

PROYECTO: FOMAR-MINERIA

INVESTIGACION DE MINERALES PESADOS EN LA PLATAFORMA  
CONTINENTAL DE ALMERIA DESDE EL CABO DE GATA HASTA  
LA MESA DE ROLDAN

1ª FASE: ESTUDIO BASICO DE LA RED DE PALEOCANALES  
Y FORMACIONES ACUSTICAS ASOCIADAS DE LA -  
PLATAFORMA CONTINENTAL DEL S.E. DE ALMERIA  
PARA INVESTIGACION PRELIMINAR DE MINERALES  
PESADOS.

Por:

Gonzalo del Amor  
I.G.M.E.

y

Philippe Bouysse  
B.R.G.M.

## I N D I C E

	<u>Págs</u>
RESUMEN .....	1
1.- INTRODUCCION .....	3
2.- CUADRO GENERAL .....	6
2.1.- SITUACION .....	7
2.2.- GEOLOGIA .....	9
2.3.- METALOGENIA .....	13
2.4.- CUATERNARIO .....	15
2.5.- OCEANOGRAFIA FISICA .....	21
3.- DESARROLLO DE LOS TRABAJOS .....	23
4.- RESULTADO DE LA CAMPAÑA GEOFISICA .....	27
4.1.- BATIMETRIA (Plano n° 2) .....	28
4.2.- INTERPRETACION DE LOS REGISTROS DE PROSPECCION SISMICA POR REFLEXION CONTINUA EN MODALIDAD DE GRAN RESOLUCION .....	30
5.- RESUMEN DE LOS DATOS SEDIMENTOLOGICOS EXISTENTES EN EL AREA DE ESTUDIO .....	37
5.1.- CARBONATOS (Plano n° 5) .....	38
5.2.- LUTITAS (Plano n° 6) .....	39
5.3.- MINERALES PESADOS .....	41
6.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	43
7.- RECOMENDACIONES .....	47

### ILUSTRACIONES

### FOTOGRAFIAS

R E S U M E N

Este proyecto se inserta en el Programa Sectorial de Estudios de los Fondos Marinos (FOMAR) dentro del Plan Nacional de la Minería (P.N.M.).

Fue realizado bajo la dirección del IGME, con la colaboración científica del B.R.G.M. y en convenio con la Empresa Nacional ADARO. Consiste en la primera fase de una investigación minera submarina frente a las costas de la Sierra de Gata (litoral balear de la provincia de Almería, hasta el cual se extiende el importante distrito minero de Rodalquilar).

Se realizaron 500 km de sísmica de gran resolución, incluyéndose en la interpretación y síntesis de esos datos algunos trabajos sedimentológicos previos.

La región estudiada queda así encuadrada en el marco de sus principales rasgos morfológicos y sedimentarios, pudiéndose de entrada separar dos zonas: (1) la situada al SW del Cañón de Gata, donde se han acumulado espesores notables de arenas, (2) la situada al NE de dicho valle submarino, con potencias de sedimentos más precarias.

A partir de los resultados específicos de esta primera fase ha sido posible elaborar un plan de trabajos para una segunda fase, que consistirá en la investigación minera detallada de la región.

1.- INTRODUCCION

Las investigaciones marinas de minerales pesados - i.e. aquellos cuyo peso específico es superior a 2'89- deben su auge a la demanda creciente de los países deficitarios en metales económicos.

El sector de plataforma continental objeto del presente proyecto fue considerado particularmente idóneo para investigar los minerales pesados más típicos y rentables de los depósitos tipo placer: oro, plata, ilmenita, rutilo, zircón, etc.

Así parecen indicarlo, por una parte la vecindad de la Sierra de Gata, antigua zona de explotaciones mineras de plata, plomo, zinc, y, sobre todo, -con la importante mina de Rodalquilar en las inmediaciones del Mar Balear- oro, donde se dan los requisitos imprescindibles para haber podido actuar como -área madre de posibles yacimientos sedimentarios en plataforma, mientras por otra parte la misma toponimia costera sugiere uno -"Playa del Plomo"- o varios minerales específicos -caso de -"Las Negras", melanoplaya de cuyas arenas los altos contenidos en magnetita e ilmenita son conocidos de antiguo-.

Paralelamente a los resultados de la investigación de minerales pesados, y con independencia de ella, los datos básicos de infraestructura geológico-sedimentológica ofrecen una serie de beneficios potenciales cuando se aprovechan sus facetas multidisciplinarias: ordenación del litoral, ecología marina, tendidos submarinos (cables o conducciones), obras portuarias, evaluación-explotación de áridos industriales, ayudas pesqueras, etc.

Todo lo antedicho justifica la ejecución de este proyecto, inserto en el Programa Sectorial de Estudios de los Fondos Marinos (FOMAR), parte del Plan Nacional de la Minería (P.N.M.) y que se hace en Convenio con la Empresa Nacional Adaro.

2.- CUADRO GENERAL

## 2.1.- SITUACION :

La sierra litoral del Cabo de Gata, situada en la provincia de Almería (fig. 1), aproximadamente sobre la bisagra de las cuencas submarinas Argelino-balear al E y de Alborán - al W, está incluida en la gran unidad del sistema orogénico - bético.

Este macizo volcánico que bordea (geográficamente hablando) el Sistema Bético, se extiende al SE del Campo de Níjar, según un eje NE-SW. El campo de Níjar es una vasta depresión donde los depósitos sedimentarios neógenos alcanzan gran espesor, estando bien representadas las facies marinas en el "continuum" Mioceno superior-Plioceno.

La Sierra de Gata tiene aproximadamente 40 km de longitud desde el Cabo de su nombre hasta Carboneras, y 5-7 km de anchura media, alcanzando sus desarrollos máximos entre Cabo de Gata y Punta del Plomo. Aunque el eje de la sierra se encuentra desplazado al interior, culminando en La Rellana (492 m.), existe una larga serie de cerros costeros (destacando entre ellos el Cerro del Fraile, que, con sus 493 m. de altitud es el punto más elevado de toda la sierra) originando frecuentes acantilados que ribetean calas y ensenadas.

Asociándose a esta sierra por el NW, aparece La Serrata, estrecha banda volcánica configurada por el "horst" de igual nombre, que a su vez bordean -a todo lo largo de sus 20 km de longitud- fallas pertenecientes al gran accidente de cizalla

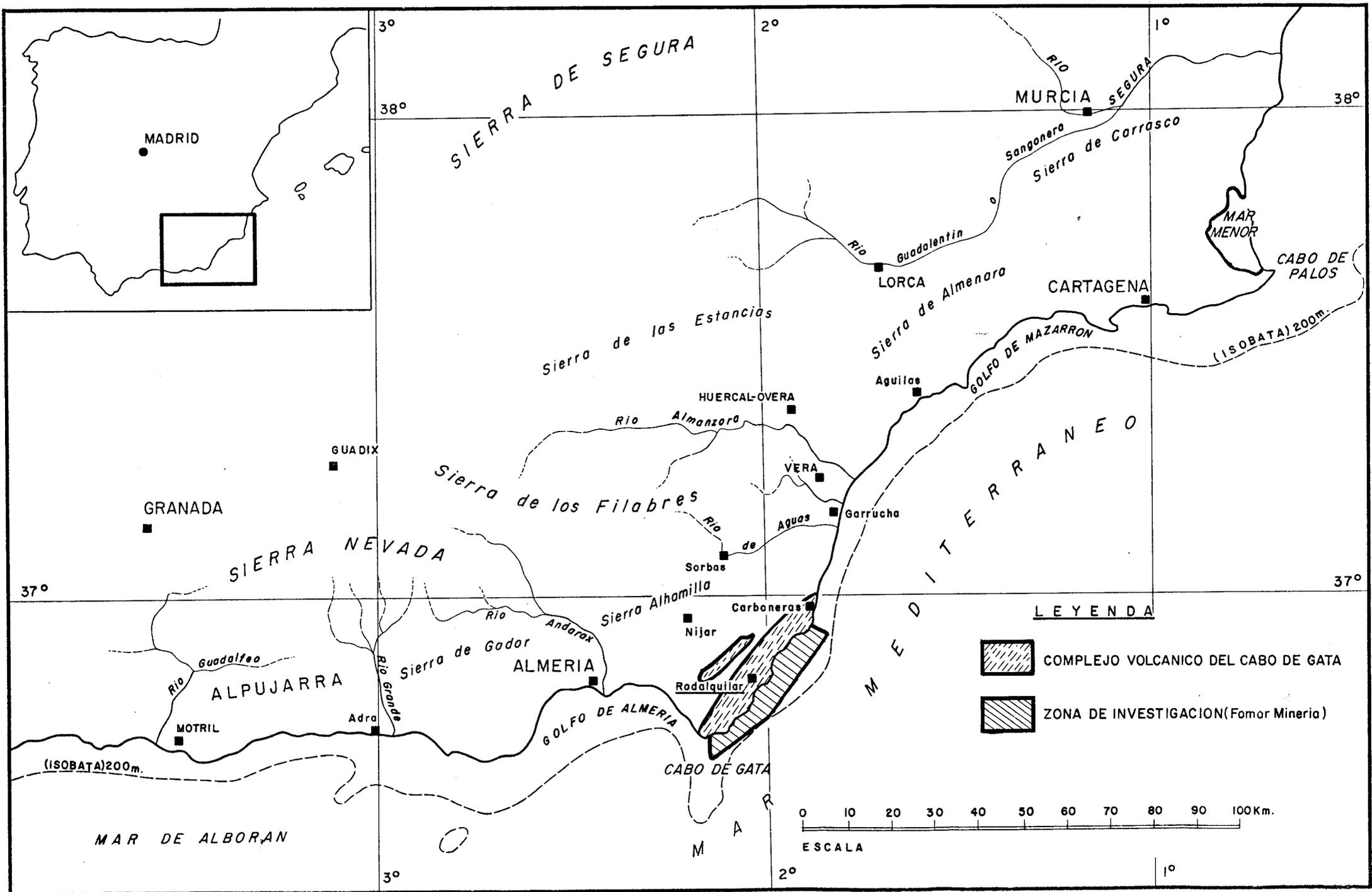


FIGURA N° 1

levógira Carboneras- Cañón de Almería. La Serrata está separada del macizo principal del Cabo de Gata por el valle del Hornillo, siendo su altitud máxima los 361 m del Cerro de Las Yeguas.

Los pequeños barrancos y ramblas que recortan el macizo del Cabo de Gata sólo llevan aguas episódicamente, como corresponde a un drenaje semi-árido, mostrando la mayor parte de la región aspecto desértico con suelos donde predominan tonos rojos, marrones y grises, con frecuente desarrollo de caliches.

La rambla más importante es la del Playazo, que drena el distrito minero de Rodalquilar, modelando una cuenca relativamente plana.

## 2.2.- GEOLOGIA

Las formaciones volcánicas de la Sierra de Gata son resultado de la tectónica postorogénica de bloques (de edad neógena y consecutiva a la Orogénesis Bética) que afectó a todo el dominio bético-rifeño, dando lugar al Mar de Alborán.

En este sector del Mediterráneo el magmatismo parece haber comenzado en el Mioceno inferior, sugiriendo las investigaciones de Carboneras (BELLON et al., 1980) que lo haría con una fase de actividad plutónica (leucogranitos de Carboneras: datados como de 24'5 m. de a. y por ende atribuibles al límite Oligoceno-Mioceno)\*.

El vulcanismo de la Sierra de Gata es fundamentalmente de naturaleza calco-alcalina, apreciándose una tendencia gēne

---

\* Edad que corresponde, aproximadamente, a la del vulcanismo del Banco de Alborán.

ral al enriquecimiento de los contenidos en K con el tiempo - (BELLON y BROUSSE, 1977). Los sedimentos sobre los cuales tu vieron lugar las efusiones de Sierra de Gata son de edad imprecisa, aunque según BELLON (1976) podrían atribuirse al Lan ghiense -base del Mioceno medio- (cfr. Tabla 1).

