

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFIA

DINAMICA SEDIMENTARIA, SISMO-ESTRATIGRAFIA  
Y MORFOLOGIA DE LA ZONA LITORAL ENTRE EL  
GRAO DE CASTELLON Y BURRIANA

por

JUAN ACOSTA<sup>+</sup>, PEDRO HERRANZ<sup>+</sup>, JOSE L. SANZ<sup>+</sup> y CARLOS SAN GIL<sup>+</sup>

<sup>+</sup>Instituto Español de Oceanografía. Laboratorios Centrales.  
C/ Alcalá, 27. Madrid.

Original entregado en Septiembre de 1985.

Este informe debe ser citado con la referencia:  
Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr. N° 48 - 1986

#### RESUMEN

Se han realizado perfiles de sísmica continua por reflexión y ecosonda de precisión en la zona litoral comprendida entre el Grao de Castellón y Burriana.

Este trabajo describe la morfología y distribución sedimentaria de la zona litoral.

La presencia generalizada de sedimentos dispuestos horizontalmente, dentro de los cuales se localizan canales erosivos, así como la existencia de "barras" lineales sub-paralelas a la costa, muestran la incidencia de los efectos de las oscilaciones Cuaternarias en el modelado de estos hechos.

Los procesos deposicionales están controlados por el río Ebro y el Mijares como "fuentes" de sedimentos, en unión con la hidrodinámica de este área.

#### SUMMARY

High resolution continuous reflection profiles (3.5 KHz and UNIBOOM) as well as precision - deep recordings, has been done between el Grao de Castellón and Burriana.

This paper describes morphology and sediment distribution of the litoral zone.

The extensive nature of horizontally stratified sediments, and the presence of eroded tidal channels as well as linear bars, shows the incidence of the Quaternary events in modelling of such morphologic features.

Depositional processes are controlled by rio Ebro and rio Mijares like "source" of sediments in conjunction with the hydrodynamic circulation in this area.

## 1. INTRODUCCION

Dentro del programa de Planeamiento y Actuaciones en la Costa de la Dirección General de - Puertos y Costas, se encargó al Departamento de Geología Marina del I.E.O., el estudio de la zona litoral comprendida entre el Grao de Castellón y Burriana, cuyos objetivos específicos eran el estudio batimétrico detallado, y la prospección de arenas-gravas susceptibles de ser utilizadas en obras de defensa y regeneración de estas costas.

Como complemento a estos datos, el equipo de Geología Marina, realizó una serie de perfiles sonográficos del fondo marino, que aportan un conocimiento geomorfológico detallado de los distintos sectores estudiados, así como la toma de 121 muestras de sedimentos superficiales para conocimiento granulométrico y textural de las mismas.

El ámbito de la zona de trabajo estaba comprendido entre los 20-25 metros de profundidad y - la línea de costa.

Debemos considerar este tipo de trabajos de una aplicación práctica inmediata, como altamente interesantes, al producirse como producto secundario una serie de datos y conocimientos - geológicos y oceanográficos de nuestra plataforma, necesarios para un conocimiento y aprovechamiento de la misma desde múltiples perspectivas, siempre que dichos datos se encuadren - dentro de un plan sistemático, y estandarizando su elaboración (escalas, clasificaciones granulométricas, ámbito, etc.).

## 2. MATERIAL Y METODOS

La campaña marina se desarrolló a bordo del B/O Jafuda Cresques, durante el invierno de 1984.

Los equipos utilizados fueron:

- Sistema de radioposicionamiento SYLEDIS.
- Ecosonda de precisión ATLAS mod. ECHOGRAPH 620.
- Sistema sísmico de alta resolución O.R.E. mod. 1 036 (3.5 KHz).
- Sistema sísmico de media penetración (UNIBOOM mod. 230).
- Sonar de barrido lateral KLEIN mod. 402
- Draga de sedimentos superficiales marca SHIPECK.

### 2.1. Parametros de explotación.

#### 2.1.1. Sistema de radioposicionamiento.

Se situaron dos antenas-emisoras en los extremos de la zona de trabajo (Grao de Castellón y Burriana) sobre edificios en los que por su altura, ausencia de obstáculos entre líneas de base y zonas de "sombra" fueron los óptimos para la cobertura total del área estudiada.

Las coordenadas U.T.M. de ambas emisoras eran:

- Emisora B (Burriana) X= 750 642 , Y= 4 417 271
- Emisora C (Castellón) X= 757 375 , Y= 4 429 225

#### 2.1.2. Ecosonda de precisión.

Para la realización de los perfiles batimétricos se utilizó un ecosonda con un transductor adosado al casco a 1.2 metros de la línea de flotación. Este factor fue corregido mediante un retraso en la señal procesada por el registrador gráfico de precisión marca E.D.O., en el que se trabajó a una escala de 50 metros y anchura de papel de 40.5 cm.

#### 2.1.3. Sistema sísmico de alta resolución.

Se utilizó un equipo O.R.E. operando a 3.5 KHz y 10 kw de potencia, el pulso de disparo era variable en función de las características del fondo marino (.1, .3, y .5), se registró con un registrador analógico E.P.C. 3 200 con velocidad de papel de 150, escala 1/8 de segundo - y una anchura de papel de 48.5 cm.

#### 2.1.4. Sistema UNIBOOM.

Emisor: catamarán EG&G.

Hidrófono: EG&G de 8 elementos.  
Potencia de emisión: 300 julios.  
Escala: 1/8 de segundo.  
Filtros: 400-2 500 Hz.  
Registrador: E.P.C. 3 200.  
Velocidad papel: 150  
Polaridad: positiva.

#### 2.1.5. Sonar de barrido lateral.

El fundamento de este equipo, que produce una visión en planta del fondo marino con gran detalle, y abarcando hasta 500 metros a cada banda del buque, ha sido ya descrito en otros trabajos.

Sistema: Klein mod. 402.  
Frecuencia de emisión: 100 KHz.  
Escala: 100, 50 metros por banda.  
Velocidad-papel: 50 líneas/cm.  
Anchura-papel: 28 cm. (12.7 cada canal).  
Lineas de escala: 15 metros.

