utilizar diferentes algoritmos de modelización así como obtener los residuales y regresiones que nos informarán de la precisión de dicha modelización.

La modelización nos permite por una parte la obtención de una serie de líneas de igual profundidad (isóbatas) y en segundo lugar la elaboración de un modelo digital del terreno tridimensional que nos permitirá visualizar con claridad cada uno de los accidentes de la zona así como la superposición de las comunidades bionómicas sobre los mismos.



3. RESULTADOS

3.1 Cartografía bionómica

A partir de la información obtenida de la campaña de campo y su procesado en gabinete, hemos obtenido como resultado principal una cartografía, Anexo I plano N° 3, donde se han representado todos los aspectos bionómicos identificados.

Mediante la interpretación combinada de los registros de sonar y los videos puntuales realizados, se ha conseguido una visión general acerca de los diferentes poblamientos bentónicos que caracterizan los fondos de la zona de estudio, en cuanto a su distribución, estructura, naturaleza del sustrato y en algunos casos incluso el estado de conservación que presentan ciertas comunidades.

En el presente apartado hemos procedido a la descripción de las diferentes comunidades y aspectos bionómicos cartografiados en la zona de estudio, donde además se han observado varios módulos pertenecientes a las barreras del arrecife. Las comunidades y tipologías bionómicas identificadas son las siguientes:

- **Fondos duros (Algas Fotófilas Infralitorales de modo calmo)**
- **Arenas finas bien calibradas**
- **Césped de *Cymodocea nodosa***
- **Pradera de *Posidonia oceanica***
 - Pradera continua**
 - Pradera con cubetas**
 - Matas aisladas de *P. oceanica***
 - Mata muerta de *P. oceanica***
 - Pradera de *P. oceanica* degradada**
- **Arenas gruesas y gravillas sometidas a la acción de corrientes de fondo**
- **Fondo detrítico costero**



Comunidad de Algas fotófilas infralitorales de modo calmo

En los primeros metros de la franja costera encontramos este tipo de bionomía, asentada sobre sustrato duro (roca o sedimento consolidado) principalmente hasta 8-10 m de profundidad. El litoral desde Cabo Negrete hasta la Punta de Loma Larga presenta un relieve elevado coronado por montes, que disminuyen en altura de forma gradual conforme nos desplazamos hacia el oeste por la costa, continuando esta tendencia hasta Punta Negra (fuera ya de nuestra área de estudio). Es pues en los tramos algo acantilados o abruptos de la costa donde la presencia del sustrato duro bien iluminado en los primeros metros posibilita la presencia de esta comunidad de algas fotófilas infralitorales de modo calmo. Algunas de las especies encontradas en esta biocenosis son, *Cystoseira compressa*, *Dictyota dichotoma*, *Halopteris scoparia* entre otras muchas. A pequeña escala próxima a esta comunidad, podemos encontrar comunidades esciáfilas en los primeros metros, eso si siempre en lugares umbríos, protegidos de la iluminación directa, recubriendo grietas, paredes verticales y la cara interior de cornisas.

Comunidad de Arenas finas Bien Calibradas

La presencia de este tipo de comunidad en el seno de la zona de estudio es importante cerca de costa, entre 2 y 16 m de profundidad, allí donde no encontramos sustrato duro. Está relacionada con las características orográficas de la zona, disposición de cabos y bahías, corrientes no muy importantes, así como posibles aportes de materiales terrígenos desde costa. La menor incidencia del oleaje, en comparación con otras zonas, se traduce en una granulometría donde se da una predominancia de las arenas finas, homogéneas y en su gran mayoría de origen terrígeno.

Por una parte encontramos este tipo de sustrato formando canales en la *P. oceanica* entre el Cabo Negrete y Punta de Loma Larga. Desde aquí hasta el final de la zona de estudio, en la Playa Negrete, ocupa zonas más amplias A partir de 6 m de profundidad, este sustrato es colonizado por los céspedes de

Cymodocea nodosa gracias a un incremento de la fracción lutítica del sedimento

Estas arenas finas se acumulan en gran medida alrededor de Punta Negrete, haciéndose perceptibles en la zona emergida, donde forman la playa Parreño y playa Negrete.

La comunidad se caracteriza por la ausencia total de algas y fanerógamas marinas. En cuanto a la fauna, esta mucho mejor representada pues podemos encontrar cnidarios, moluscos (*Venus* sp, *Turritella* sp....), crustáceos, equinodermos (*Holoturia* sp). así como diversas especies de peces muchas de ellas de interés comercial para la pesca. Los fragmentos de *P. oceanica* así como otros restos vegetales se suelen acumular por el efecto del oleaje dando en ocasiones zonas un tanto oscuras en el registro de sonar.



Foto 3.1.1. Arenas finas Bien Calibradas. (V10)

Pradera de *Cymodocea nodosa*

La presencia de esta comunidad bionómica en los primeros metros a lo largo de toda la zona prospectada, establece una transición entre las arenas finas bien calibradas y la pradera de *Posidonia oceanica* localizada a mayor profundidad.. Sigue por tanto su distribución habitual en condiciones normales, cuando esta fanerógama se situaría sobre zonas más someras y



Foto 3.1.2. Pradera de *Cymodocea nodosa* sobre arenas finas bien calibradas. (V9)

localizadas por tierra de la pradera de *Posidonia oceanica* sobre sustratos blandos, de arenas finas.

La distribución de esta comunidad se caracteriza por la presencia de un conjunto de manchas de pradera de *Cymodocea nodosa* densa a lo largo de toda la costa, a excepción de la zona Sur del área de estudio, frente al Cabo Negrete, donde no hemos encontrado indicios de su presencia, encontrando en su lugar fondos de arenas gruesas y gravillas sometidas a corrientes de fondo.

En las zonas localizadas más al norte de la zona de estudio su distribución es más reducida y limitada, y presentando una menor densidad de haces. Donde alcanza mayor profundidad es frente a la Punta de Loma Larga, rozando los 18 m de profundidad.

Pradera de *Posidonia oceanica*

La comunidad clímax de los fondos infralitorales también se encuentra representada en la zona estudiada y ocupando la mayor parte de los fondos prospectados. El límite más somero de la pradera se sitúa más o menos en -12 m. No obstante, en el ámbito de nuestro trabajo se han cartografiado de manera puntual superficies de *Posidonia* desde -2 m.

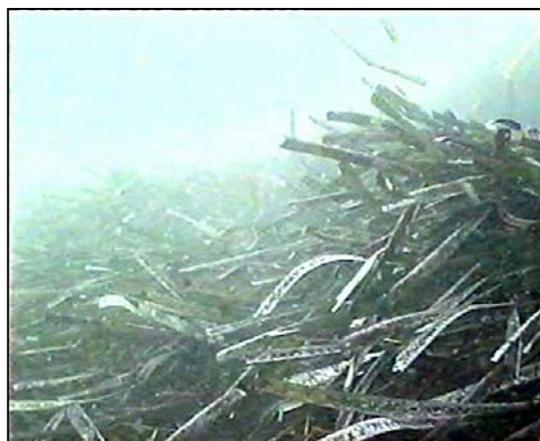


Foto 3.1.3. Pradera continua de *Posidonia oceanica* (V6 , Z = -14m)

Frente a Punta Parreño encontramos una zona bien definida de *Posidonia* a sólo 6 m de profundidad.

El límite inferior de la pradera se encuentra localizado a una profundidad máxima de -28 m aproximadamente. No obstante, a tenor de nuestra prospección, el límite profundo se mantiene a lo largo de la mayor parte de la



pradera en torno a -24 m. Este límite viene a coincidir, tal y como queda reflejado en la batimetría con un incremento acusado de la pendiente del fondo y que probablemente sea motivado por la presencia del límite profundo de los fondos rocosos primigenios sobre los que con posterioridad se desarrolló la pradera de *Posidonia*.

Esta fanerógama marina endémica del Mediterráneo que gracias a su patrón de crecimiento da lugar a extensas praderas a lo largo de los fondos infralitorales, configura la base de un ecosistema altamente productivo y diverso, considerado como el más maduro de los fondos del infralitoral Mediterráneo.

La importancia de estas praderas radica principalmente en la elevada producción primaria de esta planta y de las algas asociadas a ella de forma epífita, que se canaliza principalmente por mediación de las cadenas de detritívoros hacia otros estratos de la cadena trófica tanto en el propio ecosistema como en zonas más alejadas. Por otro lado estructura y diversifica el hábitat y juega un papel muy importante en la protección y estabilización de la línea de costa debido a la atenuación del hidrodinamismo. Las últimas investigaciones han revelado un papel relevante en la fijación del CO₂, actuando como sumidero.

La distribución de las praderas de *Posidonia* está condicionada por ciertos factores ambientales como la tasa de sedimentación, la transparencia de las aguas y el hidrodinamismo. Sin embargo en los últimos tiempos debido a su fragilidad ecológica y a su sensibilidad frente a las modificaciones inducidas por el hombre, están sufriendo un proceso de regresión generalizada en todo el Mediterráneo.

Desde el punto de vista de su estado de conservación, podemos decir que presenta un estado óptimo en la mayor parte de su superficie, salvo algunas zonas asociadas al límite inferior de la pradera donde aparecen superficies de mata muerta con haces aislados vivos. No obstante, esta zona ocuparía una



estrecha franja en las proximidades del límite y su presencia se debe principalmente a la degradación ocasionada por parte de la pesca de arrastre con anterioridad a la colocación del arrecife artificial. La evidencia de ello, es la detección de numerosos arrastres por tierra del arrecife y al suroeste de la zona de trabajo, sin poder especifica la antigüedad de los mismos. En otras zonas el límite profundo presenta cierta degradación como en muchas praderas, ya sea por la menor iluminación o estrés sedimentario derivado de procesos estrictamente naturales.

En función de la incidencia diferencial de los diferentes factores ambientales y de la mayor o menor exposición de las diferentes zonas de la pradera se han detectado varios aspectos de adaptación estructural a lo largo de la superficie de distribución de la pradera:

Pradera de *Posidonia oceanica* con cubetas

En la mayor parte de las zonas profundas (a partir de -18 o -20 m) aparece otro aspecto caracterizado por cierto grado de dispersión de la pradera aunque sin estar relacionado con procesos de degradación. En este punto, la pradera sufre un proceso de readaptación estructural a unas condiciones de estrés hidrodinámico desarrollándose una disposición en forma de pradera con cubetas, presentando un sedimento donde predominan las arenas gruesas sometidas a corrientes de fondo.

Pradera continua de *Posidonia oceanica*

A profundidad intermedia, donde los procesos hidrodinámicos son más moderados la pradera adopta una disposición típica caracterizada por su continuidad espacial y homogeneidad. En las zonas más someras de nuestra prospección los procesos hidrodinámicos y sedimentológicos vuelven a tener un papel decisivo a la hora de condicionar la estructura de la pradera con la presencia de abundantes canales y cubetas intermata. En el interior de estas



superficies queda retenido el sedimento por efecto de los flujos diferentes de corriente.

Matas aisladas de *Posidonia oceanica*

Se han diferenciado una serie de pequeñas superficies de pradera en el interior de cubetas sedimentarias en el seno de la propia pradera, y en las zonas próximas al límite profundo de la pradera. A pesar de constituir pequeñas áreas y no disponer de videos que confirmen esta disposición, hemos querido reflejarlas en el plano de bionomía.

La variabilidad estructural que puede presentar la pradera de *Posidonia oceanica* a lo largo de su superficie, unido a los diferentes estados de degradación que manifiesta, nos permite clasificar sus diferentes estados.

La existencia de este fraccionamiento en la pradera de *Posidonia oceanica* no responde a un estado degradativo de la pradera sino a un proceso natural de readaptación de la propia fanerógama a una situación de estrés sedimentario donde los procesos de acreción sedimentaria son más frecuentes e intensos. En este sentido, los sustratos intermatas se caracterizan por la ausencia casi total de superficies de mata muerta, siendo en sustrato mayoritario los fondos detríticos que predominan a mayores profundidades.

Mata muerta de *Posidonia oceanica*

Como ya se ha apuntado con anterioridad, en las zonas asociadas al límite inferior también se ha detectado un aspecto relacionado con procesos de degradación o regresión en la pradera como es la presencia de mata muerta con haces aislados vivos.

Su límite profundo está relacionado con una formación en forma de terraza y que se manifiesta también en la mata muerta y que es posible que antiguamente correspondiese al límite inferior potencial de la pradera de

Posidonia. Estos restos de mata muerta presentan un menor desarrollo sobre todo en lo concerniente a su altura sobre el sustrato sedimentario que le sucede, haciendo difícil en ocasiones delimitarlas correctamente.

Tras la degradación de la pradera, se produce un proceso de modificación de las condiciones ecológicas, principalmente debido a la desaparición del estrato foliáceo y que se manifiesta con la sustitución de algunos de los poblamientos esciáfilos asociados a la base de la pradera por poblamientos netamente fotófilos así como la predominancia algal si otra fanerógama no se desarrolla sobre la mata muerta.

Las algas fotófilas proliferan en estas condiciones, ya sea de forma estacional o durante todo el año. También son frecuentes algas de carácter más esciáfilo como *Peyssonnelia squamaria*, *Udotea petiolata* y en menor medida *Halimeda tuna*. Algunos de estos grupos algales son propios de las poblaciones ligadas al estrato basal de la pradera de *Posidonia oceanica*, de lo que se deduce que las alteraciones ecológicas no han eliminado la totalidad de las poblaciones asociadas a la pradera.



Foto 3.1.4. Mata muerta de *Posidonia oceanica* colonizada por algas. (V4)



Pradera de *Posidonia oceanica* degradada

En estas zonas la pradera de *Posidonia oceanica* se encuentra en un estadio avanzado en el proceso de regresión, aunque la degradación se ha producido de manera desigual a lo largo de toda la superficie de pradera. Actualmente se localizan ciertas zonas con este aspecto degradativo que llega incluso a 30 m de profundidad en la zona sur y suroeste de la zona de estudio, coincidiendo prácticamente con los espacios entre las barreras del arrecife artificial que allí se encuentran fondeadas.

Es probable que con la instalación del arrecife artificial, las superficies de pradera degradada puedan haber experimentado un proceso de recuperación tras el cese del principal factor de alteración de la pradera. Esta circunstancia se manifiesta con un incremento de la densidad de haces prolongando así la pradera en buen estado hasta profundidades mayores. Factores tanto naturales como antropogénicos posibilitarán o no su recuperación. Algunos de ellos son la transparencia y oxigenación de las aguas, presencia de contaminantes (no olvidemos Portman) hidrodinamismo moderado y salinidad constante.