El primer episodio volcánico -Mioceno medio- de andesitas con anfíboles, dacitas y tobas piroclásticas de composición riolítica, fue sometido a una intensa alteración hidroter mal. El segundo episodio volcánico, en general Tortoniense, -ha proporcionado productos mejor conocidos, menos alterados y más diversificados: basaltos aluminosos, andesitas con anfíboles y con orto y clinopiroxenos, riodacitas y riolitas.

En la región de Las Negras las formaciones volcánicas -están recubiertas por calizas arrecifales con Porites del -Messiniense, que se han instalado antes del gran episodio re gresivo que condujo a la desecación del Mediterráneo. Es posi ble que arrecifes similares se localicen ahora bajo el mar, -por haber acompañado a la bajada progresiva de la costa duran te la regresión Messiniense.

En el Mediterráneo occidental todas las actividades cal co-alcalinas s.l. han terminado al fin del Mioceno, hace cerca de 6 m. de a.\*. Un episodio muy local aparecen sin embargo, durante el Plioceno Superior en la región de Cartagena.

Para BOUSQUET (1977), la última fase de compresión cenozóica tuvo lugar al final del Serravaliense, entre los dos -episodios volcánicos efusivos. Fue seguida de una fase de dis tensión desde el Tortoniense hasta el Cuaternario antiguo - (10-1,5 M.A.), articulada en dos episodios:

---

\* Al N del Cabo de Gata se ha manifestado un vulcanismo muy particular, lamproítico, entre 10'8 y 6 m. de a., localidades de: Vera, Fortuna, Jumilla, etc.

## ESCALA CRONOLOGICA DEL NEOGENO

<b>CUATERNARIO</b>	<b>HOLOCENO</b>		10.000 B.P.	
	<b>PLEISTOCENO</b>		1.8 M.A.	
<b>NEOGENO</b>	<b>PLIOCENO</b>		5.0 M.A.	
	<b>MIOCENO</b>	<b>SUP.</b>	<b>MESSINIENSE</b>	6.5 M.A.
			<b>TORTONIENSE</b>	11.0 M.A.
		<b>MED.</b>	<b>SERRAVALLIENSE</b>	15.5 M.A.
			<b>LANGHIENSE</b>	16.5 M.A.
			<b>BURDIGALIENSE</b>	19.0 M.A.
		<b>INF.</b>	<b>AQUITANIENSE</b>	22.5 M.A.
	<b>OLIGOCENO</b>			

TABLA Nº 1

# CRONOLOGIA DEL VULCANISMO DE LA SIERRA DE GATA

(Segun Bellon)

PLIOCENO				
	5. M. A.	CALIZAS ARRECIFALES CON PORITES		
MESSINIENSE				
	6.5 M. A.			
TORTONIENSE		Granito claro (9 M.A.)	Grupo potasico (7.5 M.A.)	2do Episodio
	11. M. A.	Granito oscuro (11 M.A.)	Grupo menos potasico (11.3 M.A.)	
SERRAVALLIENSE		Granofiro (Serrata. 13 M.A.)	13 M.A.	Fase Tectonica
	15.5 M.A.			
LANGHIENSE			Vulcanismo	1er Episodio
	16.5 M.A.		17.8 M.A.	
BURDIGALIENSE		Granofiro (Serrata. 18 M.A.)		
	19 M.A.			
AQUITANIENSE				
	22.5 M.A.			
OLIGOCENO		Leucogranito (Carboneras 24.5 M.A.)		
		ROCAS PLUTONICAS	MAGMATISMO EFUSIVO	

TABLA N° 2

- 1) Distensión N-S (accidentes E-W) acompañada de vulcanismo calco-alcalino durante el Tortonense-Messinense.
- 2) Distensión E-W (accidentes N-S) acompañada de vulcanismo alcalino durante el Plioceno Superior.

Sin embargo numerosas fallas anteriores al Tortonense (i.e. características de la Orogénesis bética) han sido reactivadas posteriormente, funcionando en cizallas NE-SW. Durante el Cuaternario antiguo comenzará una nueva fase general de compresión NNW-SSE, afectando la totalidad del perímetro del Mar de Alborán.

### 2.3.- METALOGENIA

La actividad volcánica neogena ha tenido gran trascendencia metalogenética, como atestiguan yacimientos filonianos de blenda-pirita-galena (ocasionalmente ricos en plata) y otras mineralizaciones menos importantes (vgr. de estaño). Buena muestra de ello son las minas de Mazarrón, Cartagena y la Unión, en Murcia, así como diversos yacimientos de Sierra de Gata, entre los que destaca el aurífero de Rodalquilar. La alteración de las rocas volcánicas, por su parte, ha permitido explotaciones importantes de bentonitas y alunitas.

La Sierra del Cabo de Gata está caracterizada por una gran variedad de indicios mineralizados en Pb, Zn, Cu, Mn, Au, algunos de los cuales han sido explotados (véase el Mapa Metalogenético IGME nº 84-85). La parte SW contiene un metalotecto de sulfuros de Pb y Zn con la presencia de Au y Ag (mina del Rincón de Martos, explotada desde el siglo XIX). En la región central, hacia el NW, se nota un indicio de Mn (nº 333 del Mapa Metalogenético) y de Pt (nº 303). Es en la parte central donde se encuentra el célebre yacimiento de oro de Rodalquilar. Actualmente sólo se explotan bentonitas.

Hacia el año 1883, como consecuencia de la investigación de galena argentífera en la mina de Las Niñas (Rodalquilar) se descubrieron los primeros indicios de oro en un filón de cuarzo (AGUSTIN MARIN y MILANS DEL BOSCH, año ?; HERNANZ, 1918). Poco antes de la primera guerra mundial (1914) sería descubierto, al llevar a cabo investigaciones de plomo en el Madroñal, un filón de cuarzo con unas cantidades significativas de oro libre. HERNANZ da leyes medias de 30 gr/Tm de oro, con máximos de hasta 500 gr/Tm por esa época. La mayor parte de vetas de oro-alunita eran pequeñas y la explotación se hizo asimismo a pequeña escala. En la región se pueden ver numerosos restos de antiguas labores. Nuevos trabajos de investigación iniciados a partir de 1948 condujeron a la instalación de una moderna planta de tratamiento, en el año 1956, por la Empresa Nacional ADARO. En 1964 la producción de oro alcanzó los 700 kg anuales (LODDER, 1956). En la actualidad la mina no está en funcionamiento.

Sólo excepcionalmente es dicho oro visible macroscópicamente. Las vetas auríferas (que contienen cuarzo, alunita, óxidos y sulfuros de hierro) están localizadas exclusivamente en la mitad inferior del complejo volcánico del Cinto (situado hacia la base de la serie volcánica de Rodalquilar), constituido por ignimbritas muy alteradas, debido a la acción hidrotermal. Se piensa (LODDER, 1966) que el origen del oro es atribuible a una actividad fumarólica importante, penecontemporánea del emplazamiento de las ignimbritas, es decir, relacionada con el particular modo de génesis de las tobas soldadas. En efecto los filones auríferos no cortan ni al complejo basal del Molino (donde los sulfuros no existen) ni a las forciones volcánicas superiores. Según LODDER, las leyes de oro son más bajas que las mencionadas al comienzo del siglo por HERNANZ: ley media de 4,5 - 5 gr/T, con una gama que va desde trazas hasta 100 gr/T.

Las rocas del complejo inferior del Cinto están tan alteradas que no se sabe exactamente si su composición original corresponde a un magma dacítico, riódacítico o riolítico. Evidentemente, el único mineral sin alterar es el cuarzo.

Se encuentran allí los minerales siguientes:

- 1) En las rocas menos alteradas: Plagioclasas, minerales de hierro, apatito, circón, rutilo, esfena, turmalina a veces biotita y anfíboles.
- 2) En las rocas alteradas: adularia (transformación de la ortoclasa), albita, clorita, leucoxeno (transformación de la ilmenita), pirita y otros compuestos ferruginosos (melanterita, marcasita, lepidocrocita). Se encuentran también como minerales de paragénesis: sulfatos de potasio (alunita) y de hierro (melanterita), carbonatos de cobre (azurita, malaquita), sulfuros de cobre (covelita, calcopirita), óxidos de manganeso (pirolucita), galena, blenda, pirofilita (grupo del talco) y minerales arcillosos varios (diquita illita, caolinita, esmectita, interestratificados, etc.) y yeso. La pirofilita parece ser un indicador de la presencia de oro.

#### 2.4.- CUATERNARIO

El Cuaternario (Tabla 3) está caracterizado por sus múltiples ciclos regresivos-transgresivos de origen glacio-eustático, que han barrido los bordes continentales modelando las plataformas actuales.

# LAS PRINCIPALES GLACIACIONES EN EUROPA (NOMBRES SUBRAYADOS)

ALPES	ALEMANIA DEL NORTE		
		HOLOCENO	10.000 B.P.
<u>WÜRM</u>	<u>WEICHSEL</u>	PLEISTOCENO	CUATERNARIO
Interestado Riss/Würm	Eem		
<u>RISS</u>	<u>SAALE</u>		
Interestado Mindel/Riss	Holstein		
<u>MINDEL</u>	<u>ELSTER</u>		
Interestado Günz/Mindel	Cromer		
<u>GÜNZ</u>	<u>MENAP</u>		
Interestado Donau/Günz	Waal		
<u>DONAU</u>	<u>EBURON</u>		
	Tegelen		
<u>BIBER</u>	<u>BRÜGGEN</u>		
		1.8 M.A.	
		PLIOCENO	

TABLA Nº 3

En las costas de Andalucía se observan numerosas terrazas emergidas (ANGELIER et al., 1976; BAENA, comunicación personal) cuyo estudio permite determinar la existencia de una neotectónica muy activa, particularmente en la región de Almería. En el Campo de Dalías son visibles cinco terrazas, de abajo a arriba, es decir, de la más reciente a la más antigua (cfr. Tabla-4):

- Flandriense: + algunos metros
- Ouljiense: + 20 metros
- Haruniense: + 31 metros
- Anfatiense: + 58-60 metros
- Maarifiense: (= Siciliense) + 120 metros

La ausencia de la mayoría de esas terrazas (salvo las más recientes) en el macizo del Cabo de Gata parece indicar su hundimiento local, siendo razonable pensar que los restos de terraza estén sobre la actual plataforma continental. Si así fuera, sólo se conservarían en las formaciones más consolidadas. De haber estado únicamente formadas por sedimentos blandos, las terrazas habrían sido destruídas por el vaivén del mar en sus ciclos de transgresión y regresión.

En el ribete continental sumergido tras la última transgresión -Holocena o Flandriense-, las terrazas que indican líneas de costa persistentes (de dos tipos: (a) niveles estacionarios de primer orden, correlacionables con los máximos de cada glaciación o interglaciar (b) niveles estacionarios de segundo orden correspondientes a paradas de carácter efímero desde la perspectiva de la totalidad de una fase transgresiva o regresiva) son progresivamente más difíciles de identificar a medida que nos alejamos del presente.

# LAS TERRAZAS MARINAS CUATERNARIAS EMERGIDAS EN EL MEDITERRANEO Y MARRUECOS

	MEDITERRANEO	MARRUECOS							
FLANDRIENSE	VERSILIENSE	MELLAHIENSE	HOLOCENO		CUATERNARIO				
			10.000 B.P.						
	NEOTIRRENIENSE = Tirreniense reciente	OULJIENSE	WÜRM		PLEISTOCENO				
			Interestado Riss/Würm. ca. 75.000-120.000 B.P.						
			EUTIRRENIENSE = Tirreniense medio	HARONNIENSE					
						PALEOTIRRENIENSE = Tirreniense antiguo = Milaciense	ANFATIENSE		
								SICILIENSE	MAARIFIENSE
CALABRIENSE	MOGHREBIENSE								
			PLIOCENO		1.8 MA				

TABLA Nº 4

El remodelado que sobre la plataforma continental van produciendo estos retoques es complejo, como corresponde a la interacción de procesos de erosión y sedimentación.

Es innegable la importancia económica de los sedimentos relictos particularmente las terrazas deposicionales y/o erosionales, en algunas plataformas, ya que los mismos mecanismos creadores de antiguas líneas de costa o paleocanales, actualmente sumergidos, pueden dar lugar -en enclaves preferentes- a concentraciones de minerales pesados de interés minero (el ejemplo más estudiado es el de los depósitos tipo placer).