#### 2.2. Objetivos y zona de trabajo.

Dentro del término genérico "protección de costas" se deben considerar varios factores al analizar el problema, tales como: factores hidráulicos (viento, oleaje, corrientes, mareas, efectos de corrientes y conocimiento básico de la batimetría de la zona); factores sedimentológicos (que incluyen materiales litorales, velocidad de transporte, y clasificación sedimentológica y sus características), y otros factores, como navegación, protección de estructuras, factores legales, de medio ambiente, económicos, incidencia en zonas costeras emergidas, etc.

Los objetivos específicos de este trabajo eran el estudio batimétrico detallado de la zona, y la prospección de áreas en las que existan arenas, susceptibles de ser utilizadas en las obras de defensa y regeneración de estas costas.

El estudio se efectuó dentro de los límites antes mencionados, desde una profundidad de 25 metros hasta la profundidad mínima exigida por seguridad en la navegación.

La red de perfiles batimétricos y sísmicos se realizó con un espaciado de 50 metros, efectuándose asimismo perfiles longitudinales paralelos a costa, sobre los 5 y 35 metros.

Como resultado de estos trabajos, se han elaborado los diferentes mapas batimétricos, de isopacas y de respuesta sísmica.

Asimismo, y como complemento a la información solicitada, se realizaron una serie de perfiles de sonar de barrido lateral (side-scan-sonar) en cada uno de los "segmentos" en que estaba dividida la zona de estudio, para aportar el conocimiento geomorfológico detallado de cada tipo de respuesta sísmica y batimétrica. Por último, se obtuvieron muestras de sedimentos marinos superficiales, con el fin de una vez analizadas, tener un conocimiento textural y granulométrico de las mismas.

##### 2.2.1. Zona de trabajo.

Para la realización de los trabajos, y dada la escala de los mismos (1: 3 000), se dividió la zona de estudio en 15 segmentos parciales, correspondientes a planos de "plotter" Syledis con sus correspondientes zonas de solape (figura 1). Estos segmentos comienzan con el número 1, correspondiente al de Grao de Castellón y terminan en el 15 correspondiente al sur del Grao de Burriana.

En cada segmento se realizaron perfiles sísmicos y batimétricos cada 50 metros, en dirección perpendicular a la costa, totalizando en los 15 segmentos 1 477 km de perfiles batimétricos, 1 477 km de sísmica de alta resolución (3.5 KHz) y 738 km de sísmica de media penetración (UNIBOOM); asimismo se han realizado 92.3 km de sonar de barrido lateral y 121 muestras de fondo.

### 3. RESULTADOS

La zona de estudio, está influenciada fundamentalmente por los aportes sedimentarios de los rios Ebro y Mijares y la intensa dinámica marina, con una clara deriva litoral Norte-Sur.

Los fenómenos observados, tanto morfológicos como sedimentarios están pues condicionados por estos factores actuales que se superponen al modelado Cuaternario.

El mar durante la época Cuaternaria, ha sufrido fuertes ascensos y descensos de nivel, como consecuencia de los periodos glaciares, produciéndose oscilaciones eustáticas que han marcado los rasgos morfológicos y geológicos de las plataformas continentales. Sobre todo, en su última etapa, la transgresión Flandriense, ha sido la responsable del modelado actual del "basamento" sobre el que descansan los depósitos actuales no consolidados (HOLOCENO).

Batimétricamente, no se presentan grandes irregularidades, tratandose de una plataforma interna sin afloramientos rocosos ni basamentos consolidados aflorantes.

La zona se puede dividir en dos grandes áreas: Norte (desde el rio Mijares al Grao de Castellón) en la que se presentan fondos con veriles muy sinuosos, fondos irregulares, debidos a la presencia de campos de algas y formaciones sedimentarias poco importantes (+ 1 metro). (figura 2).

Se debe hacer notar, que esta representación batimétrica cae casi dentro de una "microfisiografía" del fondo, dada la escala de trabajo (1: 3 000), la del registro (50 metros en papel de 19 pulgadas), etc.

En esta parte Norte, donde la influencia sedimentaria es menor, predomina la erosión y transporte sobre la sedimentación, y se presentan escarpes, surcos y elevaciones que están reflejados en las curvas formando cordones y barras paralelas a costa (figura 2), habiéndose determinado las mismas a tres cotas fundamentalmente: 9-12 m, 14-16 m y 18-22 metros. Estas barras, pueden corresponder a episodios de "estacionamiento" dentro de la transgresión Flandriense, que no actuó de forma continuada en el Mediterraneo Occidental, y produjeron esta serie de hechos morfológicos y litológicos.

La zona Sur (desde el rio Mijares al sur del Grao de Burriana).

En esta zona se observa, que según se progresa hacia el Sur, se va perdiendo el caracter erosivo de los fondos, predominando la sedimentación, lo que se traduce en aplaceramientos de las curvas por aterramiento de los resaltes morfológicos tanto heredados como debidos a la dinámica actual (figura 3).

En general, en esta parte, y hasta el límite de la zona, los fondos se presentan suaves, planos y sin relieves de importancia, siendo únicamente las formaciones sedimentarias de escala media (megarriples, barras) y las formaciones de origen biológico (campos de algas), las que dan lugar a aspectos muy locales, representados en los mapas de respuesta sísmica (Mapas 1 y 2).

Del estudio sísmico se pueden sacar las siguientes conclusiones:

1.- A partir de los registros de media penetración, toda la zona corresponde a materiales sedimentarios no consolidados o semi-consolidados, estando la penetración únicamente limitada por la presencia de la primera múltiple de fondo.

2.- De los registros sísmicos de alta resolución se deduce la presencia de cubetas y recubrimientos sedimentarios de materiales recientes no consolidados que podemos agrupar en varios ámbitos.

- Zona litoral.