Arenas gruesas y gravillas sometidas a corrientes de fondo

Esta es una de las comunidades representada en la zona de estudio y su presencia es un claro indicador de las fuertes condiciones hidrodinámicas que caracterizan a la zona. Su dependencia a la existencia de corrientes provoca que su distribución sea totalmente independiente del piso bionómico pudiéndose encontrar tanto en zonas infralitorales como en circalitorales.

El efecto de las corrientes de fondo sobre estos sustratos es el lavado del sedimento más fino y la formación de ciertas estructuras sobre el sedimento denominadas ***ripple marks***. La presencia de este tipo de comunidad en el entorno de nuestra zona de estudio queda circunscrito a dos zonas de distribución.

Por una parte, con un carácter más puntual podemos encontrar esta comunidad asociada a los claros y cubetas sedimentarias localizadas en el interior de la pradera de *Posidonia oceanica*. Los procesos hidrodinámicos más intensos en estas zonas próximas al límite profundo de la pradera, donde se produce un cambio batimétrico importante en pocos metros, originan



Foto 3.1.5. Arenas gruesas sometidas a corrientes de fondo (*ripple marks*). (V8)

una aceleración de la corriente debido a la heterogeneidad del relieve de la pradera provocando que el sedimento de las cubetas se vea afectado tanto en su composición granulométrica como bentónica. En el centro de la pradera casi no hay cubetas, mientras que en la zona somera predominan las de arenas finas bien calibradas.

La segunda área de distribución se sitúa en la zona oeste de nuestra prospección, frente a Cabo Negrete entre 12 y 18 m de profundidad, donde en esta zona *Posidonia* se limita a pequeñas manchas. En esta zona más abierta y por lo tanto más expuestas a acontecimientos hidrodinámicos, junto con la cercanía de la playa de Portman y sus fondos blandos muy contaminados, la pradera de *P. oceanica* es prácticamente inexistente.

Fondo detrítico costero típico

Como hemos podido comprobar, esta comunidad se situaría sobre las zonas adyacentes al límite profundo de la pradera de *Posidonia*. Una característica común de todos estos fondos es un tipo de sustrato detrítico donde predominan las fracciones más groseras con trazas de sedimentos finos casi inexistentes. Esta circunstancia denota la influencia clara de las corrientes de fondo que originan el lavado de estas fracciones. La fracción grosera presenta una naturaleza organógena y se nutre de los restos de organismos aportados por

las corrientes desde las comunidades adyacentes, principalmente de la pradera de *Posidonia*.

Se trataría de fondos blandos inestables con unas características mal definidas, debido a unas condiciones hidrodinámicas irregulares. Allí donde la pradera de *Posidonia* esta poco desarrollada, como frente a Cabo Negrete, encontramos este tipo de fondo en 18 m de profundidad. En el resto de la zona, con una pradera importante y bien desarrollada el detritico lo encontramos de 22-24 m en adelante.

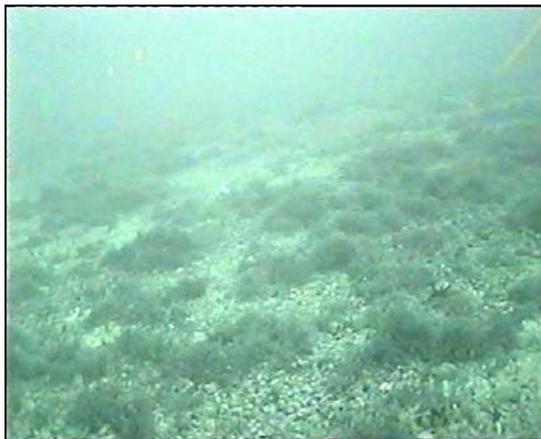


Foto 3.1.6. Detritico costero con abundante cobertura algal. (V1)



3.2 MÓDULOS LOCALIZADOS

Paralelamente a la elaboración de la cartografía bionómica y aprovechando la misma prospección, se ha procedido al posicionamiento de cada uno de los módulos antiarrastre que conforman el arrecife artificial de Cabo Palos. La distribución de los mismos se puede apreciar en el plano correspondiente del anexo cartográfico. Así mismo, en la tabla 3.2.1. ofrecemos un listado de las posiciones de cada una de las estructuras localizadas. Las coordenadas están expresadas en sistema UTM Huso 30 y en *Datum* Ed-50.

Se han localizado un total de 166 módulos pertenecientes al arrecife artificial y que como se puede apreciar en el plano correspondiente se encuentran prácticamente en su totalidad en el interior de las dos zonas de concesión del arrecife artificial y agrupados a lo largo de 6 barreras arrecifales. Aunque no disponemos de información previa sobre el proyecto de instalación del arrecife artificial, suponemos que esta disposición es la contemplada en dicho documento.

Como se desprende de los resultados obtenidos, el arrecife artificial se encuentra situado en el rango batimétrico comprendido entre -20 y -40 metros aunque con cierto grado de variabilidad entre unas barreras a otras. Las barreras se sitúan dispuestas de manera perpendicular a la pradera de *Posidonia oceanica* y a partir del límite inferior de la pradera hacia zonas más profundas. En la mayoría de las barreras, los módulos más someros se encuentran asentados sobre la propia pradera de *Posidonia*, aunque la mayoría se sitúan sobre los fondos sedimentarios más profundos.

A tenor de nuestros resultados, las barreras se encuentran a una equidistancia de 1500 m entre con sí lo cual se asegura que no exista una distancia efectiva suficiente para la realización de lances de arrastre paralelos a costa que suele ser la maniobra clásica de este tipo de embarcaciones.



En cuanto a la disposición de los módulos dentro de las barreras, se ha detectado un alto grado de heterogeneidad en sus disposiciones relativas aunque evidenciado cierto grado de sistematización en su disposición. Aparentemente, los módulos se han dispuesto a lo largo de tres hileras de módulos por barrera y bajo la técnica conocida como *al tresbolillo*. Esta disposición supone un desplazamiento relativo entre los módulos de hileras adyacentes con lo cual se consigue minimizar los espacios existentes entre módulos y así imposibilitar que se puedan efectuar lances de arrastre por el interior de las barreras.

El hecho de que los módulos no guarden de manera precisa su disposición al tresbolillo, no se debe a posibles desplazamientos desde sus posiciones originales de fondeo a causa de enganches con arrastreros sino a posibles deficiencias en el proceso de instalación del arrecife artificial. Tenemos la certeza de ello debido a la ausencia de evidencias significativas. De producirse esta circunstancia, los módulos dejarían un surco muy evidente sobre el sustrato y que a tenor de la naturaleza de los sustratos sobre los que se asienta el arrecife, estos surcos serían apreciables durante un largo periodo de tiempo. En el caso de los módulos localizados sobre la pradera de *Posidonia*, este efecto erosivo sería permanente y prácticamente irreversible.

En cuanto a la eficacia del arrecife artificial como elemento antiarrastre, podemos afirmar que en la actualidad no se están efectuando lances de arrastre ni entre las barreras del arrecife ni por tierra del mismo.

La mayoría de los arrastres se sitúan entre -30 y -40 m de profundidad y en todo momento evitando las barreras del arrecife artificial. No obstante, gracias al conocimiento preciso de la ubicación de los arrecifes artificiales por parte de estas embarcaciones de pesca, se aproximan a los mismos hasta distancias inferiores de 100 m en un intento de beneficiarse de la producción ictiológica asociada a los arrecifes. En este sentido, el beneficio obtenido les compensa con creces el riesgo que asumen al frecuentar estos caladeros tan próximos al arrecife.



La presencia del arrecife artificial así como su distribución a lo largo de la zona de concesión y con respecto a la pradera de *Posidonia*, ha asegurado un alejamiento efectivo de los lances de arrastre con respecto al límite profundo de la pradera de *Posidonia* de más de 500 m con lo cual se evita tanto la degradación directa por parte de las puertas del arte de arrastre como cualquier otro tipo de degradación relacionada con los efectos indirectos del arrastre.

En este sentido, los lances de arrastre se realizan a una distancia lo suficientemente alejada de la pradera para que los efectos de incremento de turbidez, inestabilidad sedimentaria y resuspensión de finos no afecten de manera efectiva a las zonas de distribución de pradera de *Posidonia*.

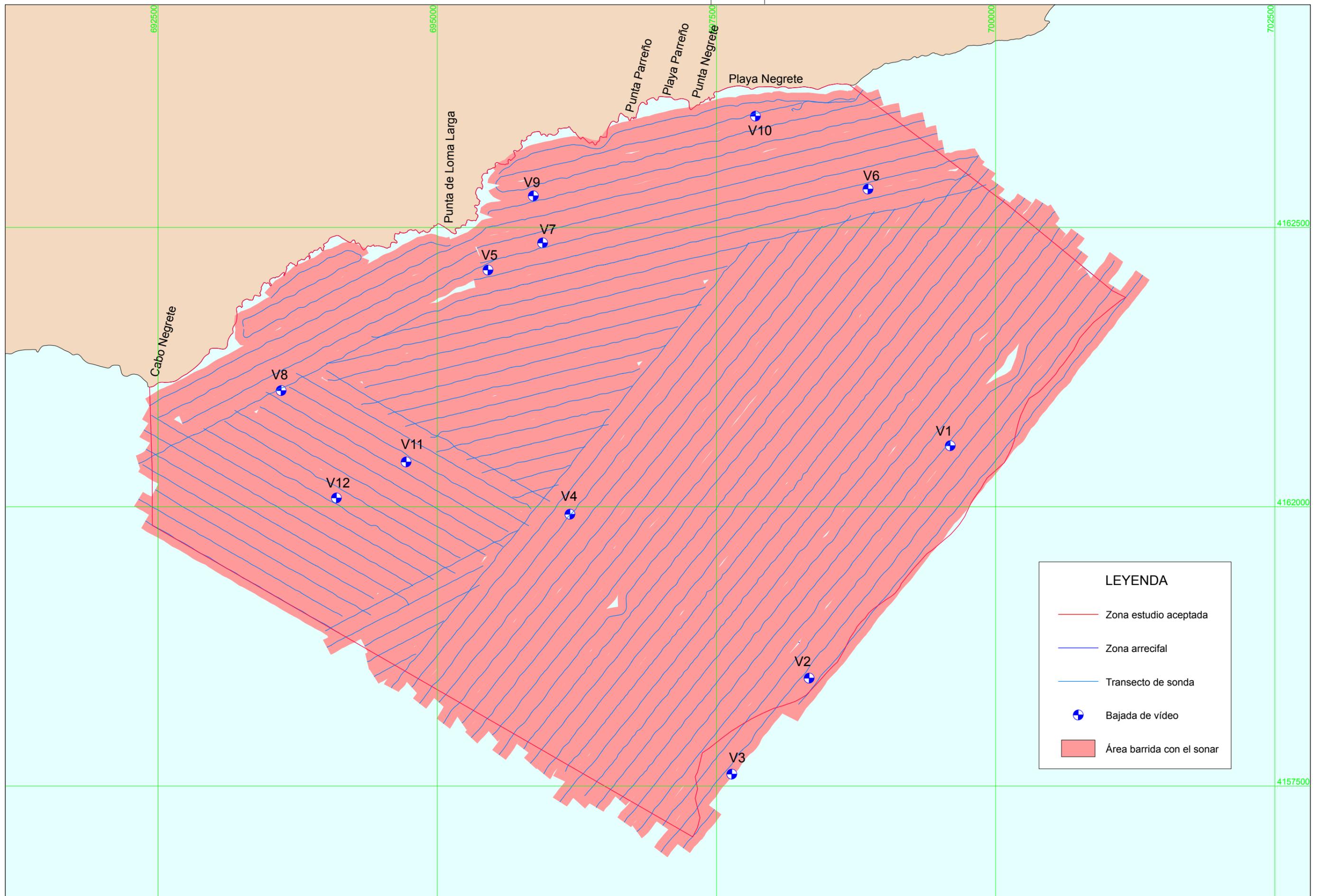
Pese a esta aparente efectividad antiarrastre por parte del arrecife artificial que se manifiesta con un desplazamiento de los arrastres hacia profundidades mayores que con anterioridad a la colocación del arrecife, se han detectado una serie de marcas de arrastre sobre la pradera de *Posidonia oceanica* por tierra del arrecife artificial. Se trata de una zona puntual localizada frente a cabo Negrete.

Debido a la irreversibilidad de los daños del arrastre sobre la pradera de *Posidonia*, desconocemos si estos daños se han originado con posterioridad a la colocación del arrecife artificial. La lógica nos sugiere que se trata de marcas de arrastre efectuadas con anterioridad a la colocación del arrecife aunque en la profundidad a la que se han detectado es perfectamente factible la realización de lances de arrastre. Ante esta circunstancia, sería aconsejable el incremento de la protección arrecifal hacia zonas más someras en esta parte de la pradera.