Por ser más reciente su evolución, el último gran ciclo glacial (Würm) es el mejor conocido. En su evolución (cfr. Tabla-5) cabe distinguir las siguientes etapas:

- 1) Interestadial Riss/Würm hacia 80.000-100.000 años B.P., con un nivel marino alto correspondiente al Tirreniense reciente.
- 2) Regresión generalizada hasta un nivel marino bajo, de cota no determinada (Würm I y II).
- 3) Ascenso del mar, cuya costa se estabiliza alrededor de cotas cercanas al cero actual, hacia los 35.000-30.000 años B.P. Se trata de la transgresión denominada Inchiriense (cfr. BELLAICHE y BLANPIED, 1979 ; BOUYSSE et al., 1977).
- 4) Máximo regresivo hasta una cota de aproximadamente -120 m, correspondiente a la actual ruptura de pendiente plataforma externa-talud interno, sincrónica con el máximo glacial ("pleniglacial") del Würm III a los 20.000-18.000 años B.P.

# ESQUEMA DE LAS VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR EN EL PLEISTOCENO TERMINAL Y EN EL HOLOCENO (SEGUN BELLAICHE Y BLANPIED, 1979; BOUYASSE ET AL. 1977)

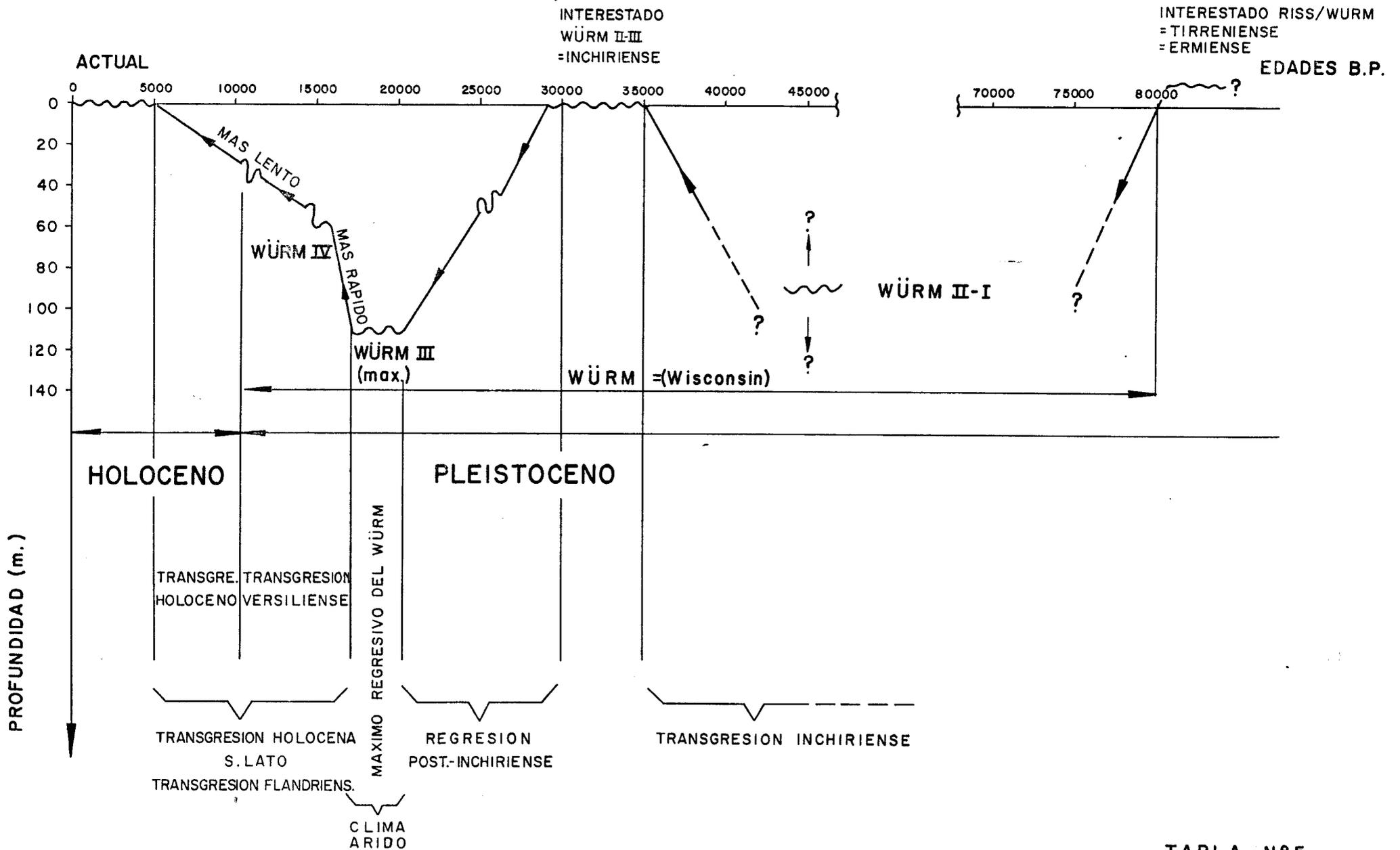


TABLA N°5

- 5) Transgresión Holocena s.l. (o Flandriense) con una subida rápida hasta cerca de los 15.000 años B.P., - donde se produce un estacionamiento a -50/-60 m, correspondiente a la pequeña pulsación fría del Würm - IV. Durante esta primera etapa transgresiva fuertes corrientes marinas parecen haber removilizado los sedimentos blandos depositados anteriormente. Se reanuda tras ello la progresión del mar -aunque más lentamente- hasta las cercanías del cero actual, cuya cota se alcanza hacia los 5.000 años B.P. Es probable que se diera un nivel estacionario intermedio a 30 m/40 m. de profundidad a los 11.000 años B.P. aproximadamente.

## 2.5.- OCEANOGRAFIA FISICA

Las variables oceanográficas prevalentes frente a la costa balear de Almería son escasamente conocidas. Así, las condiciones hidrodinámicas y su variabilidad espacio-temporal en la columna de agua correspondiente al litoral de la Sierra de Gata, no han sido estudiadas sistemáticamente.

Durante mucho tiempo se ha aceptado que la principal influencia sobre los primeros 100-150 m de la columna de agua en el N del Mar de Alborán era la corriente superficial generalizada, de dirección E y NE, fruto del desplazamiento del agua atlántica a través del Estrecho de Gibraltar (LACOMBE y TCHERNIA, 1972). Trabajos más recientes (vgr. los recogidos por AUFFRET et al., 1974) ponen de manifiesto la simplicidad del modelo anterior, que no es aplicable a la zona del Cabo de Gata con sus posibles bucles inversos, indicativos de una realidad más compleja. Cualesquiera que sea el patrón general de corrientes, no parece que su influencia sobre la plataforma continental haya sido notoria.

En el sector de plataforma continental investigado, es la acción del viento ("wind-driven circulation") y oleajes la influencia dominante, combinándose ambos efectos en la deriva litoral ("longshore current").

Las estadísticas meteorológicas locales ("Atlas de Climatología Marina del Servicio Meteorológico Nacional", Madrid 1976) dan una resultante neta de mayor fuerza de vientos según la dirección ENE. Es la misma conclusión a la que llega AGUADO (1973): "Poniente (denominado localmente Lebeche) de dirección SSW (sic), que es el más importante en cuanto a intensidad y frecuencia, y al que se asocia el tren de ondas dominantes en esta zona". Este dato parece haber sido recogido erróneamente por GARCIA-RODRIGUEZ (1977).

Pese a todo, la orientación particular del litoral de la Sierra de Gata, y su emplazamiento en una zona limítrofe entre dos provincias oceanográficas distintas: el Mar de Alborán, de orientación E-W, por un lado, y la Cuenca Argelino-baleár, abierta a las influencias de los vientos de los sectores N y E por otro, sugiere que una vez añadido el efecto de los oleajes atribuibles a mar gruesa, temporales y mares de fondo de diversas causas, nos encontramos ante unas características hidrodinámicas de gran complejidad.

### 3.- DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

La zona investigada, situada en la costa balear de Almería, cubre aproximadamente 250 km<sup>2</sup> de superficie, mar afuera de los 40 km de línea de costa que van desde el Cabo de Gata hasta la Punta de la Media Naranja (saliente en la base de la Mesa de Roldán).

Por hallarse incluido dicho sector de plataforma en la más amplia zona prevista para confeccionar las hojas geológicas de la plataforma continental de la Provincia de Almería, se optó por unificar los trabajos de Geología y Minería submarinas, encargándose a GEOCISA -principal empresa adjudicataria de las campañas de Geofísica Marina contempladas en el programa cartográfico- la malla de perfiles sísmicos por reflexión continua, en su modalidad de gran resolución, que el presente proyecto requería.

Se utilizó para ello el buque "Steigen", equipado con un sistema de radiolocalización MAXIRAM -error de unos pocos metros-, que en campaña del 2 al 20 de Febrero de 1981, obtendría 500 km de líneas sísmicas (Uniboom: 300 julios de potencia), repartidas en 123 perfiles (Plano nº 1):

- Los primeros 72 perfiles son perpendiculares al litoral. Su longitud total -equivalente "grosso modo" a la distancia entre línea de costa e isobata de 80 m. oscila entre los 2'5 y los 4 km, guardando entre sí un espaciado de 500 m. 8 de estos perfiles se han reservado para el reconocimiento general de la plataforma

navegándose en casi todos ellos más allá de la ruptura de pendiente plataforma externa-talud interno - ("Shelf-break", situada a profundidades variables: -110 m, -130 m...).

- Los restantes 51 perfiles (numerados del 73 al 123) - son transversales a los anteriores, paralelos a la costa y de separaciones arbitrarias entre sí.

Con anterioridad a 1980 son escasas las investigaciones oceanográficas en la costa balear de Almería. Los trabajos - efectuados con motivo del incidente nuclear de Palomares ("Proyecto SALVOPS": OSTERICHER et al., 1966; STILES et al., 1966), aunque interesantes, son muy locales y caen fuera de los límites de nuestro estudio. Sin embargo, el "Estudio de la sedimentación actual en la plataforma continental al NE de Cabo de Gata", de J. AGUADO (1966), sí forma parte de la zona investigada en el presente proyecto, siendo de valor sus conclusiones.

El trabajo de J. AGUADO, que cubre la plataforma continental frente a la Punta de la Polacra, consiste en un mapa sedimentológico e informe interpretativo del lecho marino actual, basado en 89 muestras superficiales tomadas con escandallo, y 120 km de perfiles sísmicos de reflexión continua, perpendiculares y transversales, cuyo espaciado de malla es 1 km. La fente sísmica utilizada, un "Mud penetrator" de 6 kHz -cuyos rendimientos óptimos se obtienen en fangos puros-, funcionó con resultados desiguales.

Se ha utilizado asimismo el informe sedimentológico del Instituto "Jaime Almera" (C.S.I.C., Barcelona), originalmente elaborado para contribuir a la confección del mapa geológico - de la plataforma continental de Almería sobre la base de las - 643 muestras tomadas en las campañas realizadas por los buques

oceanográficos "Cornide de Saavedra" -entre el 5 y 17 de Mayo de 1980- y "García del Cid" -entre el 1 y 15 de Marzo de 1981-, de las cuales 143 corresponden a nuestra zona de investigación. De estas últimas 141 son dragados superficiales, y las 2 restantes testigos de pistón cuya penetración media es de 50 cm . La metodología seguida por el C.S.I.C. consistió en desmuestrear según 102 líneas -en su mayoría perpendiculares a la costa y con separación media de 2 km-, de las cuales 13 quedan incluidas en este estudio.

Como complemento, en marzo de 1981, se tomaron 9 muestras de arenales costeros -cuyo análisis acompaña nuestro informe- entre las localidades de Cabo de Gata y Garrucha.

#### 4.- RESULTADOS DE LA CAMPAÑA GEOFISICA

#### 4.1.- BATIMETRIA (Plano nº 2)

Encuadrado en la complejidad de la margen continental - del Sistema Bético -que de Málaga a Cartagena presenta la plataforma continental más estrecha de toda la Península Ibérica-, el sector de plataforma investigado flanquea las alineaciones volcánicas de Sierra de Gata a lo largo de la costa balear de Almería, entre el espolón que prolonga el Cabo de Gata mar afuera, al SW, y el ramal meridional del sistema de cañones submarinos de Palomares al NE.