Se trata de recubrimientos de poca importancia, que forman parte de playas sumergidas o aportes litorales. Debemos destacar el presente en los segmentos 4 y 5 (1 680 metros en línea de

costa x 1 200 metros mar afuera) por su posible importancia para los fines del proyecto.

Dentro de este ámbito debemos destacar la presencia de las barras arenosas de entrada a los puertos de Castellón y Burriana, que por volumen de sedimentos, cercanía a costa, y beneficio asociado a un eventual dragado de las mismas pueden ser objetivo de una extracción de arena en las mismas.

- Cubeta Mijares.

Generada por los sedimentos aportados por el río Mijares, distribuidos por la dinámica marina hacia el S E en forma de "abanico submarino". Por su importancia en cuanto a extensión y volumen de sedimentos, consideramos prioritaria la consideración de este conjunto sedimentario como posible zona de extracción.

- Formaciones externas.

En el límite exterior del área de estudio, se inicia el desarrollo de recubrimientos de materiales no consolidados, con aumentos de potencias mar afuera. Deben corresponder a los sedimentos aportados por deriva litoral, constituyentes de las cuencas de arenas-fangos de la plataforma media de esta zona del Levante Español. Su extensión es limitada, siendo la profundidad a que se encuentran, excesiva para un posible aprovechamiento.

Los planos de respuesta sísmica, basados en el equipo de alta resolución, delimitan básicamente las zonas de sedimentos no consolidados (arenas-limos) y las zonas que por su mayor granulometría, compactación y/o presencia de algas en superficie impiden la penetración al sistema de 3.5 KHz (mapas 1 y 2).

Es interesante resaltar, que las zonas donde se han desarrollado campos de algas, presentan una fracción organógena asociada importante (bivalvos, gasterópodos, equinodermos, etc.) - apuntando además, que en caso de ser algas "coralineáceas" (litotamium, Jania y coralinas) se aporta una muy importante fracción de carbonatos al sedimento. Este hecho, comprobado por las muestras de superficie, se corrobora en los registros sísmicos, al observar en los perfiles de UNIBOOM un fondo irregular, bajo el cual se aprecian unos metros de características caóticas, sin reflectores claros, con difracciones que consideramos debe obedecer a las fracciones organógenas-calcáreas asociadas a las algas.

Bajo estos primeros metros; aparecen reflectores continuos y claros sobre los que se apoyan, debiendo ser un "basamento" de arenas-gravas.

En consecuencia, de ser necesario este tipo de materiales subyacentes, se podría considerar la posibilidad de "limpiar" estos primeros metros con algas, conchas y calcáreos y extraer - las arenas-gravas subyacentes.

En cuanto a las zonas marcadas como "penetrables" se trata de sedimentos finos actuales, con morfología limpia y suave en superficie, que se apoyan sobre una base Pleistocena-Holoceno inferior, sobre la que se han desarrollado paleocauces (zona sur) (figura 4), y que estarán constituidos por arenas-gravas que se presentan aflorantes o sub-aflorantes en la zona Norte.

En cuanto al estudio sedimentológico se pueden apuntar las siguientes conclusiones:

- Sector N (Castellón de la Plana).

Se han separado tres zonas, una de sedimentos arenosos pobres en fracción grava, otro de arenas gravosas y otra de escasas muestras con algunas gravas y lutitas.

Las arenas se distribuyen en una franja paralela a la costa inmediata y en otra más alejada hacia el E.

Se observa una flecha arenosa en la zona N de este sector, que se extiende desde el puerto - de El Grao hacia el S.

Existe una corriente costera paralela a la costa de dirección N-S.

Las arenas de grano fino a muy fino, son las mejor seleccionadas y están distribuidas en la franja más próxima a la costa paralela a la misma, mientras que las de grano más grueso están peor seleccionadas y más alejadas de la costa.

- Sector S (Burriana).

Se separan dos grandes áreas, una de sedimentos arenosos pobres en fracción grava y otra de arenas gravosas, situada al S de este sector y alargada en dirección N-S.

Las arenas pobres en gravas tienen, en general, modas en las fracciones de grano fino y muy fino, y están muy bien seleccionadas, mientras que las arenas gravosas tienen modas en fracciones más gruesas y están peor seleccionadas.

En general, los sedimentos de la franja más próxima a la costa indican una energía baja y constante, y los más alejados a la costa, una energía más alta y con mayor variabilidad.

#### 4. DISCUSION

La zona estudiada se enmarca dentro de la plataforma continental del Mediterráneo Español, y como tal tiene características comunes tanto de génesis como de evolución sedimentaria con otras zonas estudiadas por nosotros (golfo de Valencia, golfo de San Jorge, etc.).

La génesis y dinámica sedimentaria de la zona está condicionada por la historia Cuaternaria en el Mediterráneo Occidental, y dentro de esta en sus últimos episodios (HOLOCENO).

Esquemáticamente podemos decir que aparecen series basales gruesas (alta reflectividad, no penetrables por el S.P.S. 3.5 KHz) (figura 5), que presentan sobre todo en el límite norte de la zona morfologías aflorantes a sub-aflorantes bien desarrolladas en forma de barras, escarpes, etc. cuya geometría y reflectores internos recuerdan los "swash bar", siendo posiblemente restos de antiguas líneas de costa, producidas durante los fenómenos de oscilación eustática Cuaternarias.

Sobre esta serie inferior, se depositan los sedimentos holocenos producidos durante la última transgresión (flandriense  $\sim$  16 000 años B P).

Esta transgresión, que en el Mediterráneo no se produjo de una manera continua, es la responsable de la cobertera de sedimentos no consolidados que se detectan en la zona y son penetrables en general por el equipo de alta resolución, y que dan lugar a los depósitos de arena-fango relictos, sobre todo en la parte externa del área de estudio.