Nº	X	Y	Nº	X	Y	Nº	X	Y
1	693603	4160985	57	700599	4162100	113	699369	4160656
2	693498	4160961	58	700617	4162018	114	699533	4160780
3	693509	4160977	59	700496	4161969	115	699617	4160716
4	695025	4159838	60	700501	4161920	116	699463	4160701
5	695163	4159800	61	700749	4161970	117	699508	4160688
6	695127	4159689	62	700649	4161808	118	699430	4160632
7	695208	4159714	63	700580	4161848	119	698365	4159369
8	694954	4159729	64	700549	4161804	120	698326	4159250
9	695016	4159630	65	700656	4161786	121	698294	4159147
10	694915	4159460	66	696772	4158734	122	698217	4159181
11	694960	4159584	67	696768	4158630	123	699668	4160615
12	693217	4160485	68	696770	4158566	124	699522	4160484
13	693292	4160416	69	696666	4158545	125	698520	4159165
14	693120	4160567	70	696626	4158419	126	698401	4159211
15	693041	4160622	71	696544	4158382	127	698448	4159110
16	692929	4160602	72	696549	4158324	128	698377	4159125
17	692810	4160571	73	696586	4158119	129	698363	4159100
18	692812	4160652	74	696546	4158203	130	699793	4160595
19	692928	4160601	75	696669	4158226	131	699629	4160429
20	692899	4160493	76	696652	4158329	132	697827	4157859
21	692970	4160520	77	696742	4158377	133	696669	4159218
22	693082	4160473	78	696757	4158354	134	696732	4159081
23	693081	4160415	79	697851	4159674	135	696736	4159014
24	693352	4160297	80	696760	4158922	136	696500	4159008
25	693545	4160163	81	696609	4158722	137	696501	4158914
26	693534	4160117	82	696647	4158639	138	696505	4159128
27	693461	4160230	83	696538	4158611	139	696503	4159165
28	694808	4159475	84	696544	4158522	140	696634	4159310
29	694787	4159373	85	696472	4158713	141	696609	4159334
30	694921	4159462	86	696633	4158855	142	696474	4159313
31	693606	4160053	87	696732	4159097	143	694713	4158976
32	693597	4160031	88	699138	4161097	144	694788	4159016
33	693433	4160017	89	699049	4161040	145	694918	4159268
34	693362	4160034	90	699020	4161013	146	694886	4159221
35	693269	4160122	91	699011	4160872	147	694802	4159203
36	693247	4160215	92	698005	4159784	148	694811	4159125
37	693198	4160186	93	698048	4159727	149	694703	4159105
38	693167	4160278	94	697949	4159695	150	694670	4159009
39	693027	4160370	95	697951	4159573	151	694494	4159079
40	692944	4160438	96	697898	4159606	152	694613	4159179
41	693309	4160026	97	696703	4158034	153	694682	4159239
42	693384	4159937	98	696635	4158106	154	694716	4159339
43	693397	4159871	99	696580	4158036	155	694860	4159285
44	693471	4159912	100	698035	4159475	156	694812	4159294
45	700299	4162605	101	698125	4159550	157	694930	4159414
46	700032	4162330	102	699303	4160951	158	695013	4159379
47	700270	4162253	103	699372	4160908	159	693341	4161108
48	700288	4162327	104	699211	4160840	160	693438	4161121
49	700242	4162376	105	698194	4159593	161	693430	4161185
50	700442	4162218	106	698218	4159480	162	693509	4161155
51	700380	4162256	107	697823	4159113	163	693417	4161301
52	700257	4162157	108	697695	4158985	164	693341	4161276
53	700246	4162127	109	697471	4158414	165	693341	4161192
54	700330	4162019	110	698170	4159303	166	693417	4161301
55	700420	4161968	111	698258	4159345	167	693341	4161276
56	700492	4162056	112	698247	4159378	168	693341	4161192

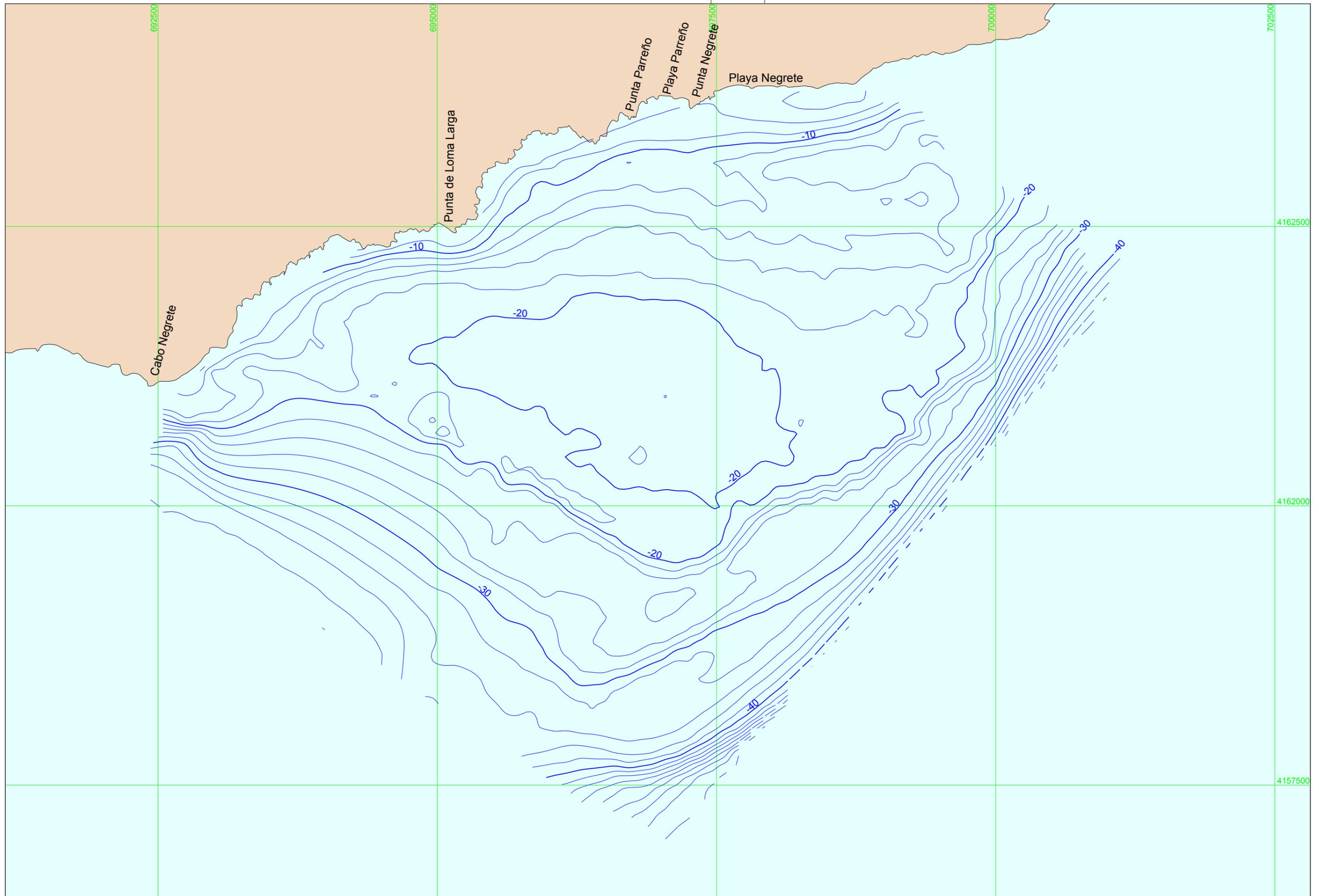
Tabla 3.2.1. Listados de las posiciones de los módulos arrecifales localizados.

ANEXO I. Planos

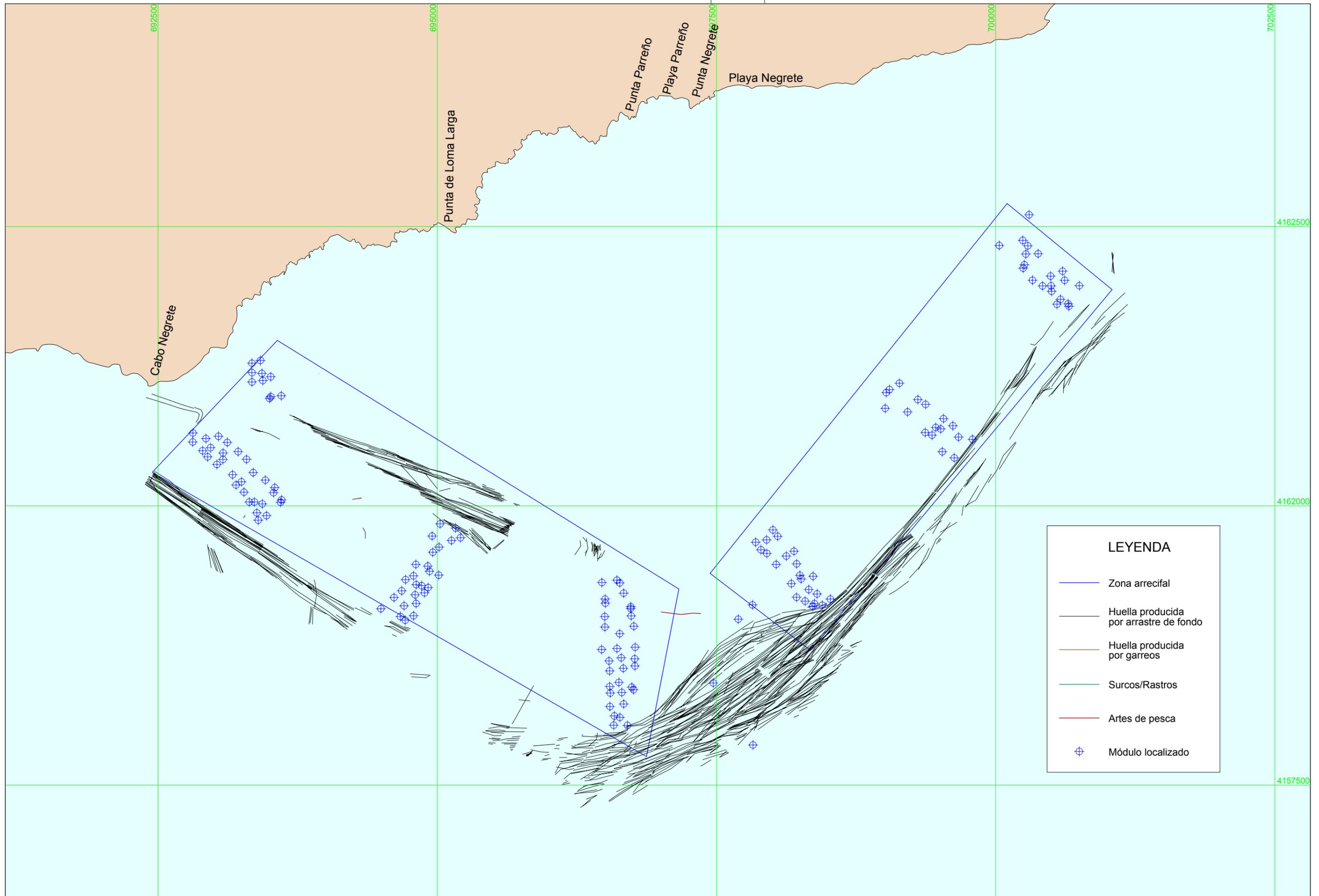


LEYENDA

- Zona estudio aceptada
- Zona arrecifal
- Transecto de sonda
- ⊕ Bajada de vídeo
- Área barrida con el sonar

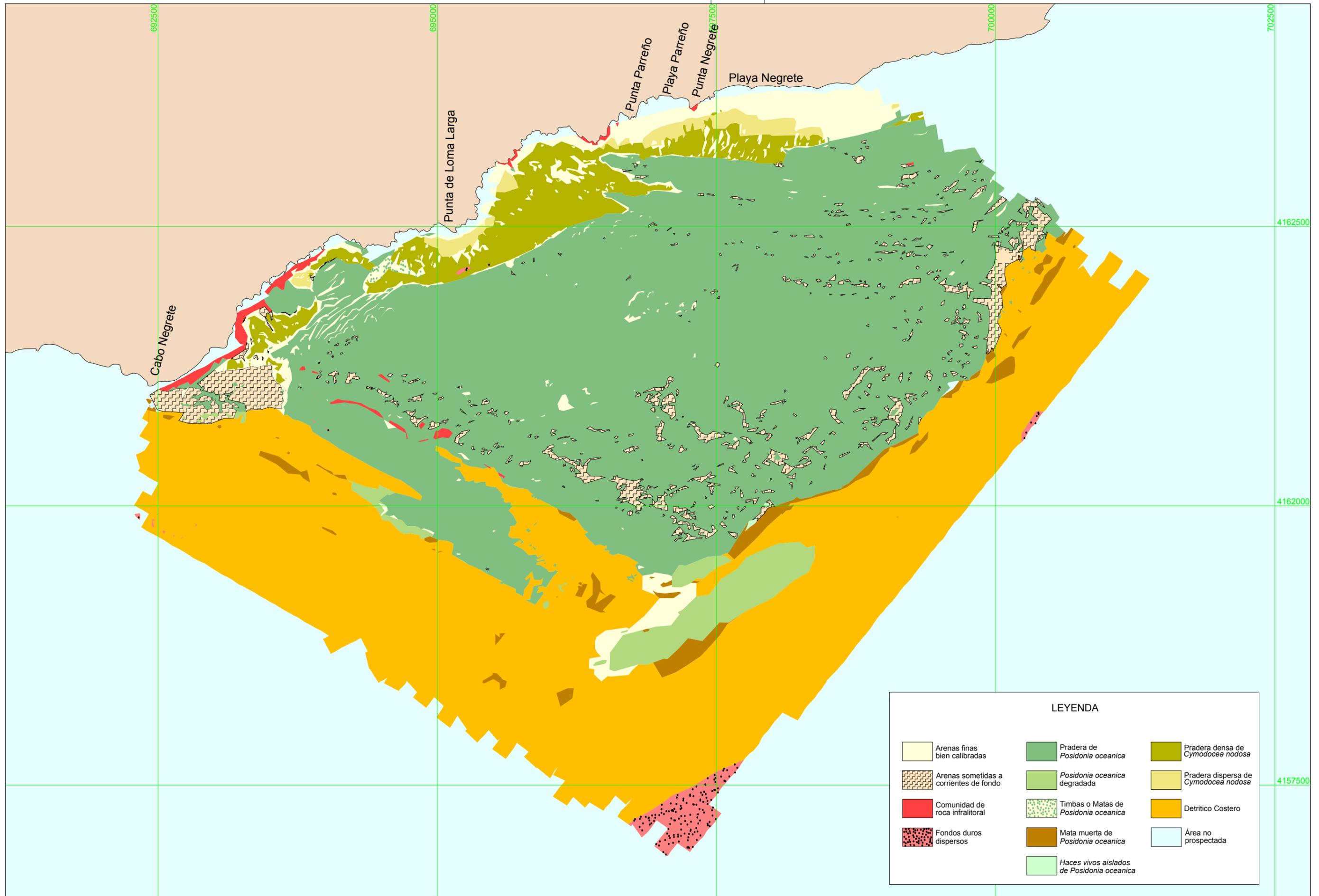


	LUGAR	ESCALA	DIBUJADO	CÓDIGO	BASE CARTOGRÁFICA	TRABAJO
	CABO PALOS. MURCIA	1/30000	11/01/07-M	49305M005 CLAVE 49305M005-Plano2	BASE DE DATOS DE MSM	CARTOGRAFÍA CON SONAR DE BARRIDO LATERAL EN AA. CABO PALOS - MURCIA
OBSERVACIONES	Cotas en metros Isobatas cada 2 m	FECHA			PROYECCION UTM - HUSO 30 N Elipsoide Internacional Datum Europeo 1950	PLANO RESULTADOS OBTENIDOS. BATIMETRÍA
		DICIEMBRE 2006				PLANO N° 2