El espolón aterrazado del Cabo de Gata se extiende bajo el mar unos 20 km en dirección S. Es probable que su infraestructura corresponda al mismo vulcanismo neógeno que originó - la Sierra de Gata y los numerosos bancos submarinos que afloran aisladamente en toda la región: Banco del Chella o Bajío - de la Seca del Olivo, Banco del Pollux, etc. (cfr. mapa geológico marino FOMAR a escala 1/200.000).

Por el NE, el drenaje sumergido de Palomares alcanza casi la costa con sus entalladuras sobre una reducidísima plataforma continental (1-2 km), constituyéndose así en una eficaz trampa de sedimentos. La existencia de esta barrera sedimentológica presupone el aislamiento de la extremidad NE de Sierra de Gata. Al SE, aunque el cauce principal del sistema de cañones submarinos de Gata tenga su cabecera a la entrada de la ensenada de San José, no se repite dicha situación y las entalla duras de los cañones aparecen más alejadas de la línea de costa.

El límite externo de la plataforma continental, materializado en la ruptura de pendiente plataforma-talud, fluctúa en nuestra zona entre los -100 y -130 m. (salvo en el caso muy particular del espolón de Gata), profundidades que al ser alcanzadas a poca distancia de la costa originan una terraza continental cuya anchura está muy por debajo de las medias mundiales: 4 km en las inmediaciones de los límites NE y SW (Punta de la Media Naranja y Morrón de los Genoveses respectivamente), hallándose las máximas amplitudes -10 km- frente a la playa de Las Negras, en el distrito minero de Rodalquilar.

En su parte más ancha -entre las puntas de Loma Pelada y la de la Media Naranja- la plataforma continental puede subdividirse en:

1. Una zona interna cuya anchura ronda los 3 km, más escarpada (pendientes del 2 al 3%), extendiéndose desde la costa hasta las isobatas de 70-80 m.
2. Una zona externa que llega a alcanzar un máximo de 6 km de anchura, con pendientes más suaves que las anteriores (del orden del 0'5%).

Entre el Cañón de Gata y la Punta del Cabo de Gata, es decir, en la zona donde arraiga el espolón de Gata, los rasgos batimétricos son distintos. De entrada observamos una ruptura de pendiente, muy conspicua, entre -30 y -60 m (pendiente máxima cercana al 10%), que corresponde -como más adelante se verá- al frente de un importante prisma litoral arenoso. A continuación, el amesetamiento del espolón verge suavemente al S hasta terminar en la isobata de 200 m.

#### 4.2.- INTERPRETACION DE LOS REGISTROS DE PROSPECCION SISMICA POR REFLEXION CONTINUA EN MODALIDAD DE GRAN RESOLUCION.

La interpretación geológica y sedimentológica de los registros sísmicos de gran resolución ("Uniboom") obtenidos en la zona investigada resulta relativamente delicada al sumarse a la subjetividad del intérprete otras ambigüedades:

1. Especificidad geológica del estrecho margen continental de la región de Almería, donde los sedimentos holocenos y pleistocenos sin consolidar, se han depositado sobre formaciones pliocenas igualmente no consolidadas. En estas condiciones no es posible obtener contrastes acústicos nítidos como los que, por ejemplo, se obtendrían entre coberteras cuaternarias y un substrato infrayacente de rocas duras (e.g. plataforma continental francesa del Atlántico).
2. Escasas penetraciones medias del sistema "Uniboom" bajo el lecho marino (máximas: 40-50 m), que no permiten establecer relaciones espacio-temporales entre todas las formaciones de sedimentos plio-cuaternarios registradas.
3. Registros de calidad variable, cuyas señales -a veces excesivamente anchas- pueden enmascarar los depósitos menos potentes.
4. Y, muy fundamentalmente, la total ausencia de cualquier referencia geológica o estratigráfica, que pudiese ayudar en la interpretación de las distintas formaciones acústicas discriminadas.

Sin embargo al ser el objetivo principal de nuestra investigación de carácter aplicado, centrado en los sedimentos más

superficiales, en la mayoría de los casos pudo distinguirse entre una "unidad superior", separada por un reflector principal de otra "unidad inferior", infrayacente, consistente en un "substrato" acústico de naturaleza desconocida, no necesariamente única.

Sobre la hipótesis de trabajo anterior se han confeccionado dos tipos de mapa:

1. Mapa de isocronas (i.e. carta de las "profundidades - acústicas expresadas en milisegundos de tiempo simple o  $TD/2$ ") de la base de la "unidad superior", que refleja de alguna forma la morfología del techo del substrato (Plano n° 3). Para convertir este tipo de mapa en otro morfológico s.l., tendríamos que considerar la velocidad de transmisión del sonido en el agua (1500 m/seg) y la velocidad de transmisión en las diversas litologías (en coberteras sin consolidar, de gran contenido en agua, ronda los 1700 m/seg).
2. Mapa de isopacas de la "unidad superior" (Plano n°4), que expresa en milisegundos de tiempo simple ( $TD/2$ ) - el "espesor acústico" de los sedimentos superficiales. Para reducir a potencias reales basta multiplicar las cifras indicadas por la velocidad de transmisión del sonido en cada litología.

Corresponde dicha "unidad superior" a la etapa más reciente de sedimentación cuaternaria, debiendo pertenecer en su casi totalidad a la época holocena; razón por la que generalmente la encontramos mejor desarrollada en las cercanías de la costa actual.

El mapa de isocronas del substrato tiene, a grandes rasgos, aspecto muy similar al de isobatas del lecho marino, pero

con aspecto más suavizado, por anulación del efecto topográfico, merced a las acumulaciones recientes de arenas. Salvo los cañones, ya mencionados en la batimetría (principalmente el Cañón de Gata), se observa la ausencia total de paleocanales, vinculados o no a la red hidrográfica actual de la Sierra de Gata, que afecten al substrato acústico -hecho digno de ser destacado-. La única excepción es una cuenca de dimensiones modestas, rellena por más de 20 m. de sedimentos, registrada a partir de los 80 m. de profundidad, frente a la ensenada de la Media Luna (cfr. perfil FM-10).

El mapa de isopacas de la "unidad superior", por su parte, es sumamente informativo. Como en el capítulo de Batimetría (cfr. 4.1), cabe distinguir dos sectores en la zona estudiada:

1. El situado al SW del Cañón de Gata, correspondiente - al espolón del Cabo de Gata.
2. El situado al NE del Cañón de Gata

Comienza el primer sector con un importante prisma litoral arenoso, cuya cara superior tiende a ser distintivamente plana, biselada por otra frontal, de pendiente relativamente acusada hacia profundidades de 50-60 m. (perfiles FM-2-8-10-96), que más hacia altamar se adelgaza drásticamente, pasando a ser una fina película recubriendo sedimentos más antiguos. El espesor medio de esta formación es de unos 30 m, superando ocasionalmente los 40 m - 42 m de potencia frente al Cabo de Gata. -Acústicamente, se han registrado reflexiones internas oblicuas, características en la acumulación de dunas submarinas, que ocasionalmente indican dos etapas sucesivas de construcción (FM-5-8-10). Se trata de un depósito de edad holocena reciente, como corresponde a la última etapa transgresiva.

Entre el acuñamiento final del prisma, y los fondos de -80 m, aparecen coberteras sin consolidar, bastante regulares (FM-2-8), registradas con abundancia de ruidos, y prácticamente sin reflectores internos notables.

A partir de los 110-120 m de profundidad, tras una inflexión del "basamento" -o substrato acústico más profundo penetrado por el Uniboom-, aparece un nuevo ambiente sedimentario, definido por una sedimentación importante cuya signatura acústica incluye reflexiones internas describiendo estratificación cruzada, y figuras sedimentarias de apariencia "aluvionar". - Por su posición batimétrica y geológica (cfr. perfiles largos FM-2-8) cabe colegir que esta unidad corresponde a un nivel estacionario del mar durante el Pleistoceno, o en todo caso -calibrando más- durante el Würm .

En efecto, sabemos (cfr. "Cuadro General") que durante - el pleniglacial del Würm (Würm III, datado alrededor de 20.000 años B.P.) el mar retrocedió eustáticamente hasta una cota máxima cercana a los -120 m. Es pues muy posible que los diferentes horizontes sísmicos observados en la unidad anteriormente mencionada, sean pleistocenos en su mayoría, habiendo quedado reducidos los holocenos a un recubrimiento superficial relativamente precario. Sería asimismo posible que se hubiesen registrado unidades pliocenas en la base de los perfiles, aunque de momento carezcamos de los datos que pueden confirmarlo.

Como formación acústica separada de las tres precedentes citaremos la observada -sobre el perfil FM-2-, en el límite entre la unidad intermedia de la sedimentación en plataforma, y la propiamente de altamar donde la aparición de dos pequeños -ascensos del basamento acústico (de algunos metros de altura), puede interpretarse como:

- a) Afloramiento de rocas volcánicas neógenas, procedentes del basamento efusivo del espolón de Gata.
- b) Arrecifes messinienses
- c) Eolianitas, es decir, antiguas dunas subaéreas consolidadas bordeando el antiguo nivel de playa del Würm-III.

La ausencia de continuidad lateral de esas elevaciones nos predispone a asignarles origen volcánico, aunque sin certeza. Más al NE encontramos de nuevo, a profundidad más somera, un afloramiento prominente del substrato, igualmente de naturaleza desconocida (FM-13).

En el segundo sector considerado: al NE del Cañón de Gata, la situación presenta diferencias apreciables.

De entrada, el espesor de la "unidad superior" es, en líneas generales, relativamente escaso.

A todo lo largo de una banda central paralela a la costa, el substrato acústico (de naturaleza indeterminada) es más o menos subaflorante o, en menor proporción, aflorante. El eje de esa banda lo traza de forma más o menos continua, una inflexión del "substrato" (vgr. FM-35-42). Es probable que este rasgo topográfico evidencie un antiguo nivel marino persistente (Plano nº 3). Rondando su actual batimetría los 60 m, podría correlacionarse con la pulsación fría del Würm IV (Tabla-5) que interrumpió episódicamente el ascenso eustático flandriense hacia los 15.000 años B.P. Señalemos que un estacionamiento marino batimétricamente equivalente ha sido mencionado hacia 25.000 años B.P. durante la regresión post-inchiriense (Tabla-5). Este nivel se puede seguir también en el primer sector, pero se encuentra las más de las veces enmascarado por el borde externo del prisma litoral.

Hacia la costa, aunque el recubrimiento superficial es algo más potente, no llega nunca a alcanzar espesores importantes, siendo excepcionales, las acumulaciones superiores a 7 m. Sin embargo, en las inmediaciones de los salientes rocosos de la costa, la situación es muy otra, produciéndose acumulaciones importantes de sedimentos que se extiende hacia el S. La más importante la encontramos frente a Punta Javana, en la cala de San Pedro, con depósitos de unos 33 m de espesor máximo (FM-53). Precisamente frente al tramo de costa que más nos interesa: El Playazo de Rodalquilar, la potencia de la "unidad superior" es escasa (FM-50).

Finalmente, ya mar afuera, encontramos los depósitos correspondientes al nivel estacionario del mar durante el Würm III. La plataforma continental externa, francamente estrecha, aparece aquí constituida por un prisma de sedimentos progradantes, que tienden a localizarse sobre la zona de transición al talud continental (FM-42-68, y sobre todo 50).

En resumen: el estudio de los perfiles sísmicos nos permite distinguir dos sectores bien diferenciados sobre la plataforma continental interna de la Sierra de Gata, separados por el cañón de su nombre. La sedimentación reciente, importante al SW, es al NE relativamente reducida. Esta disposición particular refleja una oposición fundamentada en el comportamiento del par "aportes sedimentarios vs. dinámica de sedimentos".