Por último y de una forma más local, debemos hacer constar tres factores que afectan a la disposición sedimentaria en la zona:

- 1.- Transporte litoral general de arenas de Norte a Sur y Bypassing de fangos hacia la plataforma externa.
- 2.- Influencia del río Ebro como "generador" de sedimentos y más localmente del río Mijares, que incide en la división en dos zonas del área estudiada por sus diferencias morfológicas y sedimentarias.
- 3.- Presencia en el área de estudio de importantes campos de algas, con sus consecuencias - en cuanto a generación de carbonatos, concreciones, etc., unido a la existencia de áreas - extensas de sedimentos organógenos (restos de conchas, briozoos, moluscos, etc.).

## 5. AGRADECIMIENTOS

Han sido muchas personas e instituciones las que han permitido llevar a cabo este trabajo, durante los dos largos y duros meses en que realizamos la campaña marina.

En primer lugar a la tripulación del B/O Jafuda Cresques, D. Enrique López Durá, patrón; - D. Francisco Delgado Bueno, motorista y D. Clemente López Gómez marinerero, su profesionalidad y sacrificio.

A los Directores de los clubes náuticos de Castellón y Burriana su ayuda desinteresada, - amabilidad y apoyo logístico.

A la Dirección del puerto de Castellón, a la Jefatura de Puertos y Costas, a las autoridades de Marina, a las Comunidades de Propietarios de los edificios del Grao de Castellón y Grao - de Burriana, donde instalamos las emisoras de radionavegación.

A nuestros compañeros del Laboratorio de Fuengirola su ayuda en la campaña marina, y a Fernando Pérez de la Torre Crespo por la delineación.

A todos, agradecerles su colaboración tan entusiasta como desinteresada.