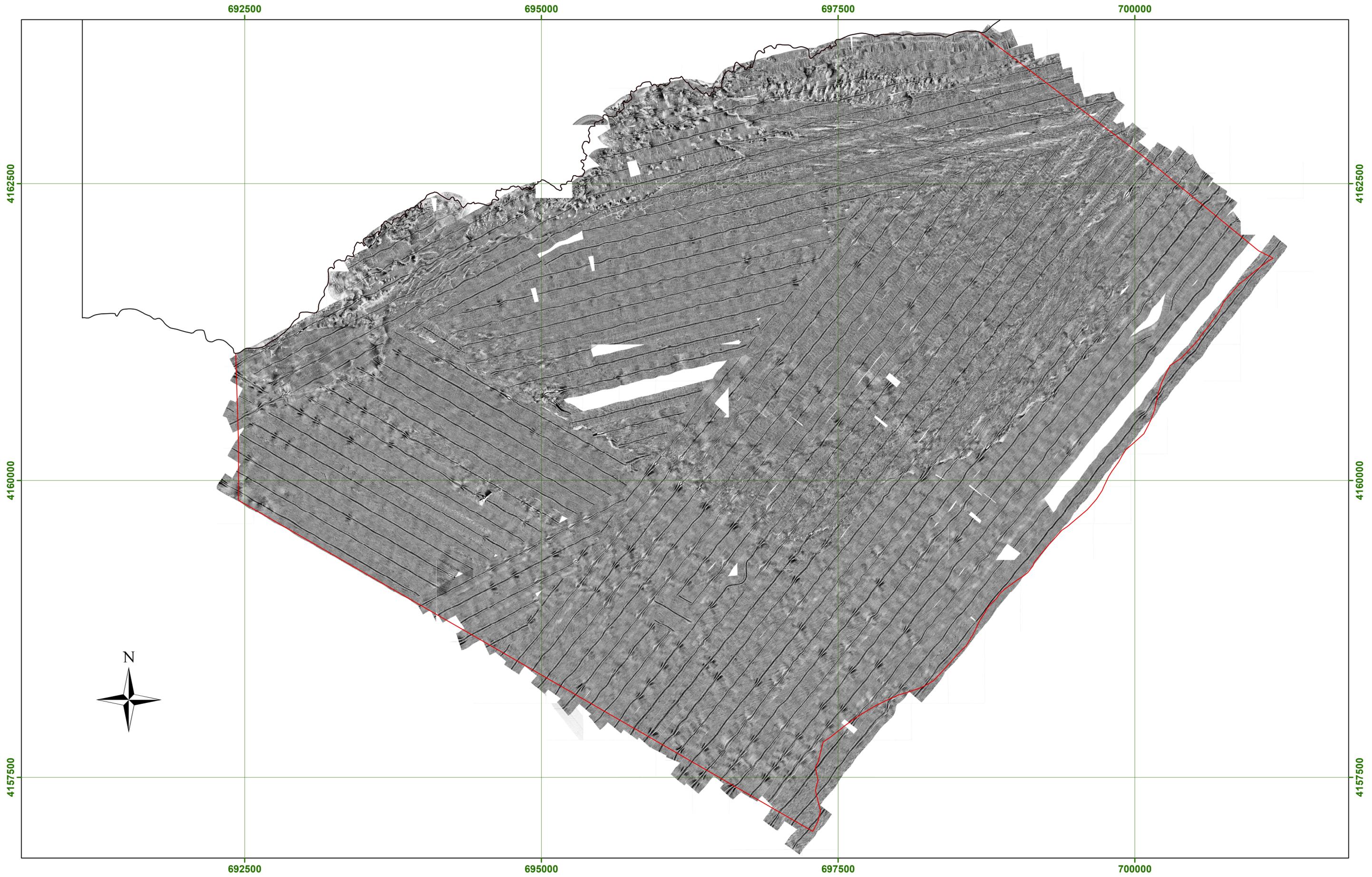
LEYENDA

- Zona arrecifal
- Huella producida por arrastre de fondo
- Huella producida por garreos
- Surcos/Rastros
- Artes de pesca
- ⊕ Módulo localizado



LEYENDA

 Arenas finas bien calibradas	 Pradera de <i>Posidonia oceanica</i>	 Pradera densa de <i>Cymodocea nodosa</i>
 Arenas sometidas a corrientes de fondo	 <i>Posidonia oceanica</i> degradada	 Pradera dispersa de <i>Cymodocea nodosa</i>
 Comunidad de roca infralitoral	 Timbas o Matas de <i>Posidonia oceanica</i>	 Detritico Costero
 Fondos duros dispersos	 Mata muerta de <i>Posidonia oceanica</i>	 Área no prospectada
	 Haces vivos aislados de <i>Posidonia oceanica</i>	

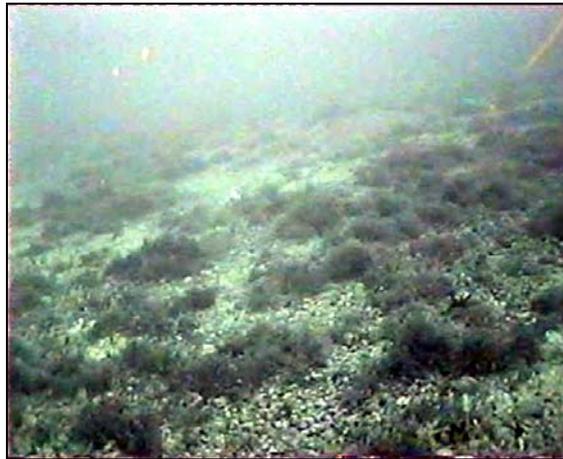


LUGAR CABO PALOS, MURCIA	ESCALA 1/20000	DIBUJADO 13/12/06-M	CÓDIGO 49305 CLAVE 49305M008	BASE CARTOGRÁFICA	TRABAJO CARTOGRAFÍA CON SONAR DE BARRIDO LATERAL EN AA CABO PALOS - MURCIA
OBSERVACIONES	FECHA DICIEMBRE 2006	 ESCALA GRÁFICA		PROYECCION UTM - HUSO 30 N <small>Elipsoide Internacional Datum Europeo 1950</small>	PLANO MOSAICO IMAGENES GEOTIFF, EN AA CABO PALOS - MURCIA

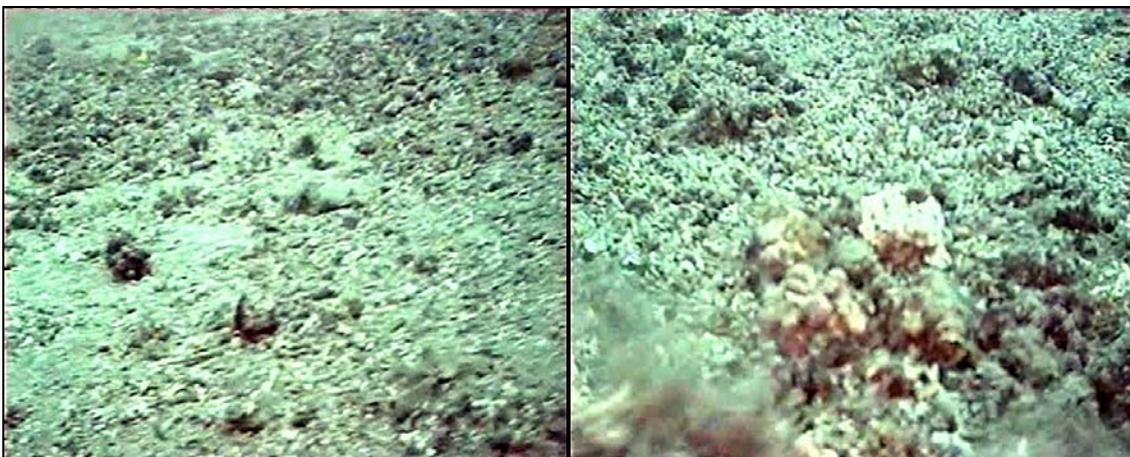
ANEXO II. Imágenes vídeo



V.1. Biocenosis de fondos detríticos costeros. Detalle de restos biogénicos y algas calcáreas.



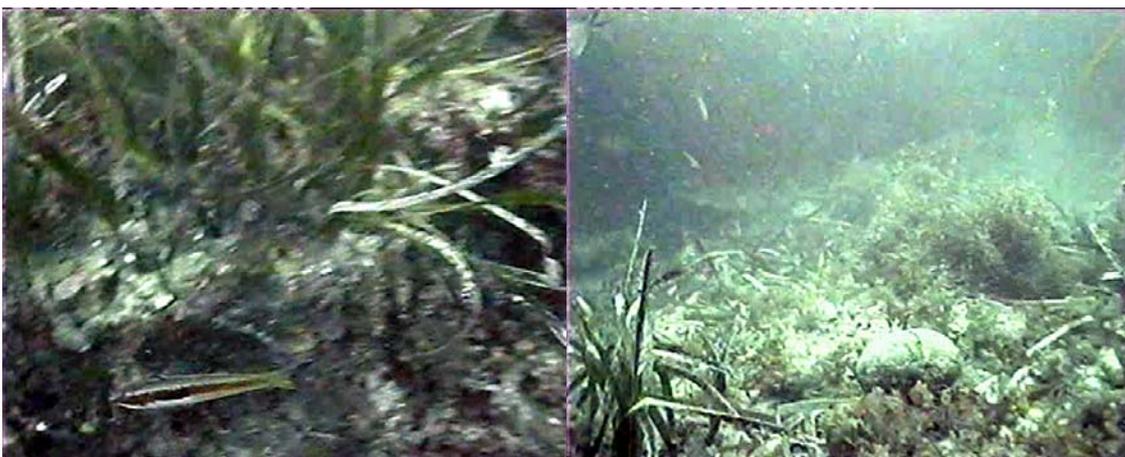
V.1. Fondo detrítico con abundante cobertura algal. (Z = -30,2m)



V.2. Detrítico-costero. A la derecha rodolitos en detalle (algas calcáreas). (Z = -44m)



V.4. Franja de mata muerta de *Posidonia oceanica* próxima al límite profundo de la pradera continua. La potencia del rizoma se puede apreciar en la batimetría cuyas isobatas coinciden con el límite de la pradera. (Z = -22 m)



V.4. Ejemplar de *Coris julis* y detalle de la pradera anterior. Tras el límite encontramos una biocenosis de mata muerta con haces vivos aislados de *Posidonia*. (Z = -22m)



V.4. Detalle de la pradera de *Posidonia* sobre el talud de la plataforma. (Z = -20,3m)



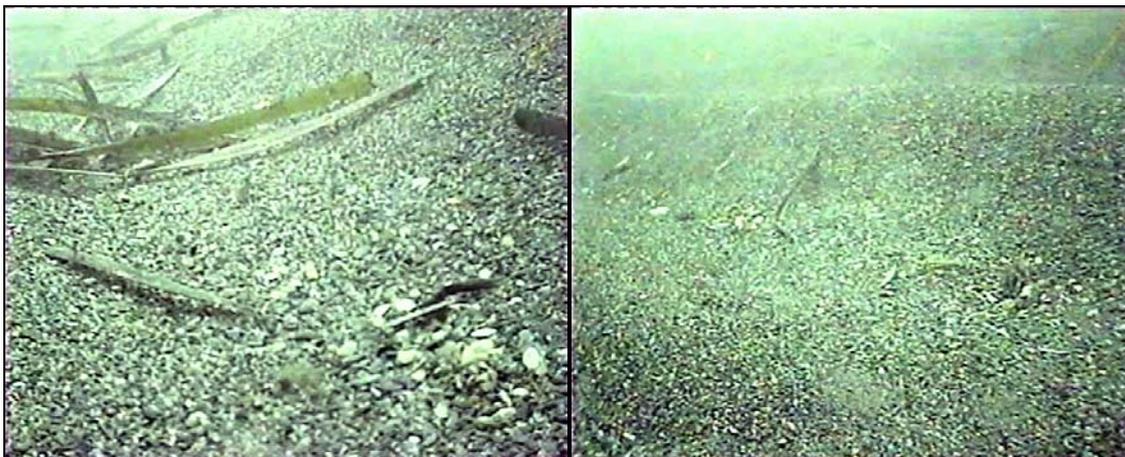
V.5. Pradera continua de *P. oceanica*. Fondo de arenas finas entre ésta y el césped de *Cymodocea nodosa*. (Z = -16,2m)



V.6. Pradera continua de *Posidonia oceanica*. (Z = -13,8m).



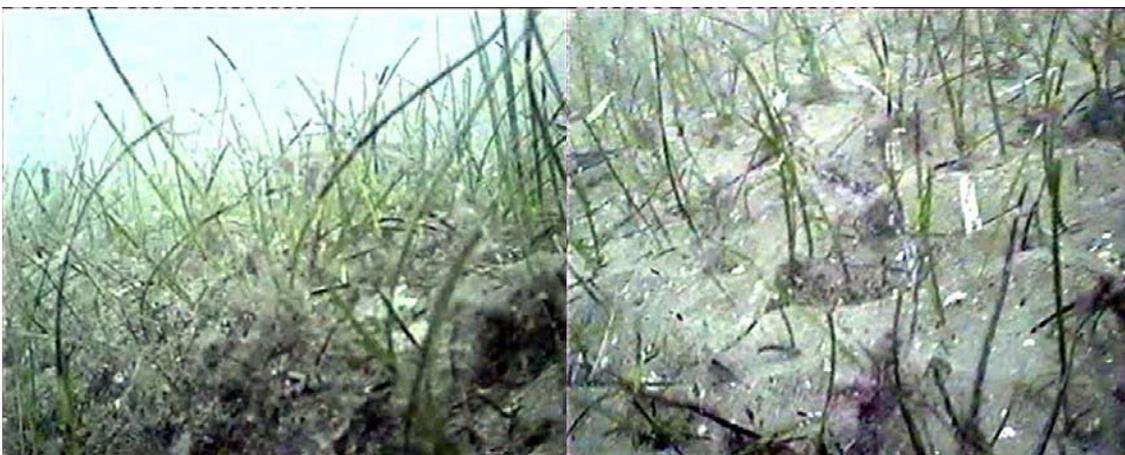
V.7. Césped de *Cymodocea nodosa*, próxima a su límite profundo, donde comienza la pradera de *Posidonia*. (Z = -14,8m).