Es evidente que en el SE, los aportes sedimentarios recientes proceden mayoritariamente de la bahía de Almería (véanse, por ejemplo, las grandes playas arenosas al E de la bahía), desplazándose al NE, donde son capturados por el cañón submarino de Gata. De hecho, la cabecera del cañón se encuentra rellena parcialmente por espesores importantes de sedimentos (FM-18: ± 30 m.).

Cuando la citada dirección de transporte llegue al sector NE, lo hará sin carga de sedimentos, que habrán sido retenidos en el cañón. Tampoco habrá aportes septentrionales, aún con una cierta componente de corriente litoral cuyo sentido es opuesto al anterior (OSTERICHER et al., 1966; STILES et al., - 1966), pues el sistema de cañones submarinos de Palomares actuará de sumidero, impidiendo su llegada. Parece, pues, lógico pensar que la sedimentación reciente que existe en el litoral marino de este sector, se deba a un suministro local de las ramblas de la Sierra de Gata. En cuanto a la orientación SE de las pequeñas acumulaciones arenosas en la vecindad de los ca bos, podría interpretarse como una resultante de transporte li toral opuesta a la que prevalece en el sector de plataforma - distinguido al SW.

5.- RESUMEN DE LOS DATOS SEDIMENTOLOGICOS  
EXISTENTES EN EL AREA DE ESTUDIO.

Como ya hemos mencionado, en la zona investigada no existen demasiados precedentes de investigaciones sedimentológicas:

- (1) Tesis de licenciatura de J. AGUADO, que cubre una pequeña parte de la zona en estudio, frente a la Ensenada de Las Negras y El Playazo de Rodalquilar. Este trabajo fue financiado por ENADIMSA (Proyecto "NEPTUNO II") dentro de un ambicioso programa de prospección de oro en la plataforma balear de Almería, que no llegaría a finalizarse.
- (2) Estudio sedimentológico del Instituto "Jaime Almera" (C.S.I.C., Barcelona), subcontratado para la ejecución del mapa geológico de los fondos marinos de la Provincia de Almería (FOMAR Almería: hojas nº 84, 85, 84-S y 85-S).
- (3) Una serie de muestras de playa, tomadas en la zona por los autores del presente trabajo -aunque ello no estuviese previsto en esta primera fase-.

Sobre estas bases, hemos intentado construir una visión de conjunto de las principales características sedimentológicas de la zona. Se trata de una visión específicamente orientada a servir como instrumento en la confección del programa de la fase siguiente ("Toma de muestras"), consecutiva al presente estudio.

#### 5.1.- CARBONATOS (Plano nº 5)

La carbonatometría da información sobre las condiciones sedimentológicas que reinan en la plataforma continental bajo el punto de vista de la dualidad entre los aportes detríticos terrígenos, suministrados por las tierras emergidas (vía ramblas, ríos, etc.) y los sedimentos bioclásticos de origen marino procedentes del fraccionamiento de conchas, esqueletos de otros organismos marinos, etc.

Las áreas detríticas más importantes se encuentran principalmente en la zona litoral, frente al tramo de costa Cabo - de Gata-San José, con un contenido general en carbonatos menor al 20%, y que llega a ser menor que el 10% a medida que nos - aproximamos a la costa. Otras áreas detríticas están distribuídas a lo largo de la costa, pero son de pequeño tamaño y permanecen próximas a ella (Rodalquilar, Las Negras y Mesa de Roldán).

Por el contrario, el tramo externo de plataforma, es generalmente el lugar donde hallamos una sedimentación bioclástica importante, superior al 50% y con núcleos de más del 70% - (el máximo conocido es 85%), que llega hasta su mismo borde. - Más hacia altamar (talud continental) parece decrecer el contenido en carbonatos. Observación válida también para la parte - sur del espolón de Gata.

Este modelo, muy simplificado, presenta dos excepciones: la principal, parece dibujar un avance desde la banda externa - hasta la costa de la región de La Isleta, localizándose la segunda en las cercanías de la Punta del Plomo.

#### 5.2.- LUTITAS (Plano nº 6)

El contenido en lutitas, es decir, la fracción granulométrica inferior a 65 micras, proporciona información sobre la - existencia de enclaves fangosos que reflejan las zonas de menor energía hidrodinámica, o las de importantes aportes detríticos finos. Más allá del borde de la plataforma, es decir, sobre el talud continental, encontramos los depósitos fangosos - hemipelágicos.

El rasgo más característico de la plataforma considerada es la existencia de un área fangosa centrada frente al segmento de costa que va del Playazo hasta la Mesa de Roldán, con un

núcleo de casi 80% entre profundidades de 60-80 metros. Según nuestra investigación geofísica, la potencia de esta zona fangosa no debería ser importante, estando situada en la zona de espesores escasos de la "Unidad Superior". En otras partes de la zona interna, el contenido en lutitas es inferior al 20%, y llega a ser menor de 10%.

Excepción a lo antedicho es la región alrededor de La Punta de la Polacra, donde vemos dos disposiciones opuestas : al N, una zona notablemente libre de sedimentos finos, que llega casi al borde de la plataforma continental, y por el contrario, otra al S donde los contenidos de más del 20% de lutitas alcanzan la costa.

La presencia de regiones fangosas frente a la rambla que drena la zona de Rodalquilar puede ser de gran importancia geoquímica, ya que las arcillas constituyen una posible trampa para los variados elementos metálicos abundantes en la zona. Se sabe que el oro de Rodalquilar es de dimensiones microscópicas, lo que conduce a pensar que sus partículas podrían concentrarse en estas zonas fangosas.

Un análisis factorial multielemento de las muestras que se tomen en la segunda fase, será de gran importancia para conocer el comportamiento relativo de los elementos geoquímicos presentes en la zona.

Este análisis constituirá, una vez finalizado, un ejemplo de investigación geoquímica muy interesante, ya que hasta ahora se han hecho muy pocos en el mundo.

### 5.3.- MINERALES PESADOS

De las muestras superficiales tomadas durante las campañas previstas para la confección del mapa geológico de la plataforma continental de la provincia de Almería, es difícil inferir conclusiones mineralógicas, en particular acerca de los contenidos en minerales pesados, dada la metodología analítica utilizada. Lo único que podemos decir es que las concentraciones de mm.pp. parecen más importantes, cerca de la costa, como muestran conspicuamente dos zonas: la que va del Cabo de Gata a San José y la que desde el N de La Isleta llega hasta la Cala de San Pedro. Estas dos zonas coinciden aproximadamente con los máximos detríticos ya mencionados

De las 9 muestras de arena de playa tomadas, entre el nivel del mar y algunos metros tierra adentro, desde el pueblo de Cabo de Gata hasta Garrucha se puede decir lo siguiente:

Las concentraciones de mm.pp. más importantes se dan en las playas de Las Negras y del Plomo (ver fotos nº 5 y 6) con 63,3% y 64,5%, respectivamente, de ilmenita más magnetita, con presencia notable de piroxeno.

En las otras playas los contenidos son considerablemente inferiores: 1% y 2% (playas del pueblo de Gata, Genoveses, Carboneras, Garrucha).

Para la playa de la Isleta y la rambla de Las Yeguas (drenaje de la escombrera de la mina de Rodalquilar) esos mismos valores de ilmenita más magnetita son muy precarios: 0,1 % y 0,04%, respectivamente.

Los otros minerales pesados concentrados son: rutilo, anatasa, zircón, óxidos de hierro, piroxenos u anfíboles, epidota, micas y ocasionalmente, granates, andalucita, estauroлита, etc. Se observa asimismo la presencia de jarosita (sulfato

de potasio y hierro).

El único punto donde la muestra sobrepasa el umbral de detección del oro (0,1) es Rambla de Las Yeguas (0,5), valor débil como puede verse. Debilidad atribuible a la naturaleza arenosa de la muestra; la porción más fina (precisamente la más rica) estaría siendo transportada al mar.

Para los demás elementos los contenidos, no parecen corresponder a anomalías, tienden a la normalidad, contrastando con la concentración en Rambla de Las Yeguas, de la mayoría de los valores más altos: Cu 90 ppm, Pb 220 ppm, Bi 13 ppm, As 90 ppm, Sn 90 ppm. En la playa del Plomo se encuentra el máximo de Zn 258 ppm y de Co 45 ppm; también en Las Negras hay valores interesantes: Pb 73 ppm, Zn 154 ppm, Co 30 ppm. Para Ag hay solamente dos muestras que sobrepasan el umbral de detección (1 ppm): son las de El Playazo y Genoveses.

Los valores anteriores no corresponderían propiamente a anomalías geoquímicas s.l. Su aparente pobreza no es sino reflejo de que las muestras estudiadas eran arenosas y, como ya hemos expuesto, los elementos motivo de la investigación, son precisamente aquellos que se concentran con preferencia en los sedimentos más finos.

6.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGUADO, J., 1973.- "Estudio de la sedimentación actual en la plataforma continental al Noreste de Cabo de Gata (Almería)". Tesis, Madrid, p. 1-60.

AGUSTIN MARIN, D.; D.J. MILANS DEL BOSCH, ...?.- "Yacimientos auríferos de Rodalquilar"?, 34, 14, p. 209-228.

ANGELIER, J.; J.P. CADET; G. DELIBRIAS; J. FOURNIGUET; M. GIGOUT; M. GUILLEMIN; C. LALOU; G. PIERRE, 1976.- "Les déformations du Quaternaire marin, indicateurs néotectoniques. Quelques exemples méditerranées". Rev. Geogr. Phys. Geol. - Dyn. (2), 18, 5, p. 427-448.

AUFFRET, G.A.; L. PASTOURET; H. CHAMLEY; F. LANOIX, 1974.- "Influence of the prevailing current regime on sedimentation in the Alboran Sea". Deep Sea Res., 21 p. 839-849.

BELLAICHE, G.; C. BLANPIED, 1979.- "Evolution sédimentaire quaternaire de la plate-forme pélagienne". In: "La mer pélagienne". Geol. Méditerran., 6, 1, p. 304-308.

BELLON, H., 1976.- "Séries magmatiques néogènes et quaternaires du pourtour de la Méditerranée occidentale, comparées dans leur cadre géochronologique - implications géodynamiques". Thèse, Orsay, p. 1-367.

BELLON, H.; P. BORDET; C. MONTENAT, 1980.- "Témoins d'épisodes plutoniques miocènes dans le massif du Cabo de Gata (SE - Espagne)". 8<sup>e</sup> R.A.S.T., Marseille, 35.

BELLON, H.; R. BROUSSE, 1977.- "Le magmatisme périméditerranéen occidental . Essai de synthèse".Bull. S.G.F., 19, 3, p. - 469-480.

BOUSQUET, J.C., 1977.- "Contribution a l'étude de la tectonique récente en Méditerranée occidentale: les données de la néotectonique dans l'arc de Gibraltar et dans l'arc - Tyrrhénien". Intern. symp. structur. hist. Méditerr. bassins (Split, 1976) Ed. Technip p. 199-214.

BOUYASSE, P.; H.R. KUDRASS; F. LE LANN, 1977.- "Reconnaissance sédimentologique du plateau continental de la Guyane Française".Bull. B.R.G.M., 4, 2, p. 141-179.

GARCIA-RODRIGUEZ y ALVAREZ, J., 1977.- "Estudio de la plataforma continental cuaternaria del Sur de la provincia de Almería". En "Estudio del ambiente y recursos geológicos de la zona costera y plataforma continental del S.E. de España", Tomo II, p.34-104, ENADIMSA-INI.

HERNANZ, D.L., 1918.- "Estudio de criaderos metalíferos de la zona de Rodalquilar (Almería)" ? ...

LACOMBE, H.; P. TCHERNIA, 1972.- "Caracteres hydrologiques et circulation des eaux en Méditerranée". In: The Mediterranean Sea, (Stanley Ed.), p. 25-36.

LODDER, W., 1966.- "Gold-alunite deposits and zonal wall-rock alteration near Rodalquilar, SE Spain".Thèse. Wageningen, p. 1-93.

OSTERICHER, C.; J.A. BURGER; N.T. STILES; D.A. BURNS, 1966.- "Environmental conditions during aircraft Salvops Med (Appendix 7)". US Naval Oceanographic Office, Open-file report 4420, 59 p.