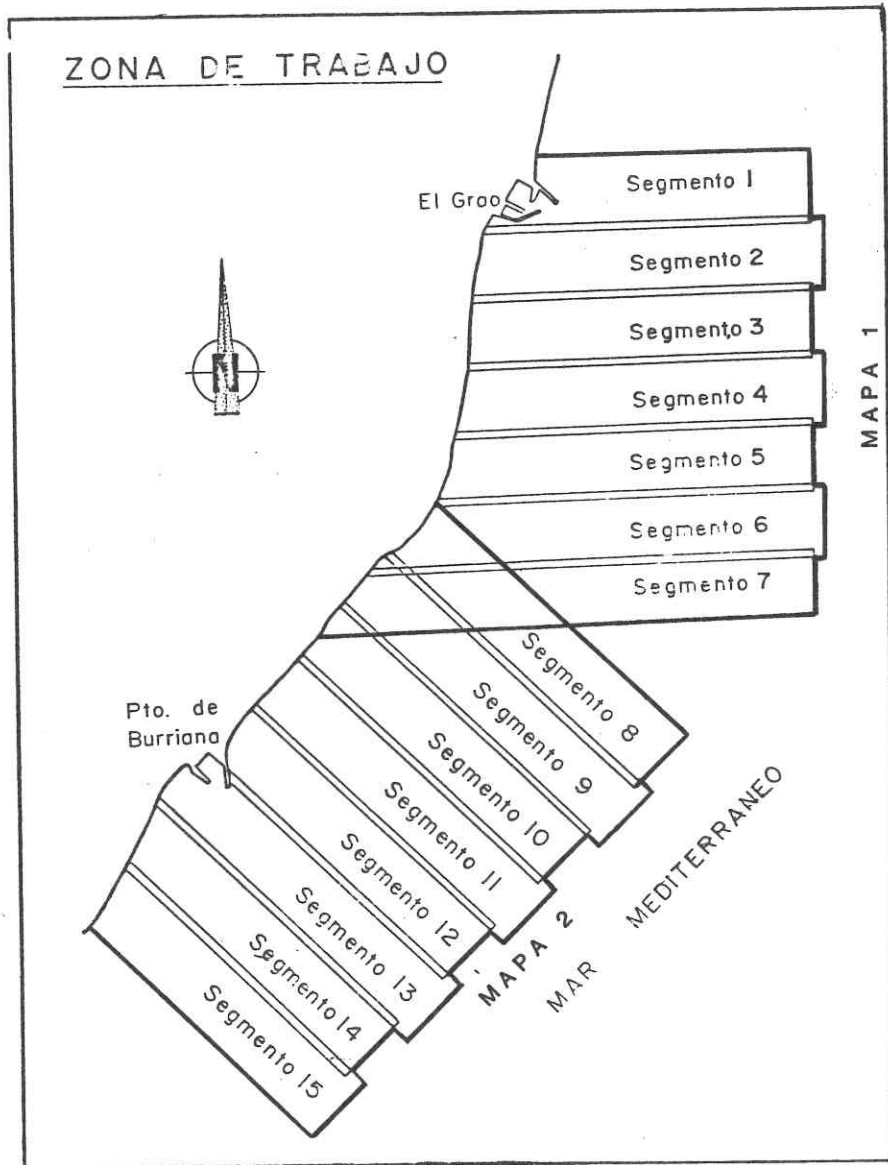


FIGURA 1

PERFIL S-3-9

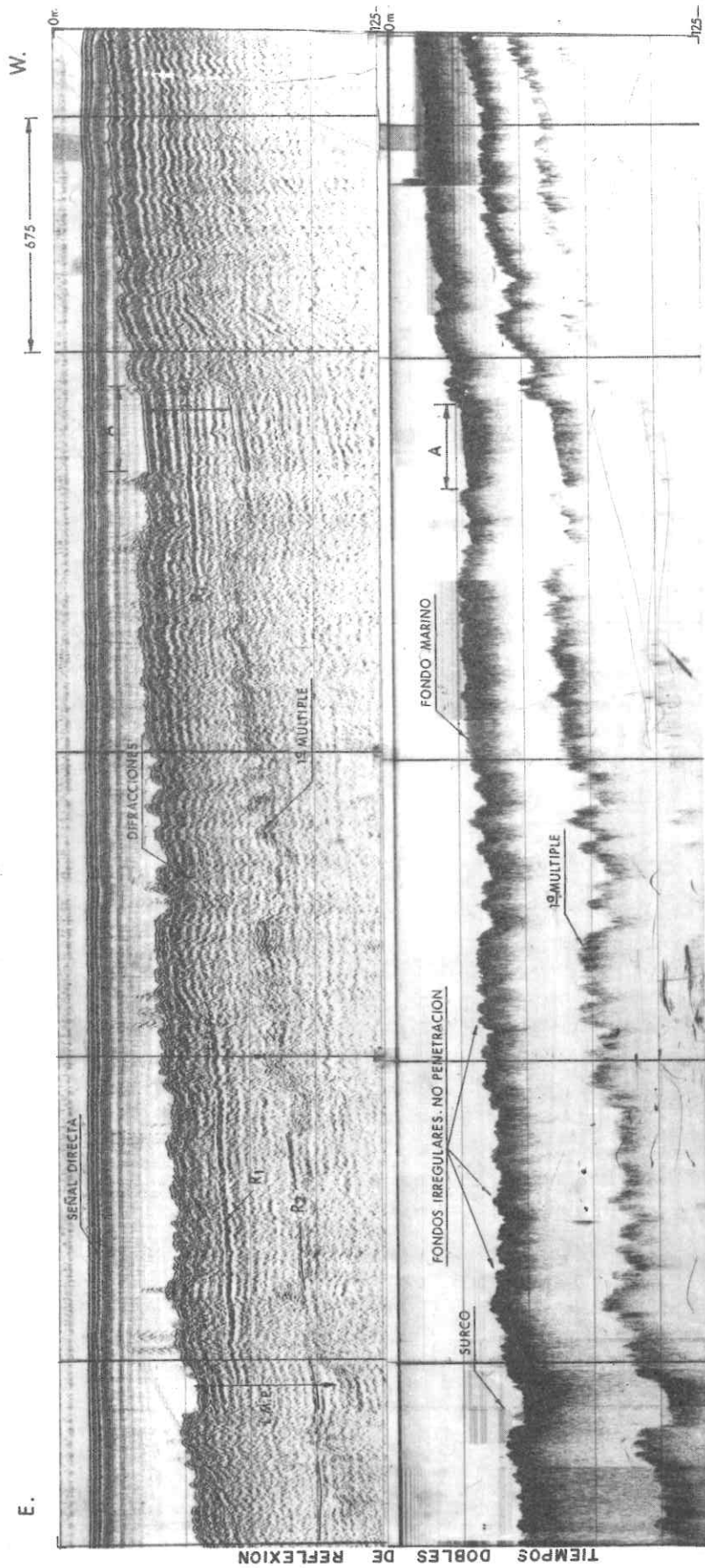


FIGURA 2 . Arriba: REGISTRO UNIBOOM 300 J. ESCALA 1/8 seg. Abajo: S.P.S. 3'5 kHz . 10 kw. ESCALA 1/8 seg.  
 A.- Continuation barra arena de Castellón R<sub>1</sub>- Reflector gran amplitud  
 R<sub>2</sub>- Reflector de máxima penetración útil L.M.P. Líneas de mínima penetración

PERFIL S-7-28

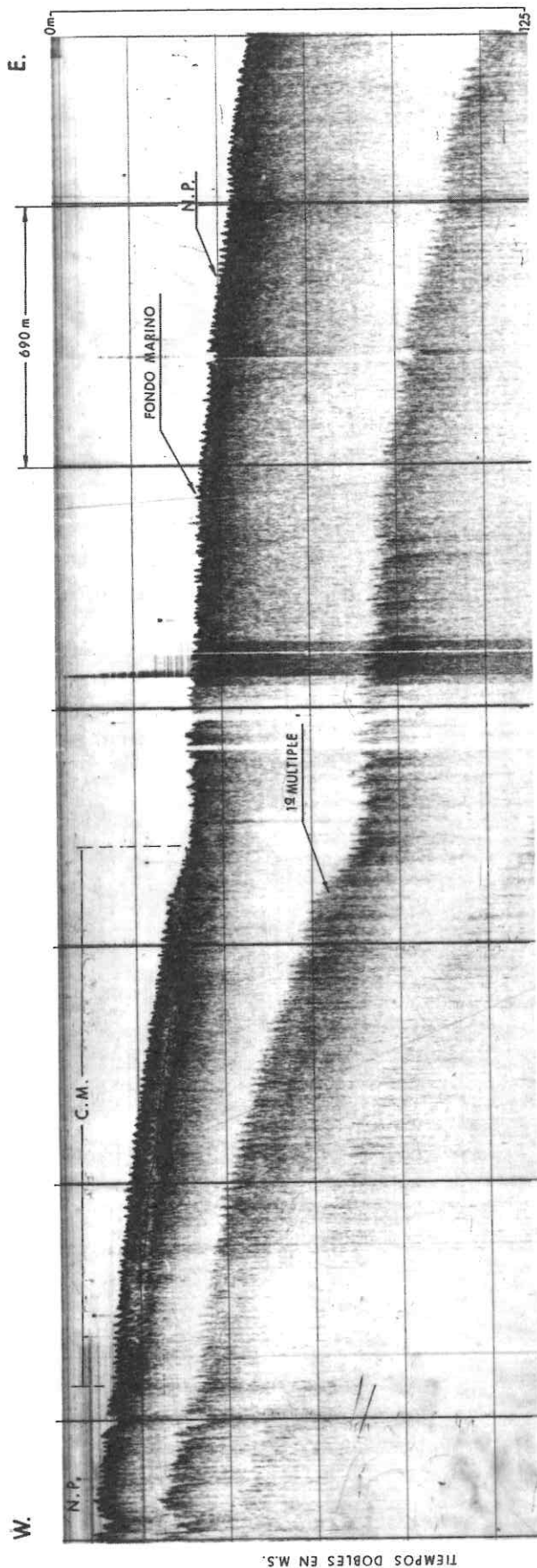


FIGURA 3 . PERFIL SISMICO DE ALTA RESOLUCION 3'5 kHz . 10 kw. ESCALA 1/8 seg.  
 R = Reflector "muro" de penetración del sistema.  
 C.M.= Inicio del desarrollo de la "cubeta Mijares" programante sobre fondos mas reflectivos  
 N.P.= Zonas de no penetración

TIEMPOS DOBLES EN M.S.