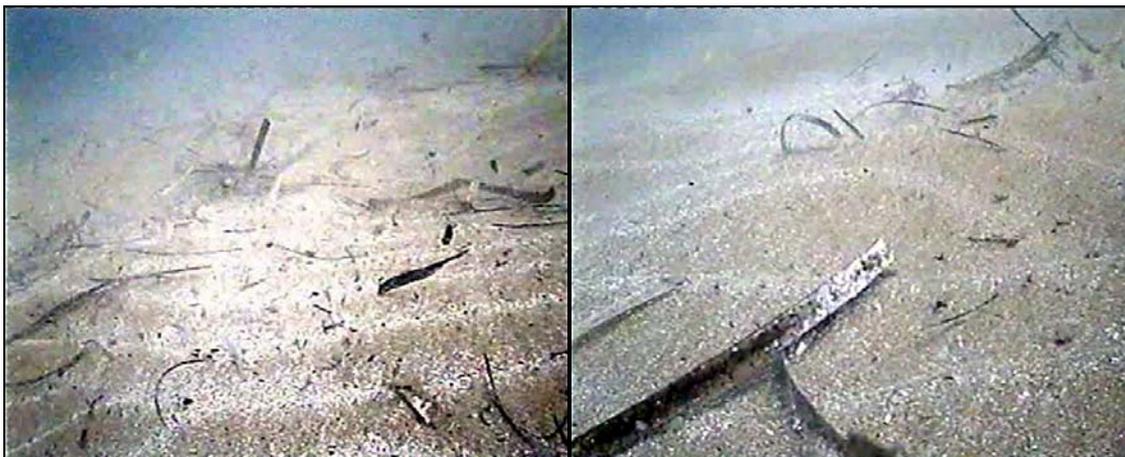
V.8. Arenas gruesas sometidas a corrientes de fondo. (Z = -19m)



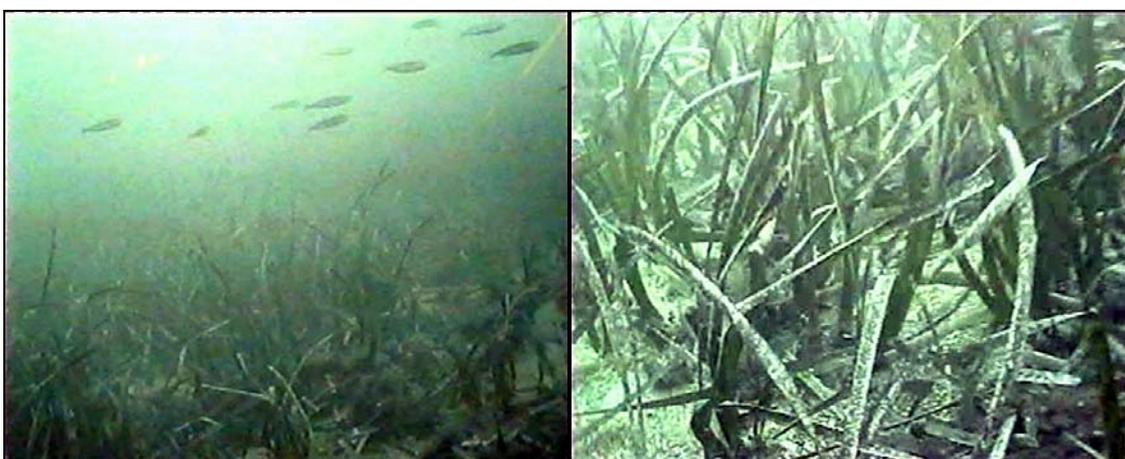
V.9. La primera imagen muestra una cubeta de arenas bien calibradas en el seno de la pradera de *Cymodocea nodosa*. En la siguiente imagen vemos un detalle de esta pradera.



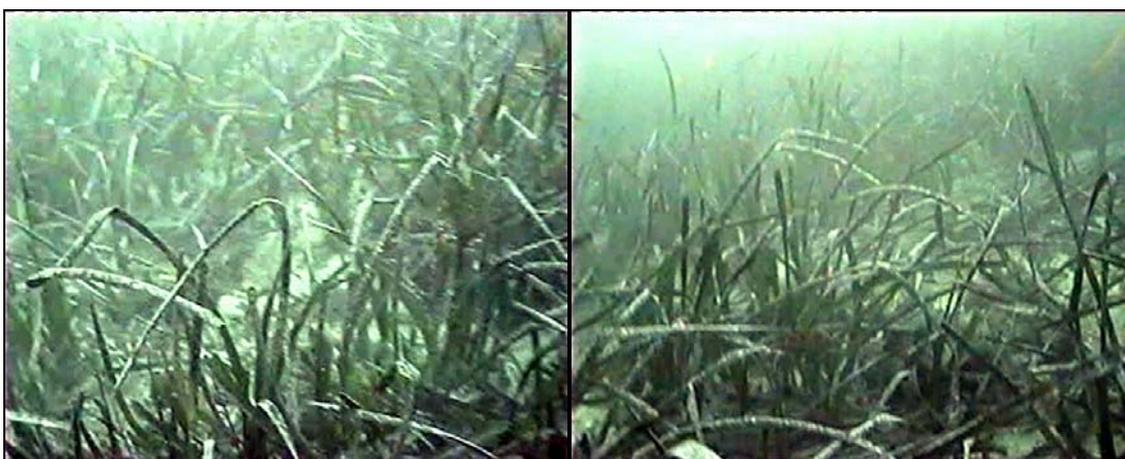
V.9. Detalle del aspecto del césped de *Cymodocea nodosa*, en el límite con una cubeta sedimentaria.(Z = -10,2m)



V.10. Arenas finas bien calibradas, con restos de hojas de *Posidonia*. A partir de esta profundidad comienza a aparecer un césped de *Cymodocea nodosa* disperso cuya densidad de haces se incrementa en torno a 7 u 8 m. (Z = -5,7m).



V.11. Pradera de *Posidonia oceanica* degradada a causa del efecto de la pesca de arrastre. Tanto en los registros de sonar como en los videos se han podido apreciar una serie de surcos originados por la erosión mecánica infringida por las puertas del arte. (Z = -23,2m).



V.11. La densidad de haces es relativamente baja debido a la relación existente entre densidad de haces y atenuación de la luz con la profundidad. Esta circunstancia se potencia debido a los efectos indirectos derivados del arrastre como es el incremento de los niveles de turbidez del agua y los procesos de hipersedimentación sobre la propia pradera.

ANEXO III. Imágenes SSS

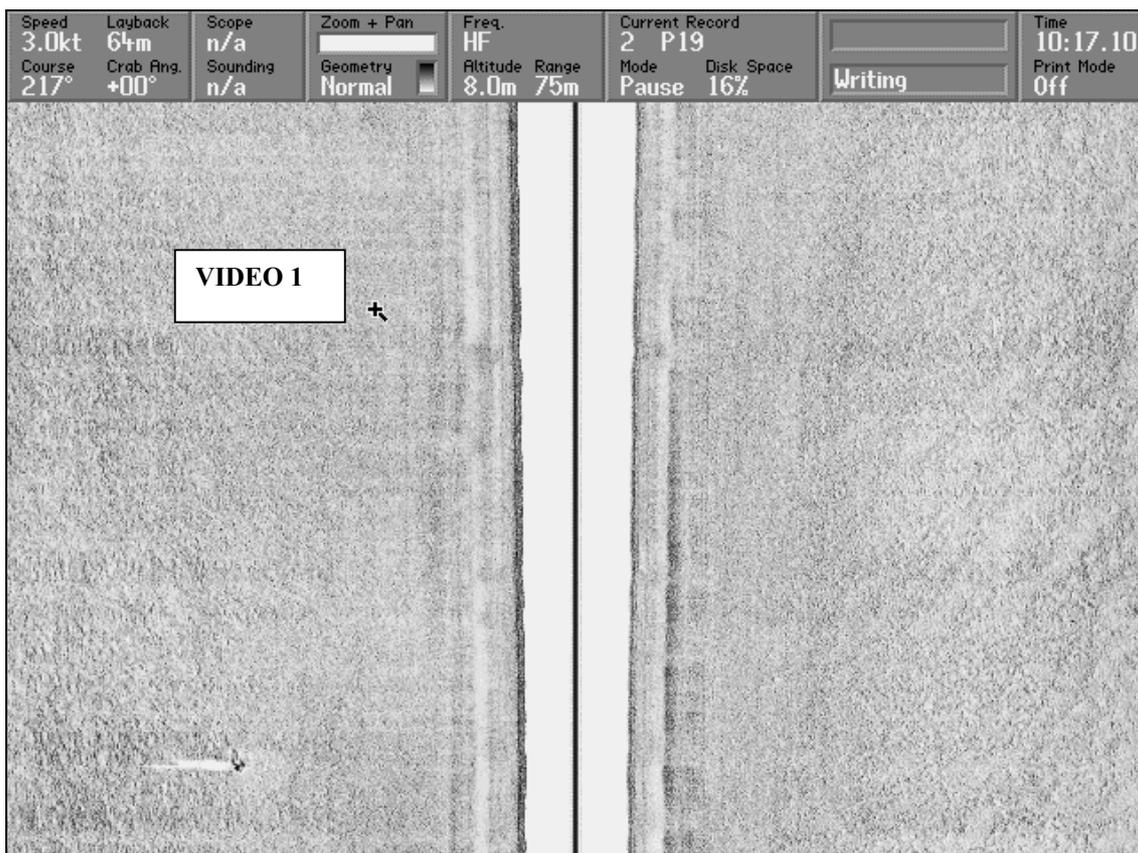


Imagen 1. Registro de sonar correspondiente a detrítico costero. A la izquierda se observa un módulo.
Posición del cursor (X – Y): 699593 – 4160546

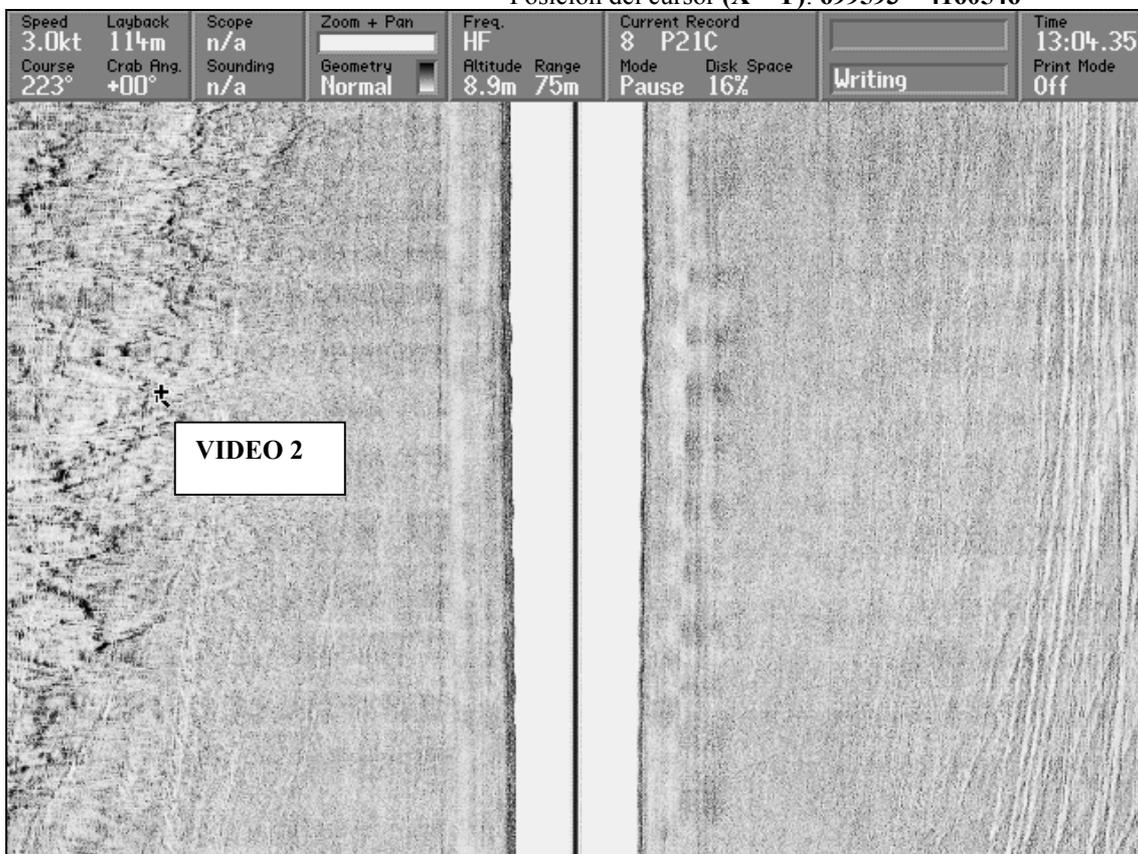


Imagen 2. Sonograma donde se aprecia el fondo de tipo detrítico. A la derecha se ven surcos de arrastre.
Posición del cursor (X – Y): 698330 – 4158466

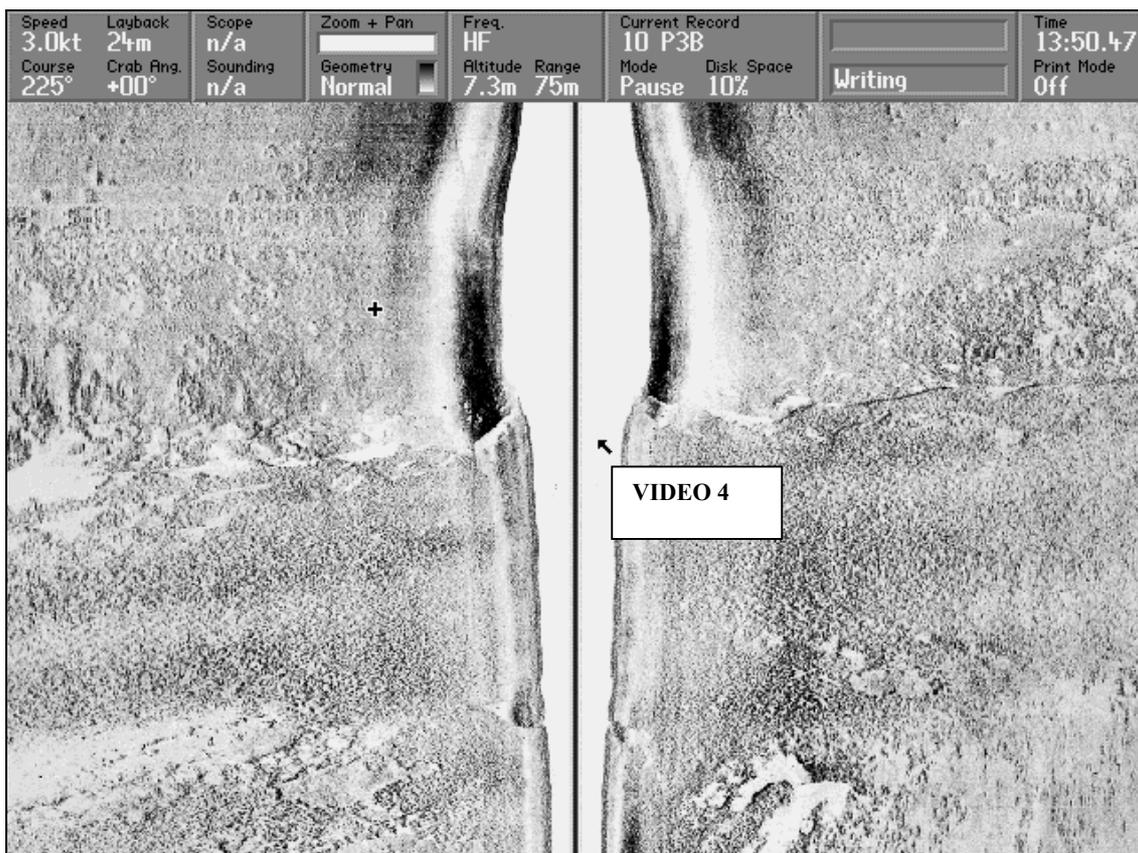


Imagen 3. Registro donde podemos apreciar el límite entre pradera continua (abajo) y mata muerta de *Posidonia oceanica*.
 Posición del cursor (X – Y): 696188 – 4159929