STILES, N.T.; E. ACHSTETTER; P. BOCKMAN; G. GILBERT; D.S. HILL;  
V. WILLIAMS, 1966.- "A summary of engineering properties, sedi-  
ment size and composition analyses of cores from Salvops:  
Feb.-Mar. 1966, Palomares, Spain". U.S. Naval Oceanogra-  
phic Office, Laboratory item 286, (EXP) 3167/18 B.

7.- RECOMENDACIONES

Los resultados de la primera fase, dedicada esencialmente a investigaciones indirectas -Geofísica Marina- han sido presentados en los capítulos precedentes. A la vista de ellos, se propone realizar una segunda fase de toma y análisis de muestras, datos que servirán para:

- Confirmar la interpretación geofísica realizada
- Fortalecer las hipótesis de evolución sedimentológica de la región.
- Establecer los criterios de decisión, en la zona bajo un punto de vista minero.

Por todo lo cual, se recomiendan los siguientes trabajos:

#### I. Trabajos en el mar

- 1.a. Toma de 183 muestras superficiales en estaciones prefijadas -especificadas en el plano n° 7- con draga de cuchara tipo "Grab Shipek" o similar.
- 1.b. Toma de 4 muestras en zonas de probable afloramiento rocoso -situación especificada en el mencionado plano n° 7- con draga de arrastre o sonda de gravedad ("gravity corer").

Estos desmuestres se realizan con barco y equipo españoles; el barco puede ser de dimensiones reducidas. Se prevé una duración máxima en campaña de un mes, faenando sólo durante el día.

2. Toma de 50 muestras con vibrosonda de testigo de 8 m. de penetración máxima, con testigo encamisado. Cada testigo obtenido se fraccionará en tubos de 1 m, que serán convenientemente sellados y marcados; el equipo de vibrosondeo se ha contratado al BRGM.

El barco a utilizar, español, tiene que cumplir unas características especiales para poder maniobrar la vibrosonda, que tiene 10 m de altura y un voluminoso - equipo anexo de control, que requiere superficie libre considerable en cubierta, y otras consideraciones. Se recomienda un barco de unos 40-60 m de eslora.

Teniendo en cuenta las previsiones meteorológicas de la zona de investigación, se recomienda operar entre los meses de mayo y octubre del año en curso.

Se espera obtener unas 500 muestras en total.

## II. Análisis de las muestras tomadas anteriormente

### 2.a. Rocas

- Petrología volcánica y datación K-Ar en las muestras que sea necesario.
- Micropaleontología (cronoestratigrafía)

### 2.b. Sedimentos blandos

- Granulometría
- Carbonatometría mediante ataque con ClH conservando el residuo.

- Minerales pesados. Obteniendo ley y análisis semicuantitativo (tipo ADARO).
- Geoquímica sobre elementos principales y trazas , más Au y Ag. Se hará sobre fracción superior e inferior a 65 micras. Análisis factorial de los resultados.
- Análisis (Rayos X) de los minerales arcillosos de la fracción lutítica de unas 20 muestras.
- Determinaciones micropaleontológicas y palinológicas en 20-30 muestras tomadas solamente en los vibrosondeos.
- Dataciones C<sup>14</sup> de conchas (5 muestras como máximo) tomadas de los vibrosondeos.

### III - Síntesis general y conclusiones

## ILUSTRACIONES

- FIGURA-1.- SITUACION GENERAL
- TABLA-1 .- ESCALA CRONOLOGICA DEL NEOGENO
- TABLA-2 .- CRONOLOGIA DEL VULCANISMO DE LA SIERRA DE GATA
- TABLA-3 .- LAS PRINCIPALES GLACIACIONES EN EUROPA
- TABLA-4 .- LAS TERRAZAS MARINAS CUATERNARIAS EMERGIDAS EN EL MEDITERRANEO Y MARRUECOS.
- TABLA-5 .- ESQUEMA DE LAS VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR EN EL PLEISTOCENO TERMINAL Y EN EL HOLOCENO.
- PLANO-1 .- SITUACION DE LOS PERFILES GEOFISICOS
- PLANO-2 .- BATIMETRIA DEL FONDO DEL MAR
- PLANO-3 .- ISOCRONAS DE LA BASE DE LA UNIDAD SUPERIOR
- PLANO-4 .- ISOPACAS DE LA UNIDAD SUPERIOR
- PLANO-5 .- CONTENIDO EN CARBONATOS
- PLANO-6 .- % EN LUTITAS MAS ARCILLAS
- PLANO-7 .- PROGRAMA DE SONDEOS PROPUESTOS PARA LA SEGUNDA FASE.

CORTES-TIEMPO.- Del 1 al 26

FOTOGRAFIAS

CORTES-TIEMPO (PERFILES UNIBOOM)

- ESCALA VERTICAL : En milisegundos tiempo doble
  - ESCALA HORIZONTAL: DISTANCIA ENTRE LOS "FIXES" SEGUN ESCALA GRAFICA KILOMETRICA.
- V: VIBROSONDEOS PROPUESTOS PARA EXPLICAR LA CRONOESTRATIGRAFIA.
- D: DRAGAS DE ROCA PROPUESTAS PARA EXPLICAR LA CRONOESTRATIGRAFIA.

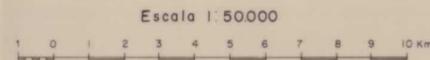


**NOTA**

CAMPAÑA SISMICA DE ALTA RESOLUCION (Febrero 1981)

**LEYENDA**

- PERFILES
- o COMIENZO DE PERFIL
- (ISOBATA) 200m.
- NIVEL APROXIMADO DEL MAR WÜRM III (-20.000 BT)



**SITUACION DE LOS PERFILES GEOFISICOS**

AUTORES: G. DEL AMOR  
P. BOUYSSÉ

DIBUJADO RUGOMA S.A.	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA 31 DICIEM 81	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	
COMPROBADO		
AUTOR	PROYECTO <b>FOMAR MINERIA</b> (Rodalquilar) 1ª Fase	CLAVE
ESCALA 1:50.000	SITUACION DE LOS PERFILES GEOFISICOS	PLANO Nº <b>1</b>

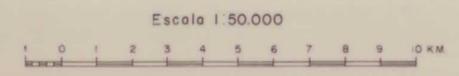
10764



10264

**LEYENDA**

- LINEA DE BATIMETRIA FM ( Steigen FM.81)
- - - LINEA DE INTERPRETACION, INTERPOLACION
- - - LINEA DE BATIMETRIA F.C. (Uchupi)
- - - LINEA ISOBATA DE 200m.



**MAPA BATIMETRICO DEL FONDO MARINO**

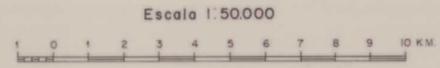
AUTORES: G. DEL AMOR  
P. BOUYSE

DIBUJADO FLUGOMA S.A.	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA 31-DICIEM-81	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	
COMPROBADO	PROYECTO FOMAR MINERIA (Rodalquilar) 1ª Fase	CLAVE
AUTOR		PLANO Nº
ESCALA 1:50.000	MAPA BATIMETRICO DEL FONDO MARINO	2
CONSULTOR		



**NOTA**  
 CURVAS ISOCRONAS EN MILISEGUNDOS (mseg) (Tiempo simple = TD/2)

- LEYENDA**
- > EJE DE VALLES
  - LINEA DE LAS ISOCRONAS
  - - - LINEA WURM III (Aproximadamente)
  - - - LINEA ISOBATA DE 200 m.
  - ..... POSIBLE NIVEL DE ESTACIONAMIENTO DEL MAR DURANTE EL WURM IV (Posición aproximada)

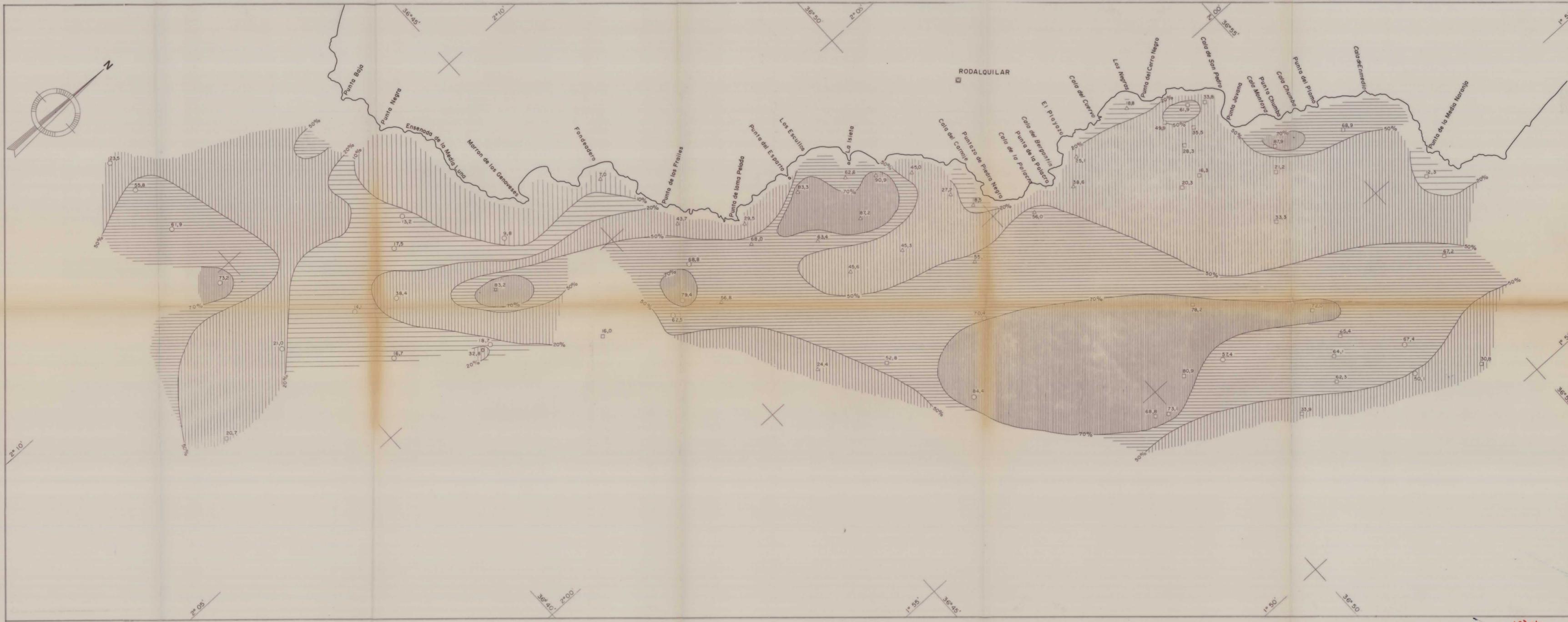


**MAPA DE LAS ISOCRONAS DE LA BASE DE LA UNIDAD SUPERIOR**

AUTORES: G. DEL AMOR  
 P. BOUYSSÉ

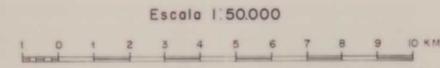
DIBUJADO RUGOMA S.A.	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA 31-DICIEM-81	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	
COMPROBADO	IGME	
AUTOR	PROYECTO FOMAR MINERIA (Rodalquilar) 1ª Fase	CLAVE
ESCALA 1:50.000	MAPA DE LAS ISOCRONAS DE LA BASE DE LA UNIDAD SUPERIOR.	PLANO Nº 3
CONSULTOR		

10364



LEYENDA

- |  |             |  |                   |
|--|-------------|--|-------------------|
|  | > 70 %      |  | < 10%             |
|  | > 50% < 70% |  | DRAGA DE CUCHARA  |
|  | > 20% < 50% |  | TESTIGO DE ROCA   |
|  | > 10% < 20% |  | TESTIGO DE PISTON |
|  |             |  | TESTIGO DE CAJA   |



CONTENIDO EN CARBONATOS

AUTORES: G. DEL AMOR  
P. BOUYASSE

DIBUJADO RUGOMA S.A.	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA 31-DICIEM-81	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	
COMPROBADO		
AUTOR	PROYECTO FOMAR MINERIA (Rodalquilar) 1ª Fase	CLAVE
ESCALA 1:50.000		PLANO Nº
CONSULTOR	CONTENIDO EN CARBONATOS	5