PERFIL S-15-13

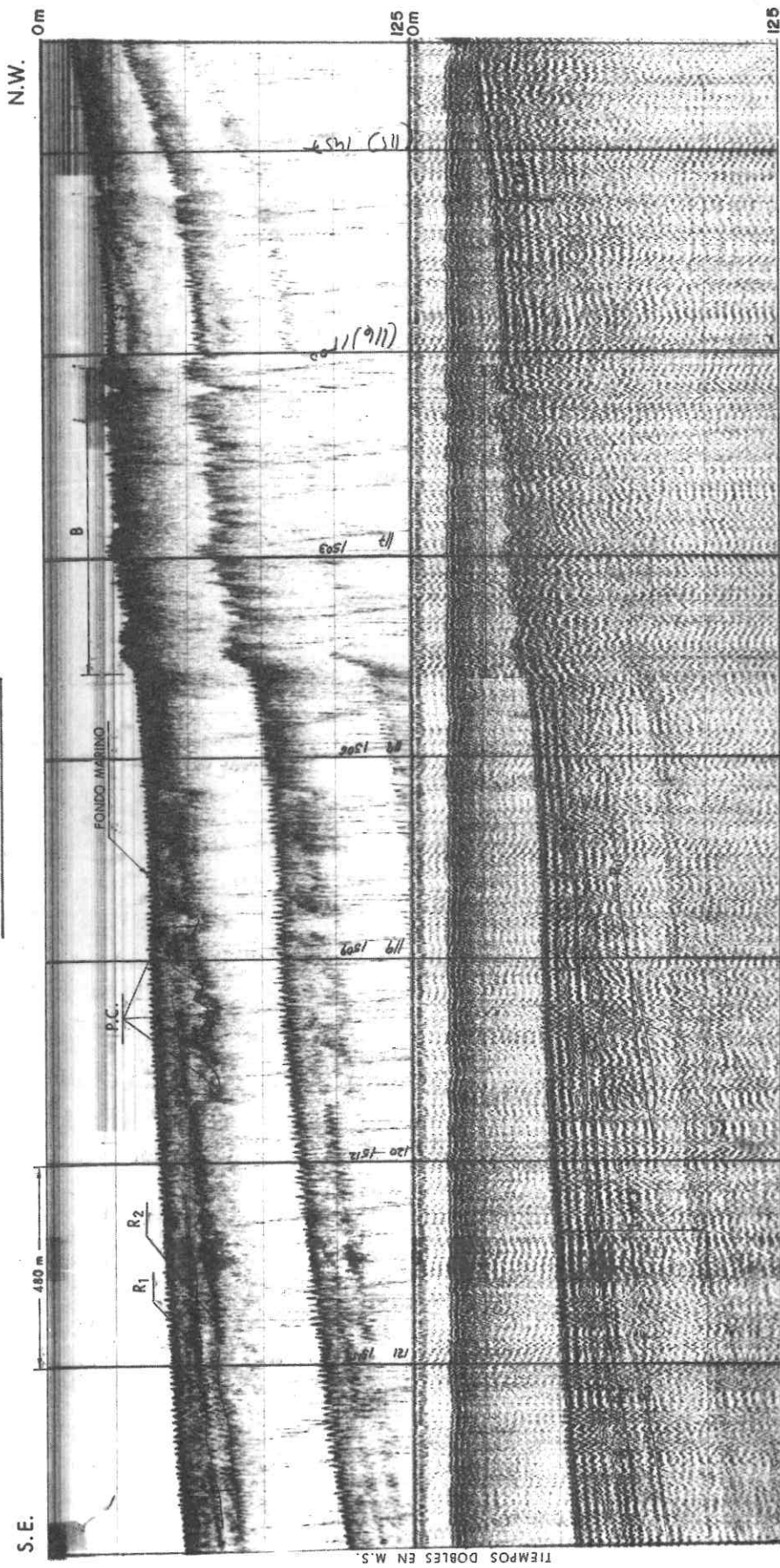


FIGURA 4.- Arriba: PERFIL 3'5 kHz, 10 kw. Abajo: PERFIL UNIBOOM 300J. ESCALA 125 m.s.  
 P.c. = Paleocanales    B = Barrera o cordón litoral    S = Sedimentos no consolidados  
 R = Reflectores de mayor reflectividad, Sistema 3'5 kHz    Ru = Reflectores internos.Sistema UNIBOOM  
 L.M.P. = Línea mínima penetración (UNIBOOM)