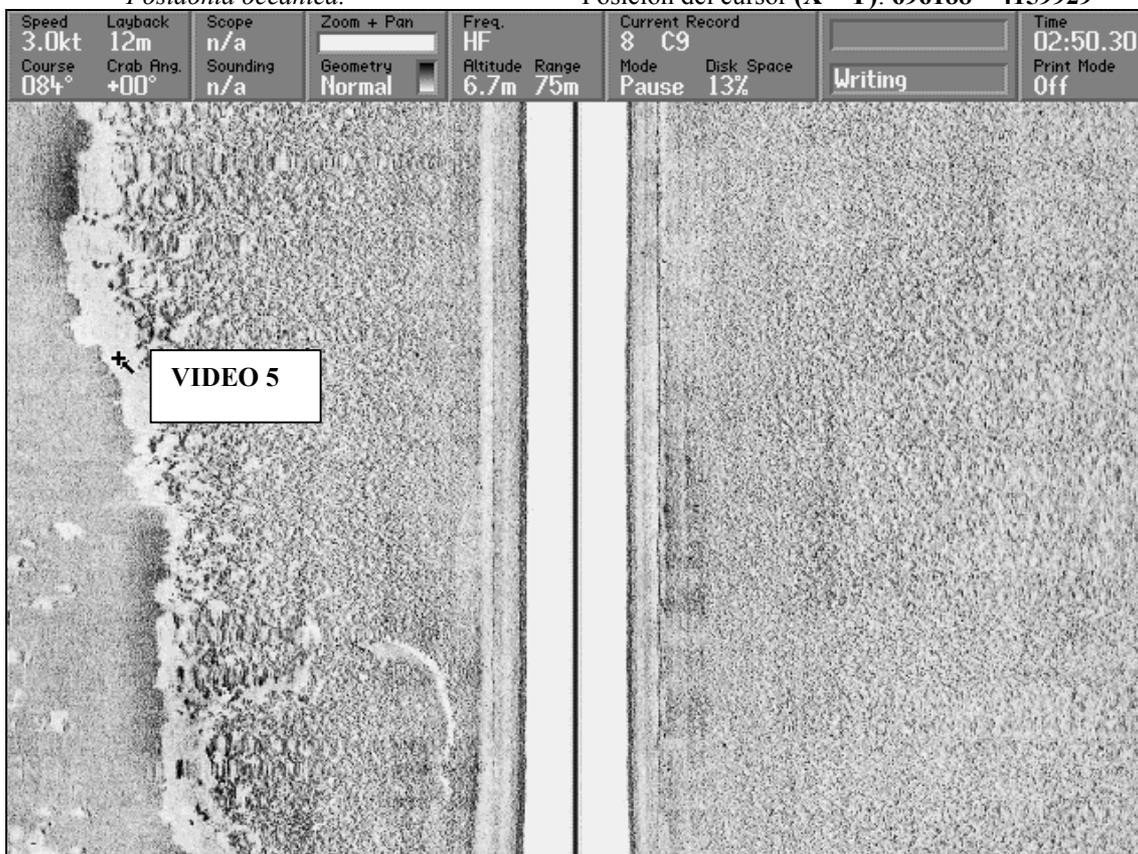


Imagen 4. A la izquierda se observa parte de una canal de fondo blando atravesando la pradera de *Posidonia oceanica*.
 Posición del cursor (X – Y): 695454 – 4162119

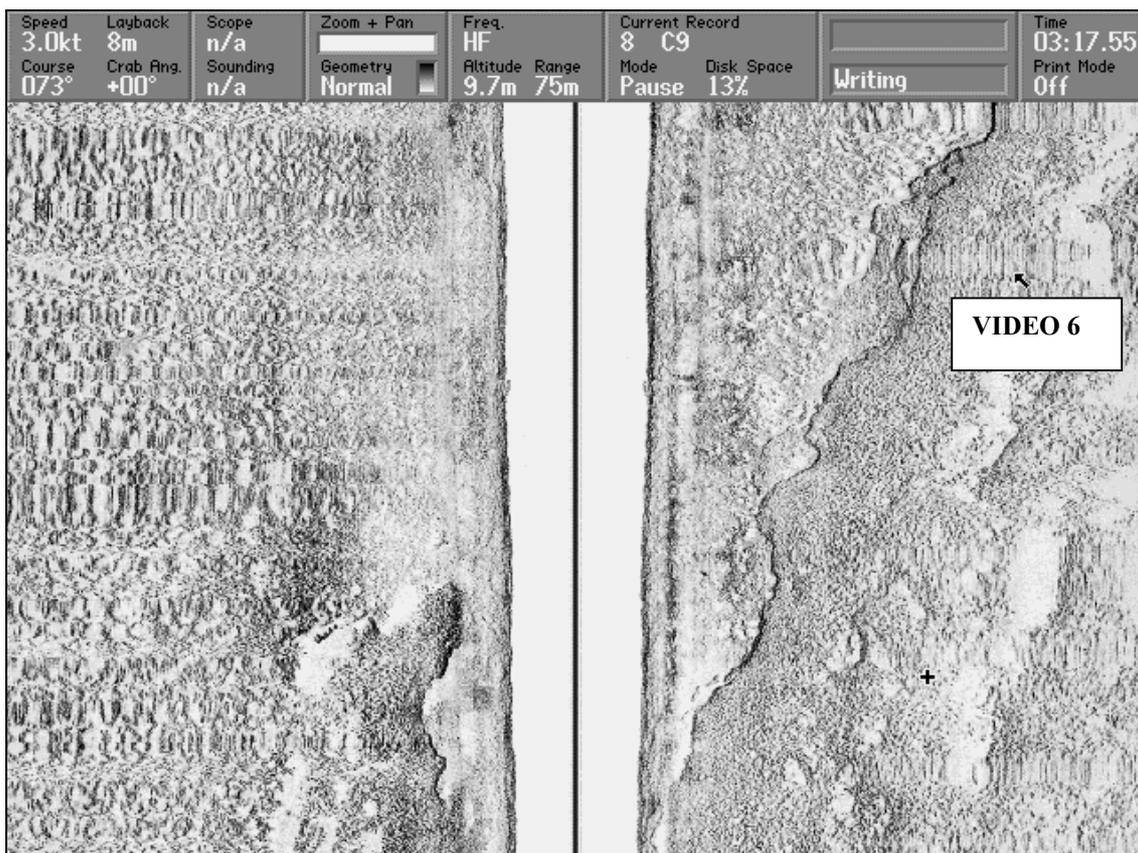


Imagen 5. Sonograma de *Posidonia oceanica*, presentando esta rizomas con distinto relieve.

Posición del cursor (X – Y): 698857 – 4162844

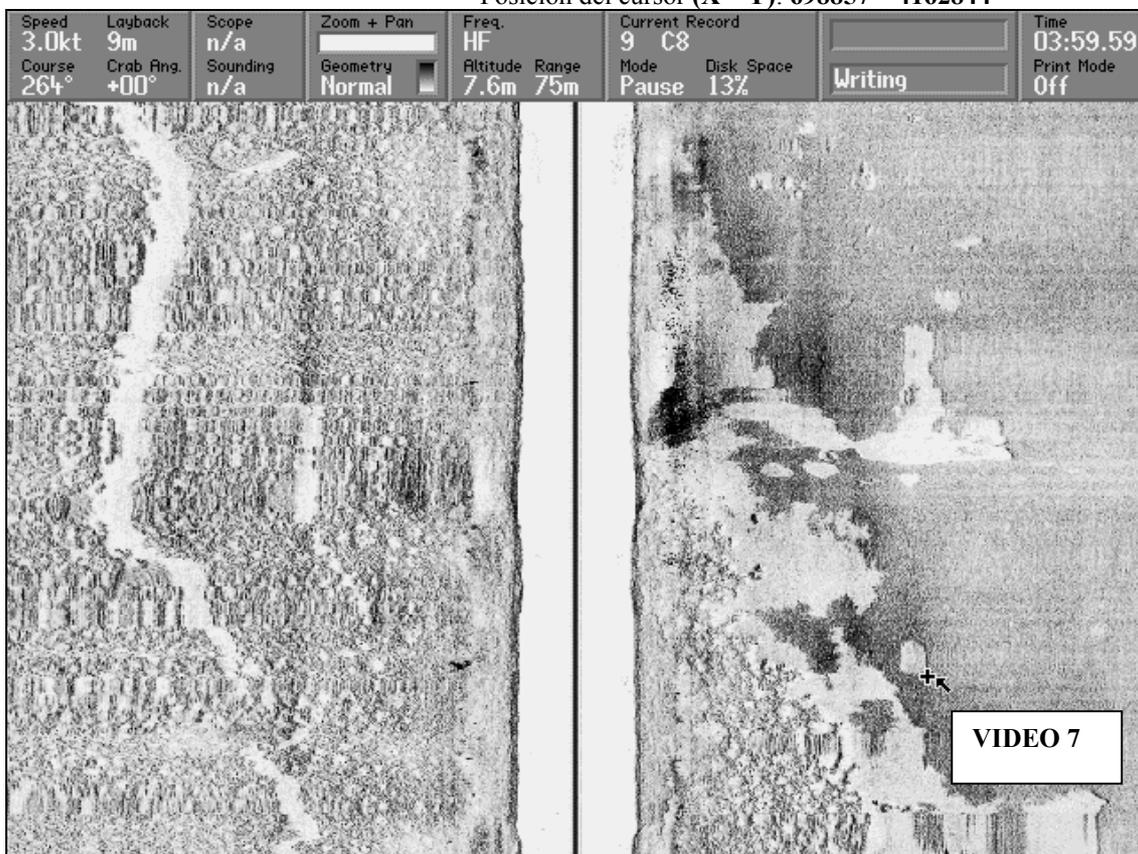


Imagen 6. Pradera de *Posidonia oceanica* a la izquierda y pradera de *Cymodocea nodosa*.

Posición del cursor (X – Y): 695943 – 4162362

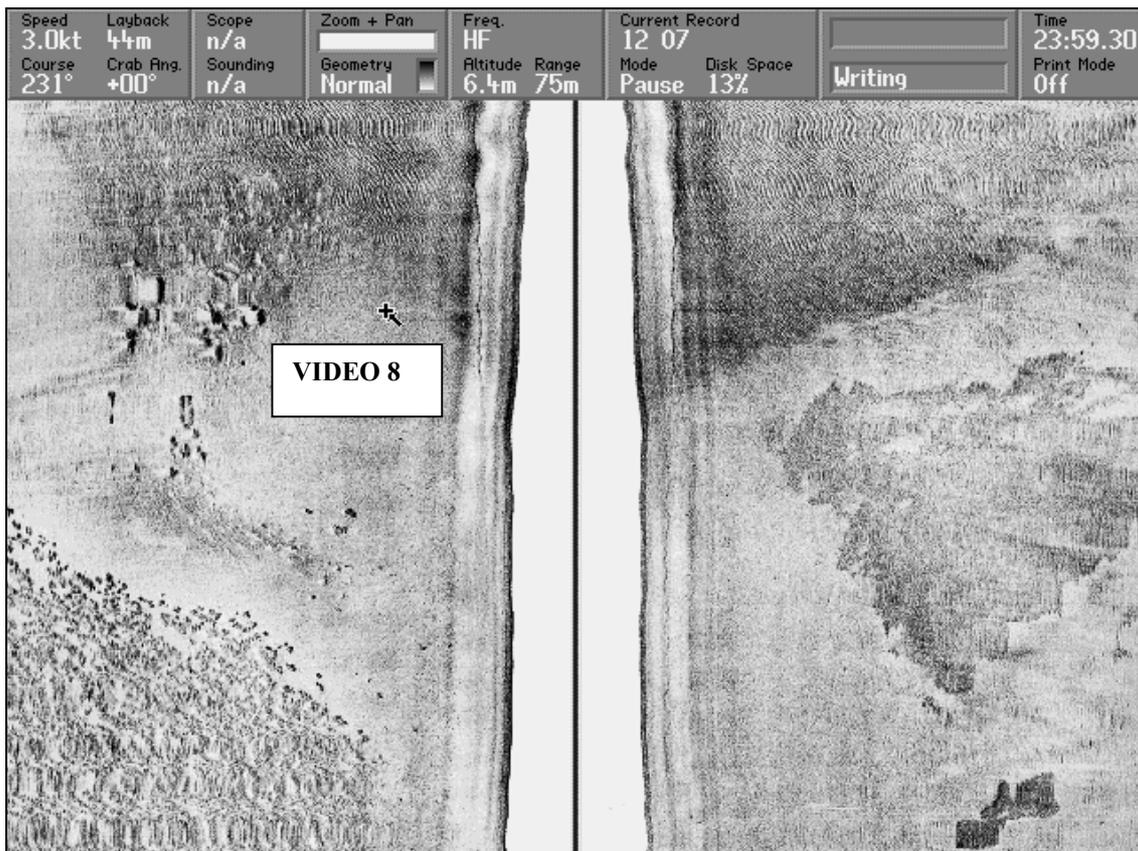


Imagen 7. Pradera continua de *Posidonia oceanica* (abajo izquierda), *C. nodosa* (derecha) y ripples marks (arriba)