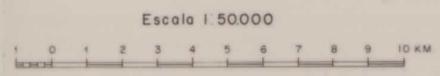
10264





LEYENDA

-  > 70%
-  > 50% < 70%
-  > 20% < 50%
-  > 10% < 20%
-  < 10%
-  X IGME Febrero 1981 (arenas de playa)
-  O DRAGA DE CUCHARA
-  □ TESTIGO DE ROCA
-  ☆ TESTIGO DE PISTON
-  △ TESTIGO DE CAJA



% EN LUTITAS MAS ARCILLAS

AUTORES: G. DEL AMOR  
P. BOUYSSÉ

DIBUJADO R. UGOMA S.A.	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA 31-DICIEM-81	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	
COMPROBADO		
AUTOR	PROYECTO FOMAR MINERIA (Rodalquilar) 1ª Fase	CLAVE
ESCALA 1:50.000		PLANO Nº 6
CONSULTOR	% EN LUTITAS MAS ARCILLAS	

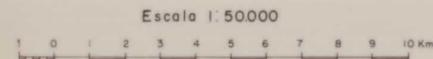
10764



**NOTA**

**LEYENDA**

- DRAGAS DE ROCAS
- ✱ VIBROSONDEOS PARA INTERPRETAR LA SISMICA
- X VIBROSONDEOS
- DRAGAS DE CUCHARA



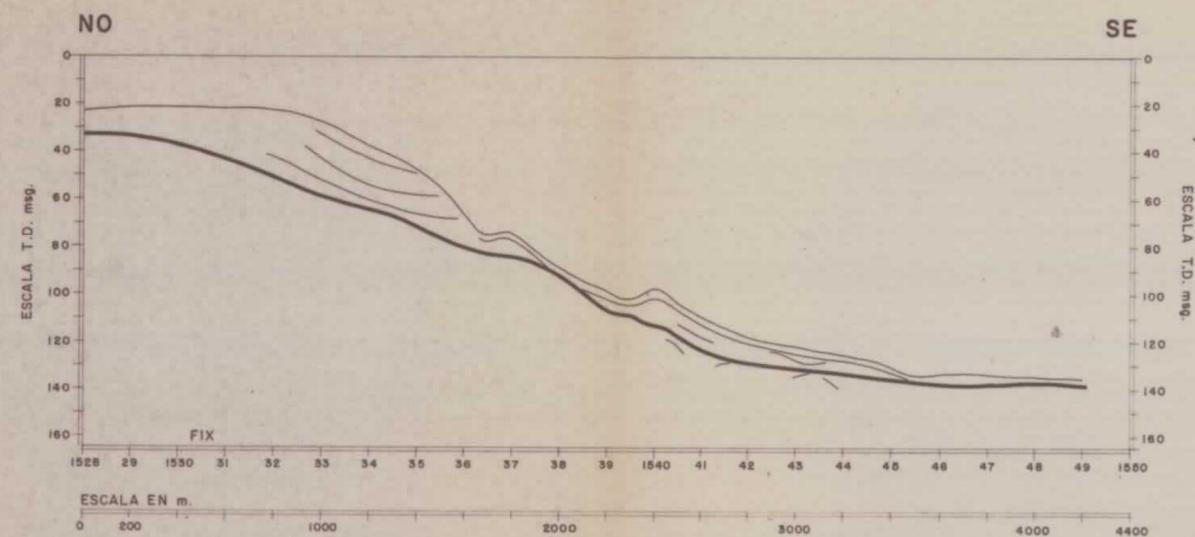
**PROGRAMA DE SONDEOS PROPUESTOS PARA LA 2ª FASE**

AUTORES: G. DEL AMOR  
P. BOUYSSÉ

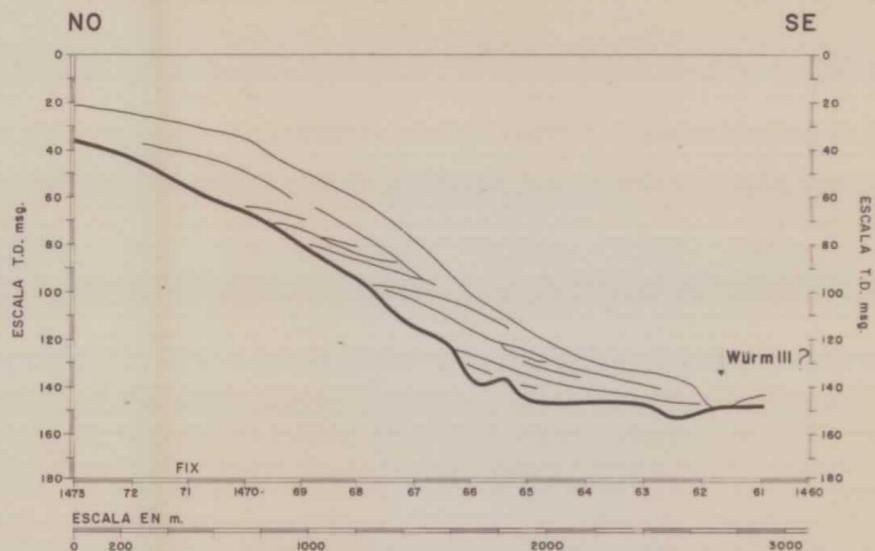
DIBUJADO RUGOMA S.A.	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA 31 DICIEM 81	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	
COMPROBADO		
AUTOR	PROYECTO FOMAR MINERIA (Rodalquilar) 1ª Fase	CLAVE
ESCALA 1:50.000		PLANO Nº 7
CONSULTOR	PROGRAMA DE SONDEOS PROPUESTOS PARA LA 2ª FASE	