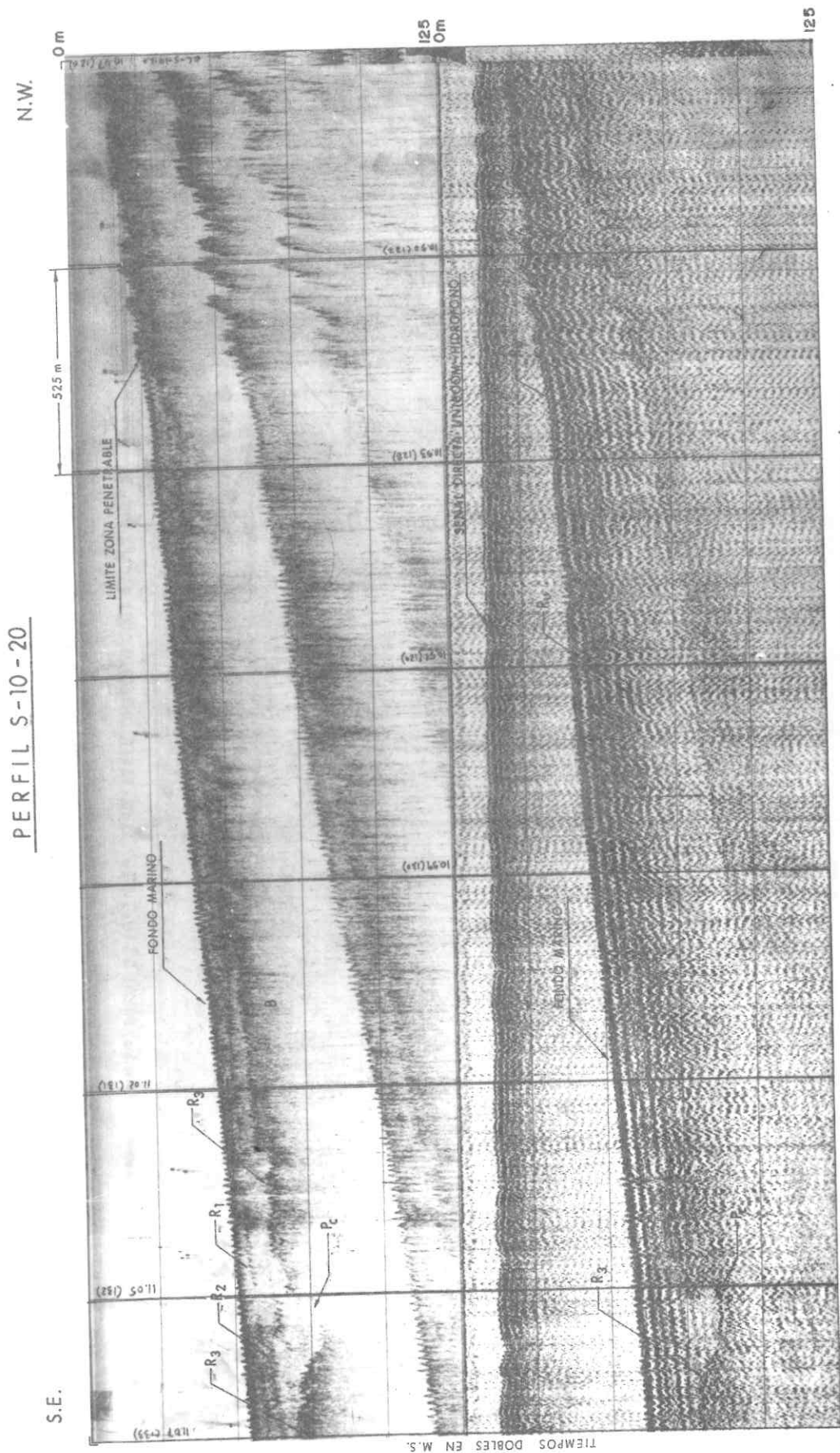
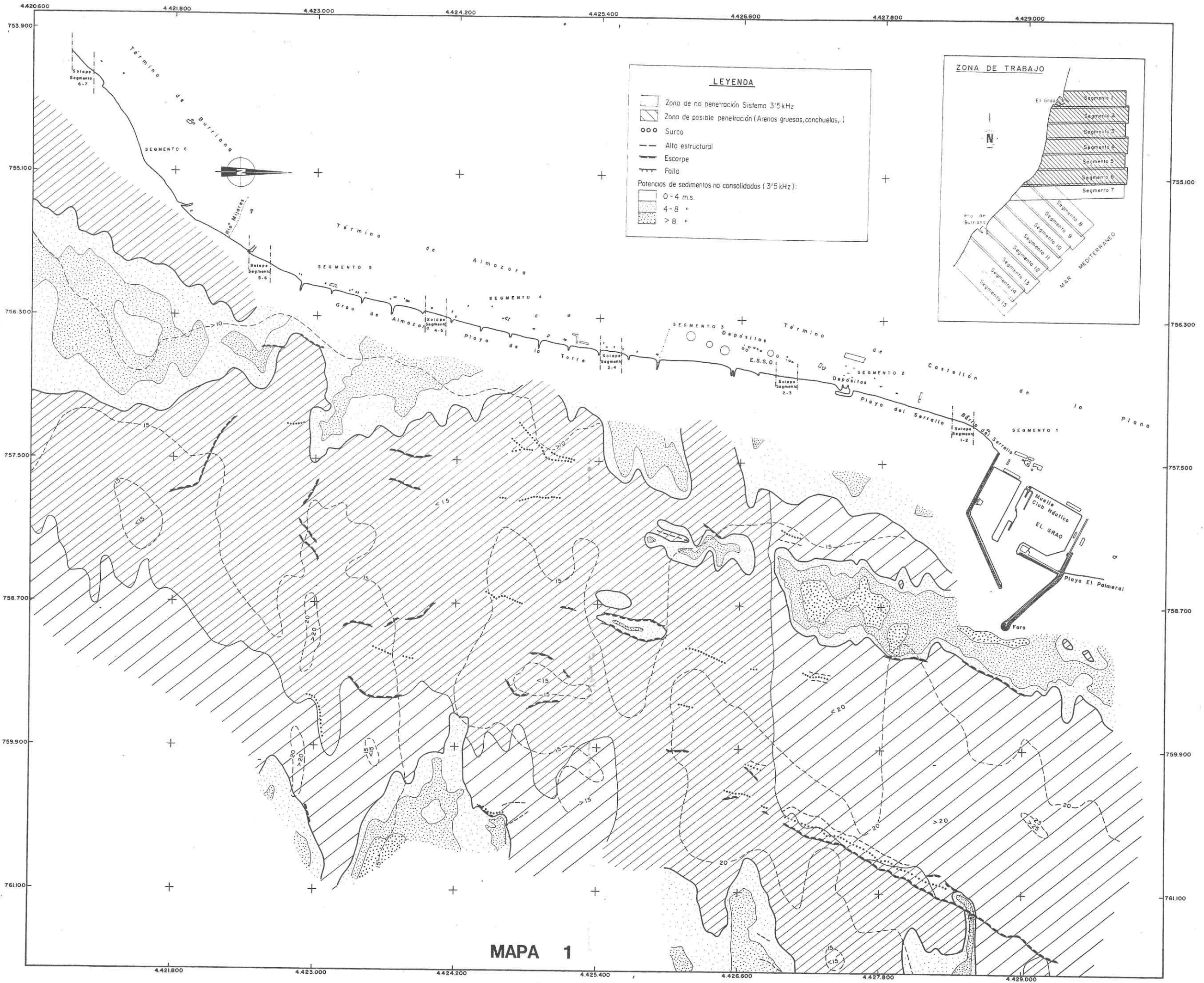
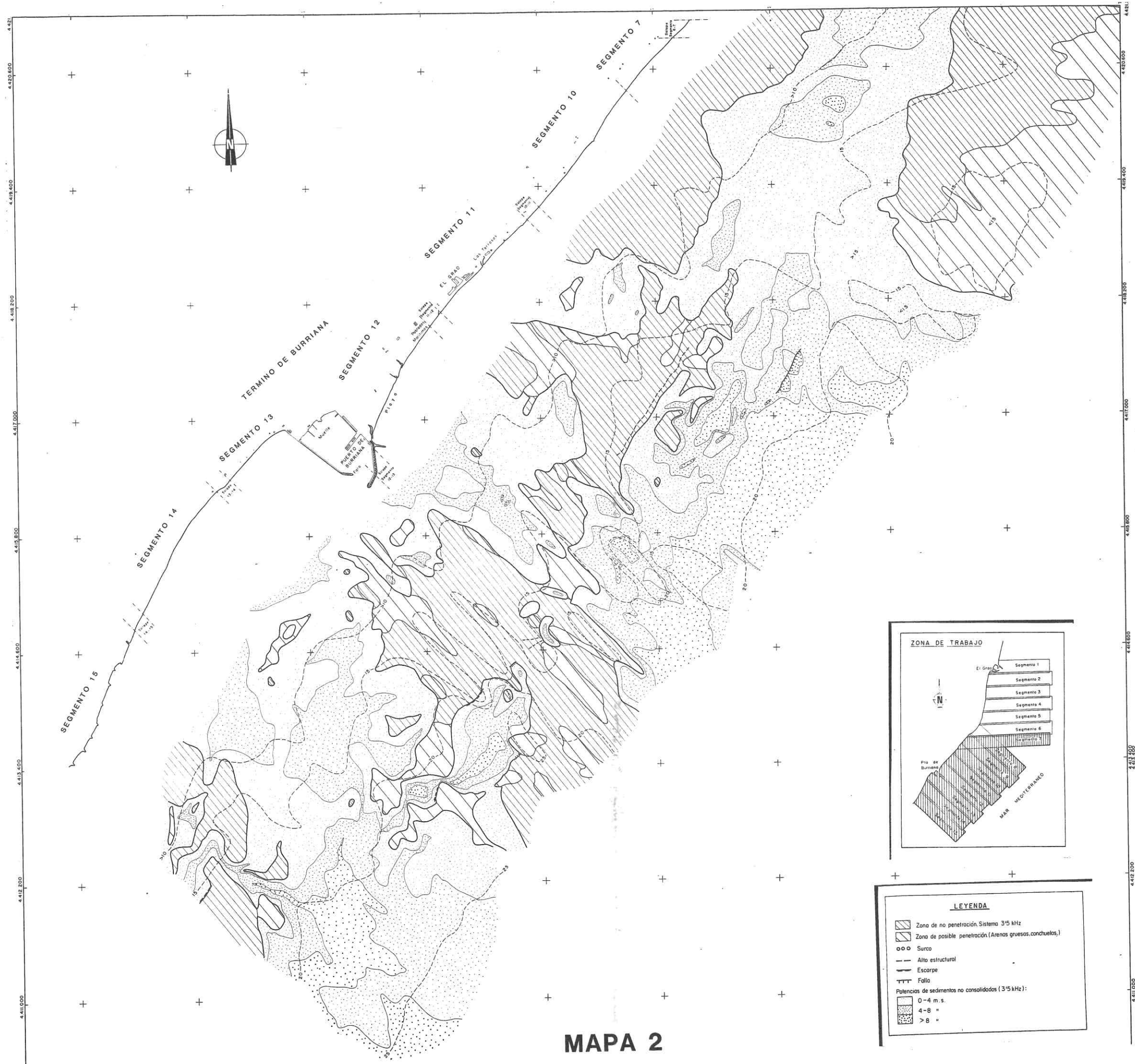
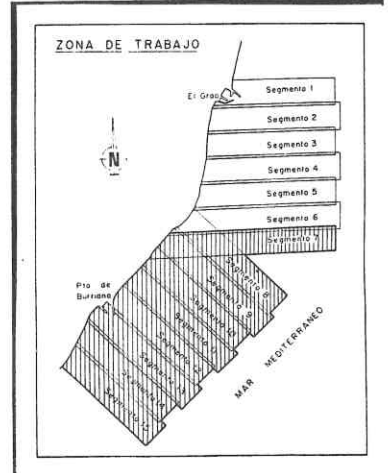


FIGURA 5 . - Arriba: PERFIL S.P.S. 315 kHz. 10 kw. ESCALA 1/8 seg. --- Abajo: PERFIL UNIBOOM 300 J. ESCALA 1/8 seg.  
 R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> - Reflectores sistema 315 kHz (sedimentos no consolidados) P<sub>1</sub> - Paleocauce dentro de la serie basáltico penetrable.  
 R<sub>4</sub> - Reflectores internos sistema UNIBOOM. L.M.P. - Potencia sedimentaria mínima (UNIBOOM)





**MAPA 2**



**LEYENDA**

- Zona de no penetración. Sistema 3'5 kHz
- Zona de posible penetración. (Arenas gruesas, conchuelas,)
- Surco
- Alto estructural
- Escarpe
- Falla

Potenciales de sedimentos no consolidados (3'5 kHz):

- 0-4 m. s.
- 4-8 "
- > 8 "

4421  
4420000  
4419400  
4418200  
4417000  
4415800  
4414600  
4413400  
4412200  
4411000