Posición del cursor (X – Y): 693602 – 4161040

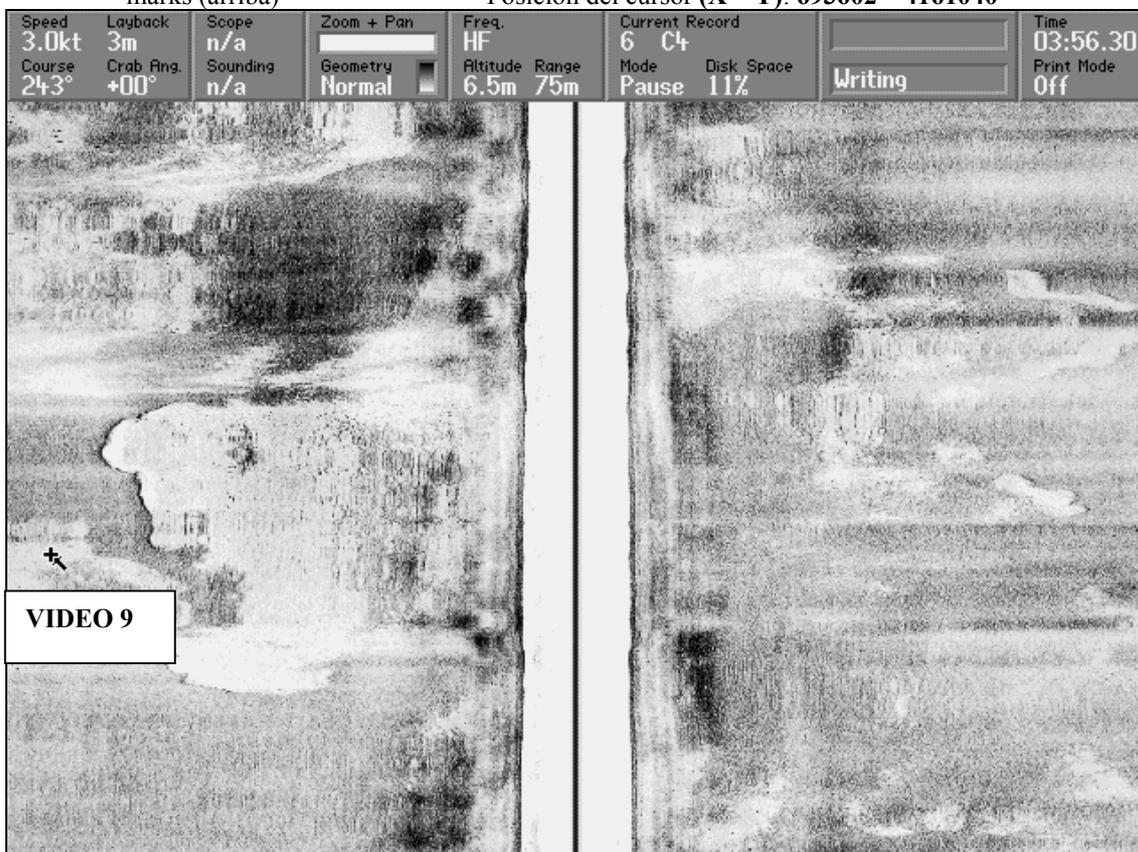


Imagen 8. Pradera de *Cymodocea nodosa* con cubetas de fondo blando sin la fanerógama.

Posición del cursor (X – Y): 695860 – 4162783

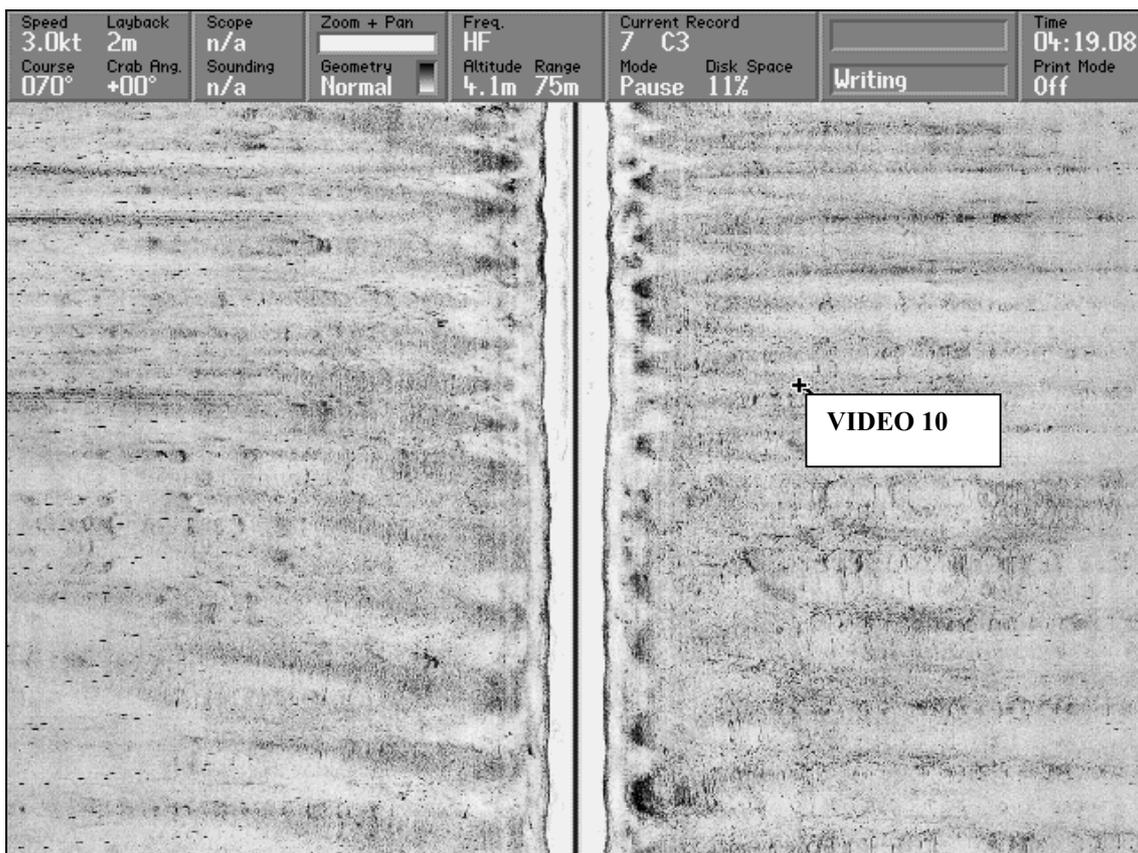


Imagen 9. Sonograma de fondo blando con *Cymodocea nodosa* dispersa (baja densidad de haces).
Posición del cursor (X - Y): 697849 - 4163497

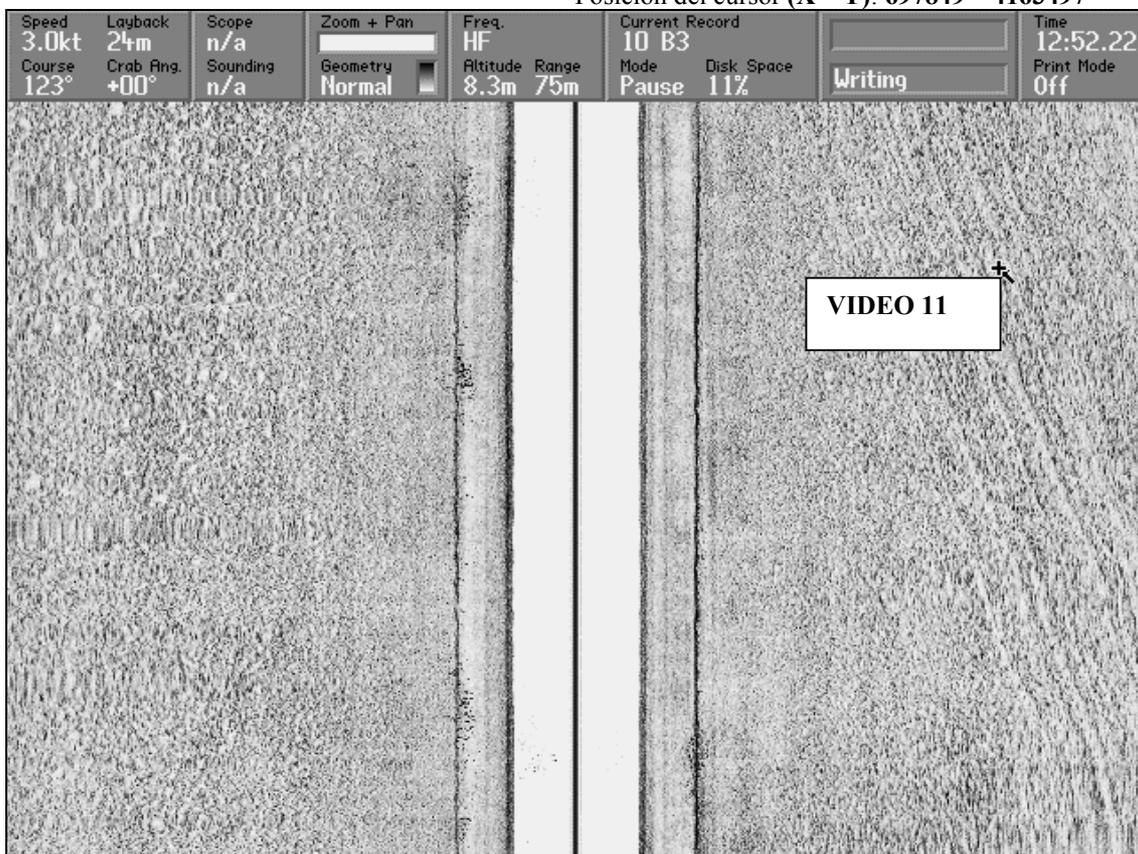


Imagen 10. Pradera de *Posidonia oceanica*. A la derecha se observan surcos de arrastre.
Posición del cursor (X - Y): 644721 - 4160401

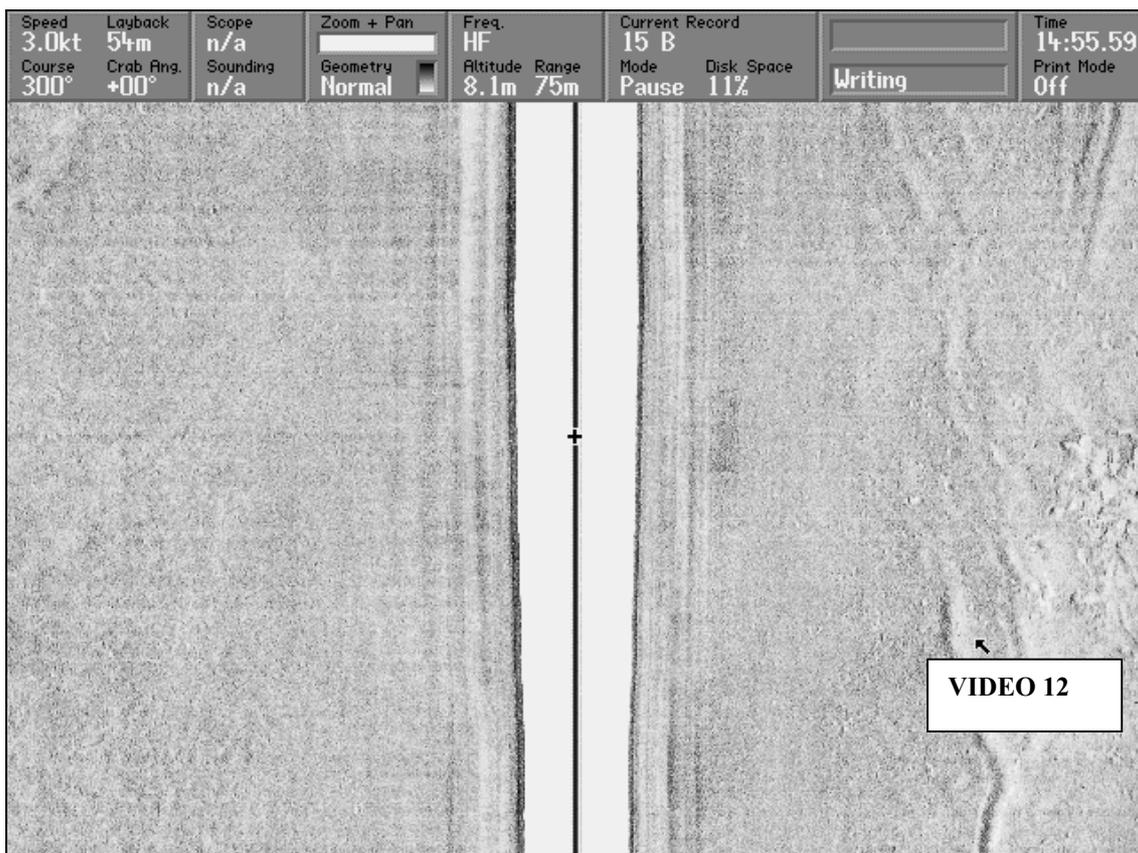


Imagen 11. Fondo detrítico. A la derecha se aprecia algo de mata muerta de *Posidonia oceanica*
Posición del cursor (X – Y): 649097 – 4160079



Imagen 12. Pradera de *Cymodocea nodosa* con cubetas de fondo blando sin la fanerógama.
Posición del cursor (X – Y): 693751 – 4162077

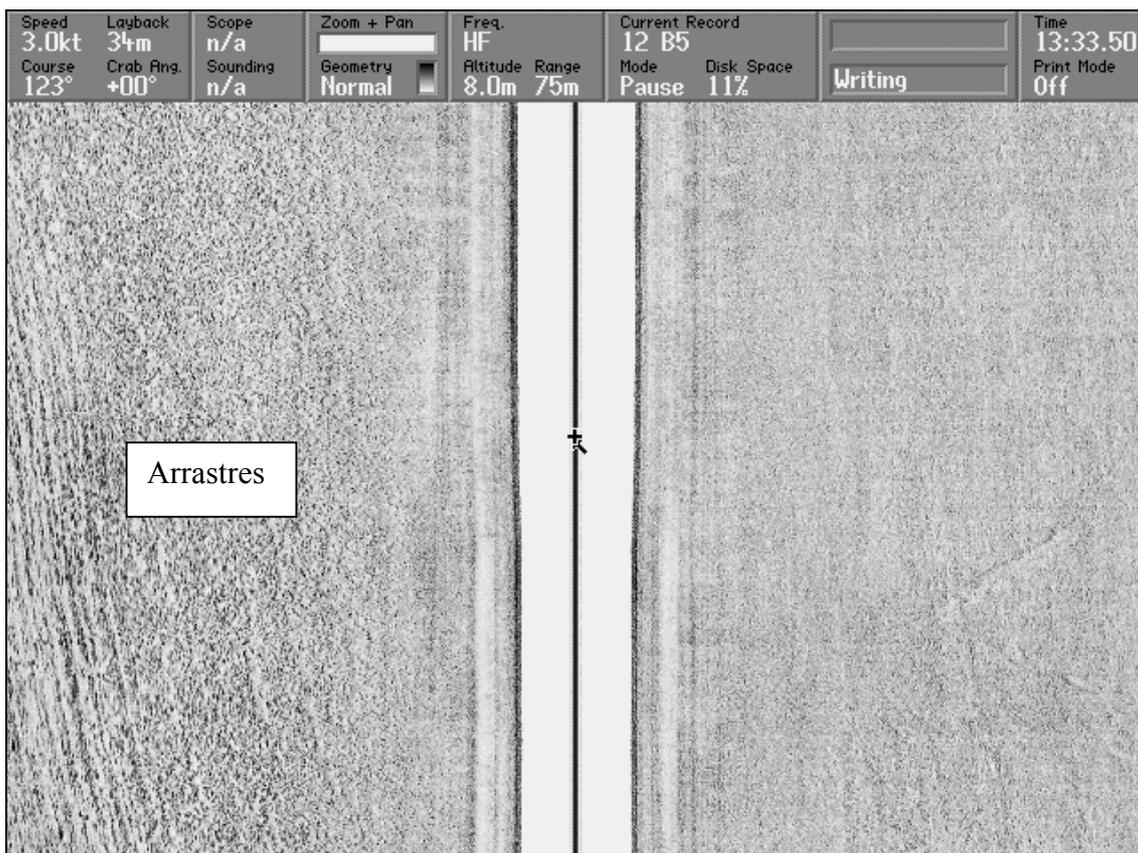


Imagen 13. A la izquierda límite *P. oceanica* con surcos marcados de arrastre. Fondo blando a la derecha.
 Posición del cursor (X – Y): 694143 – 4160481

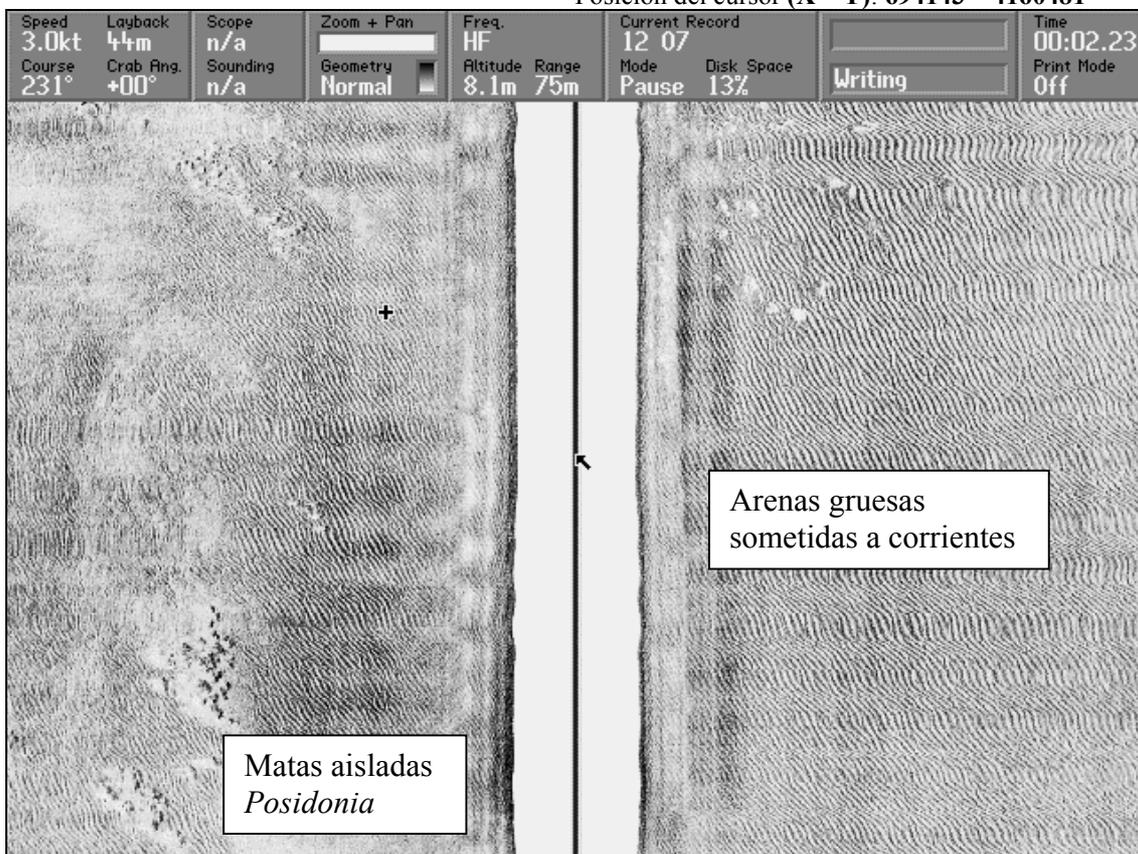


Imagen 14. Fondo de arenas gruesas sometidas a corrientes de fondo (ripples).
 Posición del cursor (X – Y): 693320 – 4160918

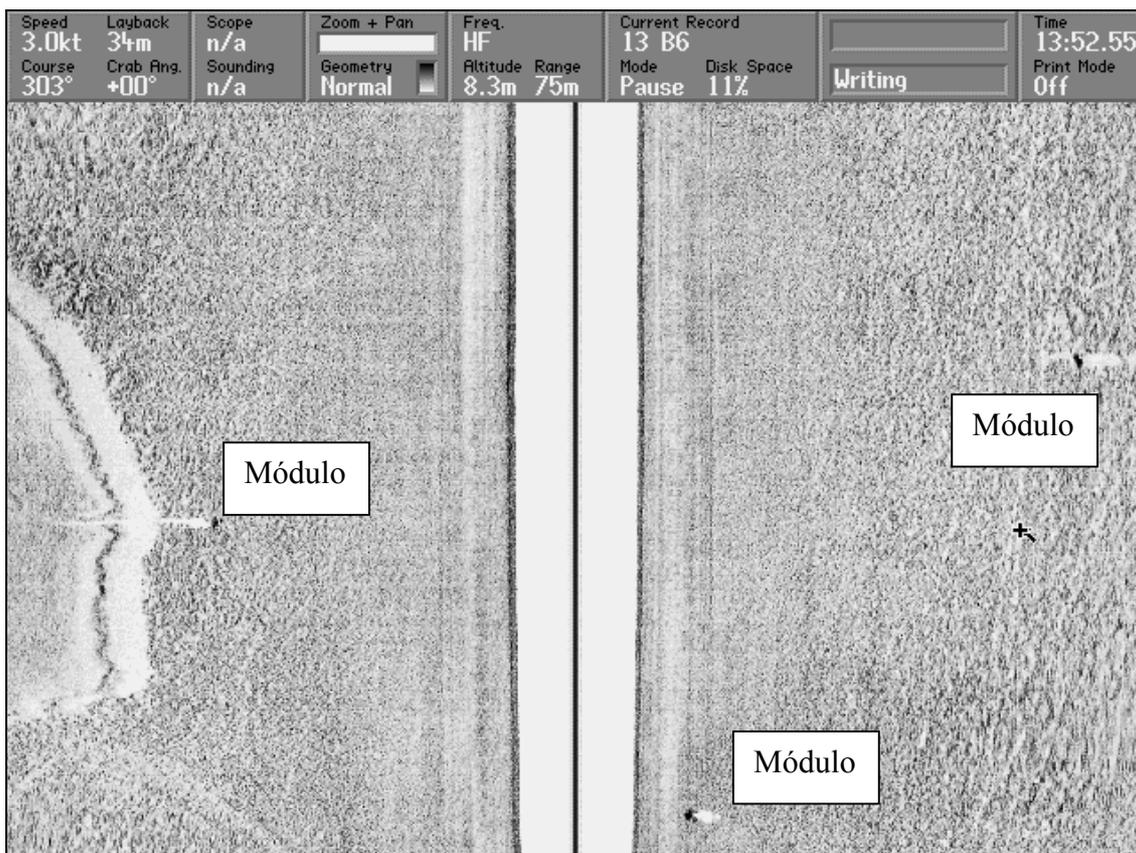


Imagen 15. A la izquierda límite *P. oceanica*. Se observan módulos sobre la pradera de *Posidonia*.

Posición del cursor (X – Y): 695186 – 4159774

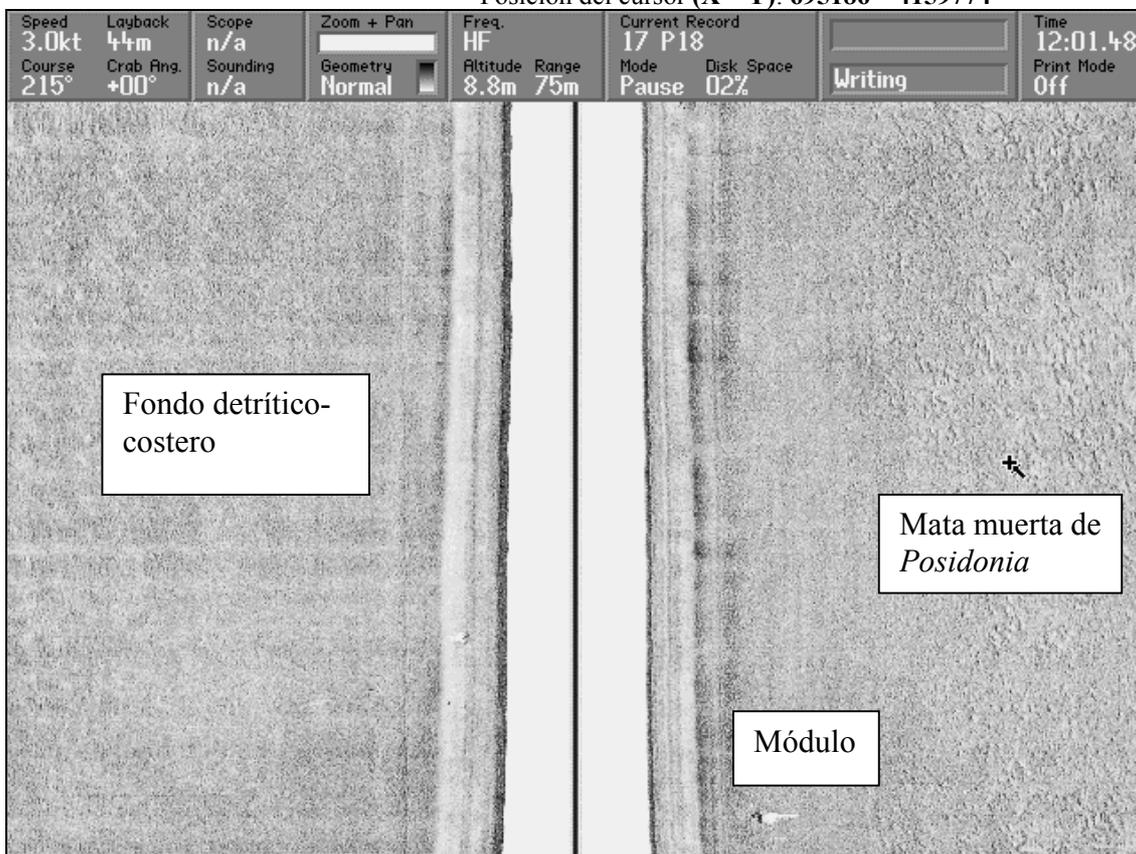


Imagen 16. Fondo detrítico. A la derecha la rugosidad es debida a mata muerta de *P. oceanica*.

Posición del cursor (X – Y): 700425 – 4161929



Imagen 17. Fondo detrítico. A la derecha se aprecia un módulo del arrecife artificial.

Posición del cursor (X – Y): 694487 – 4159079

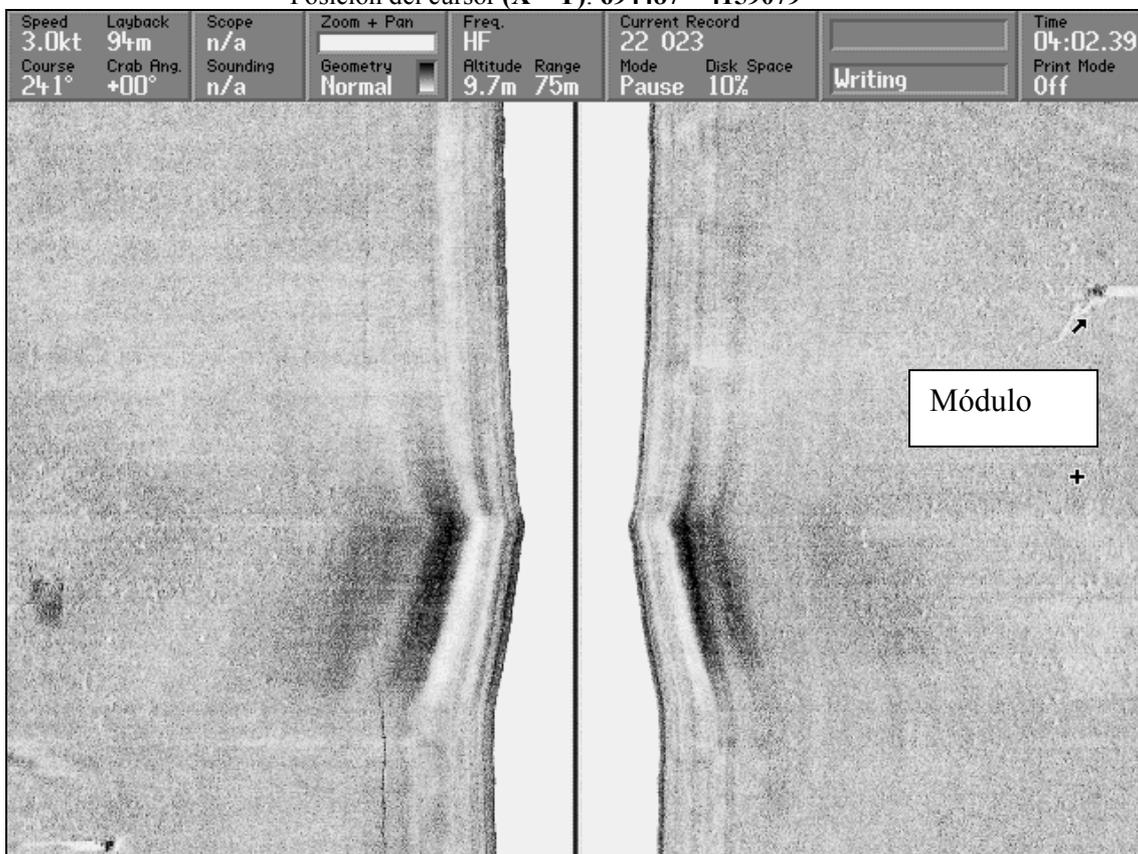


Imagen 18. Mismo módulo visto en el recorrido de al lado, y en sentido contrario.

Posición del cursor (X – Y): 694487 – 4159079