10264

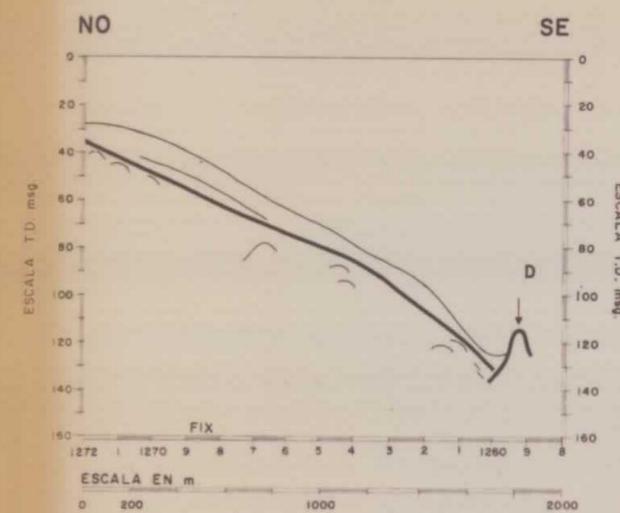
PERFIL FM-16



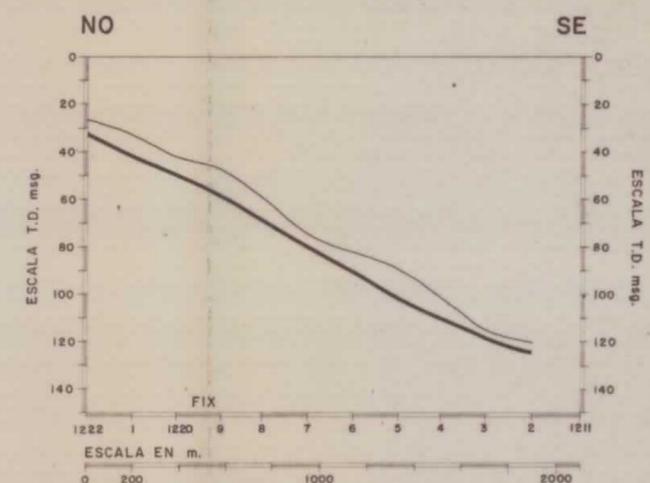
PERFIL FM-18



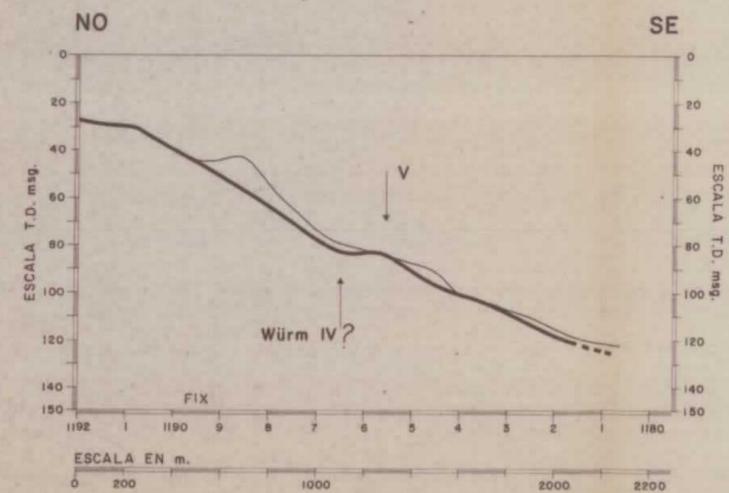
PERFIL FM-20



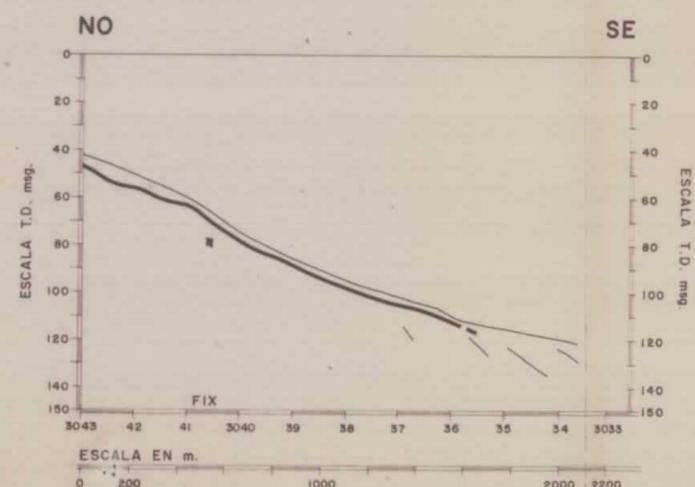
PERFIL FM-24



PERFIL FM-27

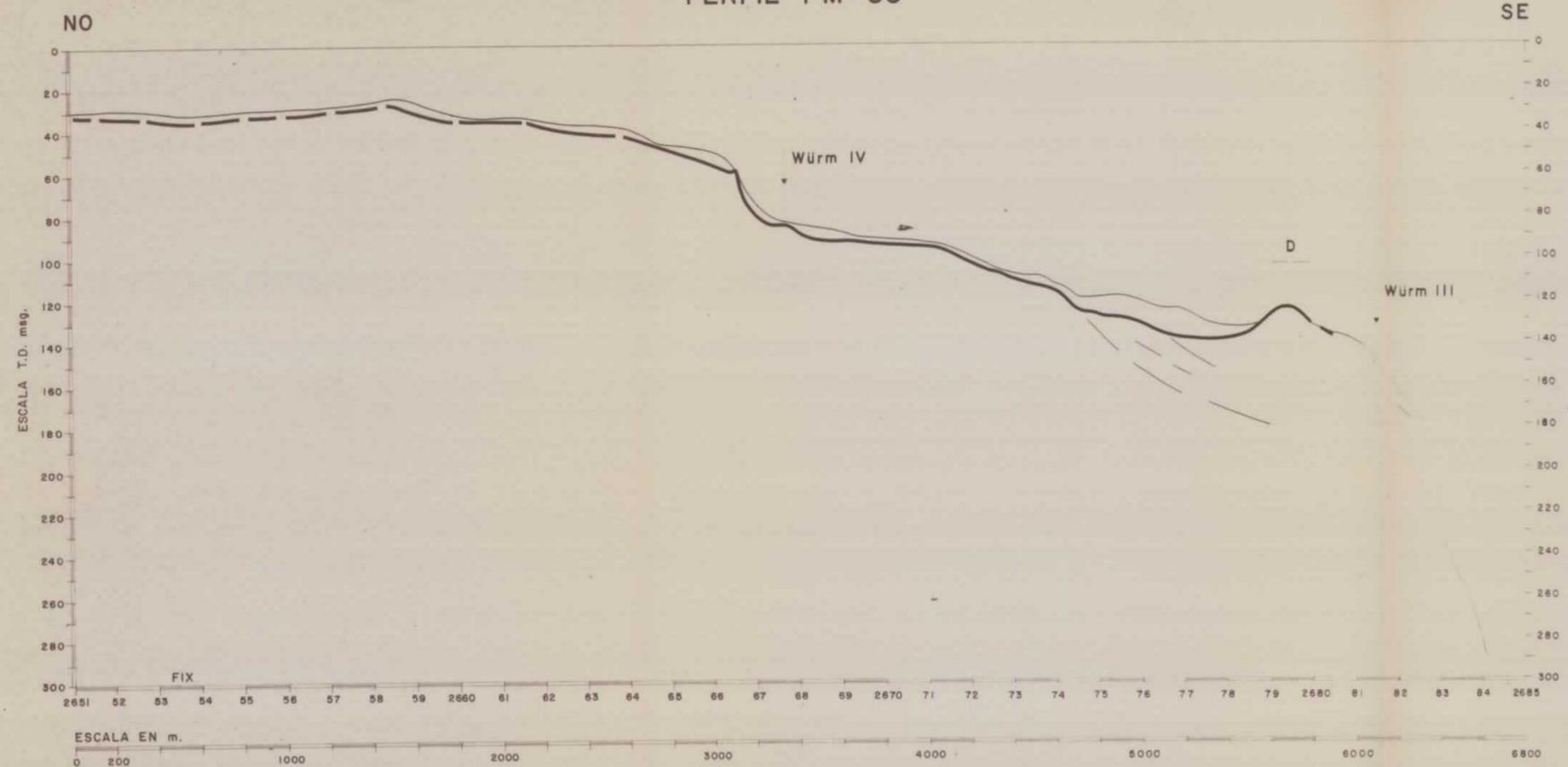


PERFIL FM-29

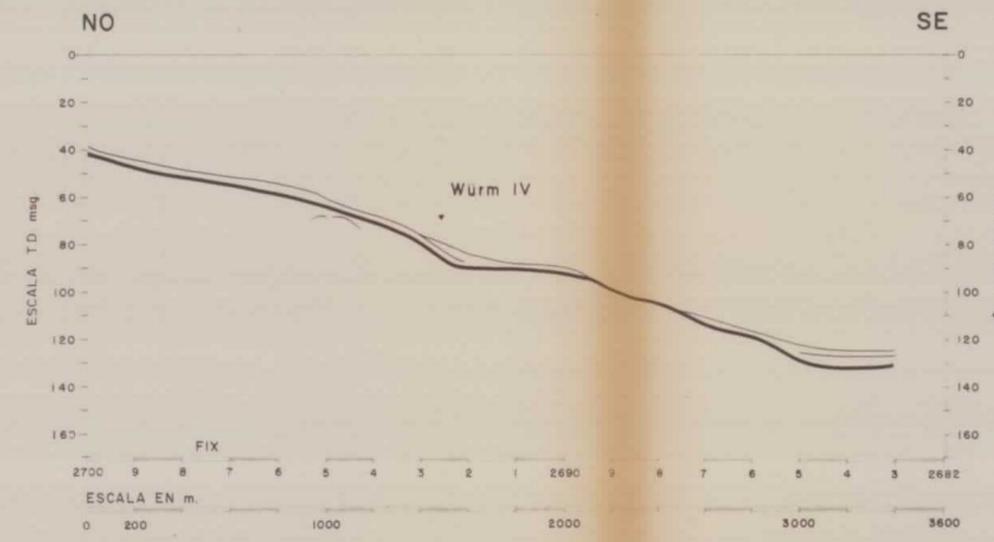


DIBUJADO	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA		
FECHA	31-XII-81		
COMPROBADO	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		
AUTOR	PROYECTO	FOMAR MINERIA (RODALQUILAR)	CLAVE
ESCALA	1ª Fase		
CONSULTOR	PERFILES FM-16, 18, 20, 24, 27 y 29		PLANO Nº

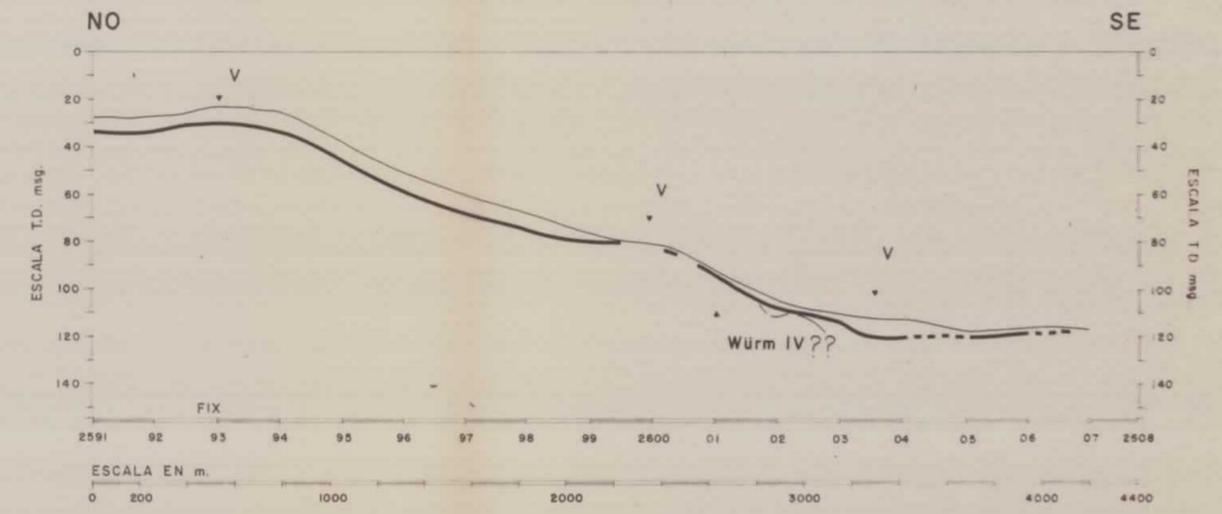
PERFIL FM-33



PERFIL FM-35

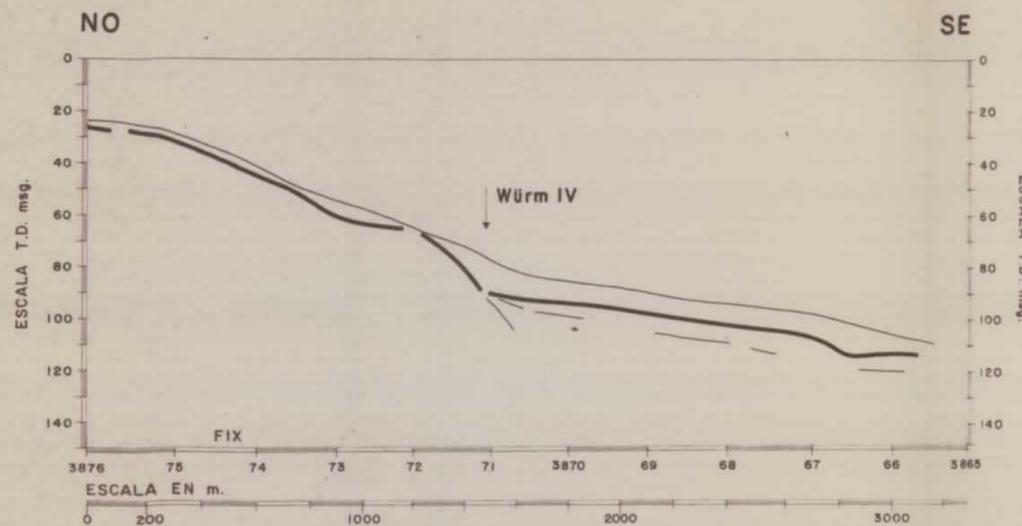


PERFIL FM-38

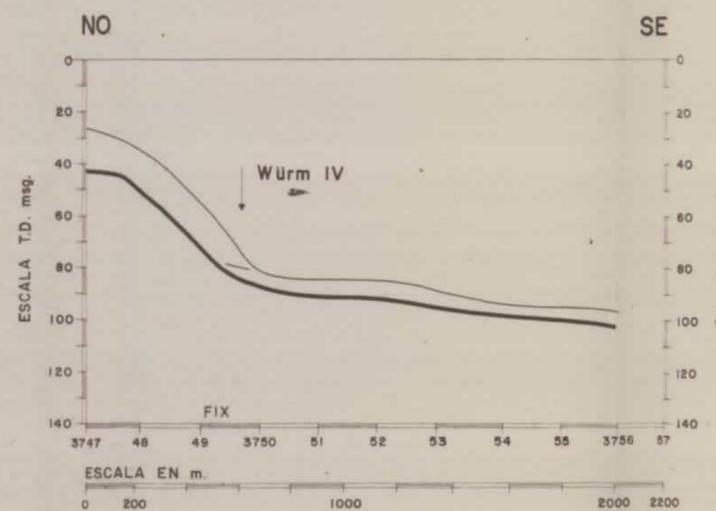


DIBUJADO	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA	31-XII-81	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
COMPROBADO		
AUTOR	PROYECTO	FOMAR MINERIA (RODALQUILAR) 1º Fase
ESCALA		
CONSULTOR	PERFILES FM-33, 35 y 38	
	CLAVE	PLANO Nº

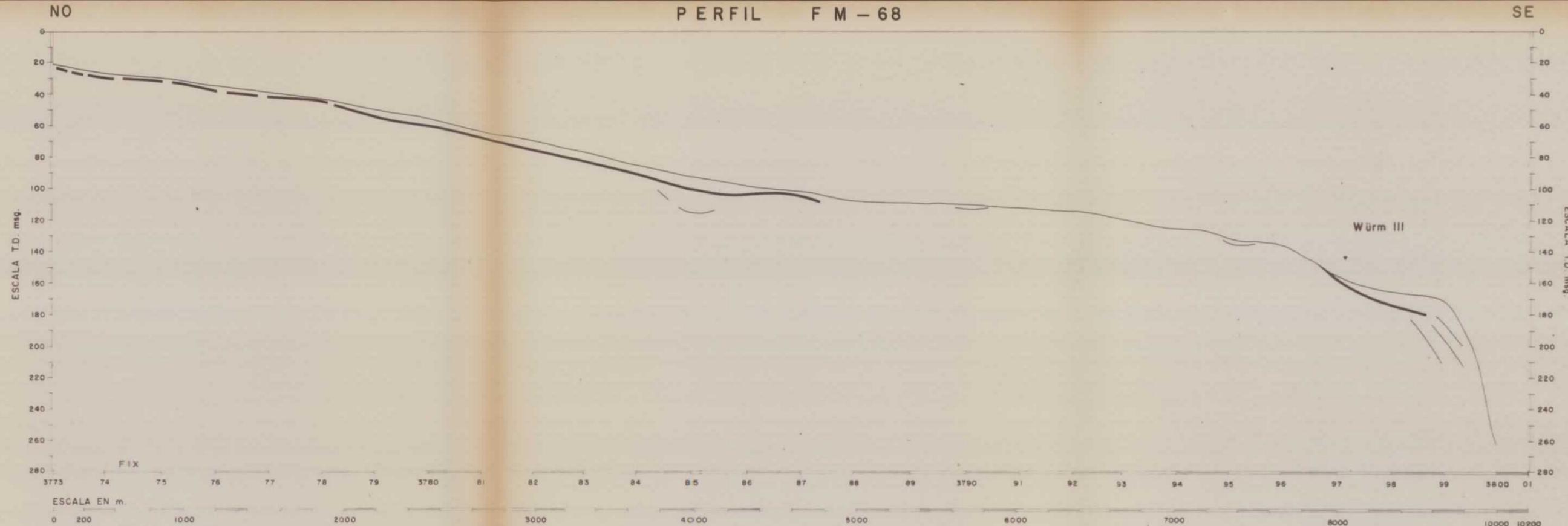
PERFIL FM-65



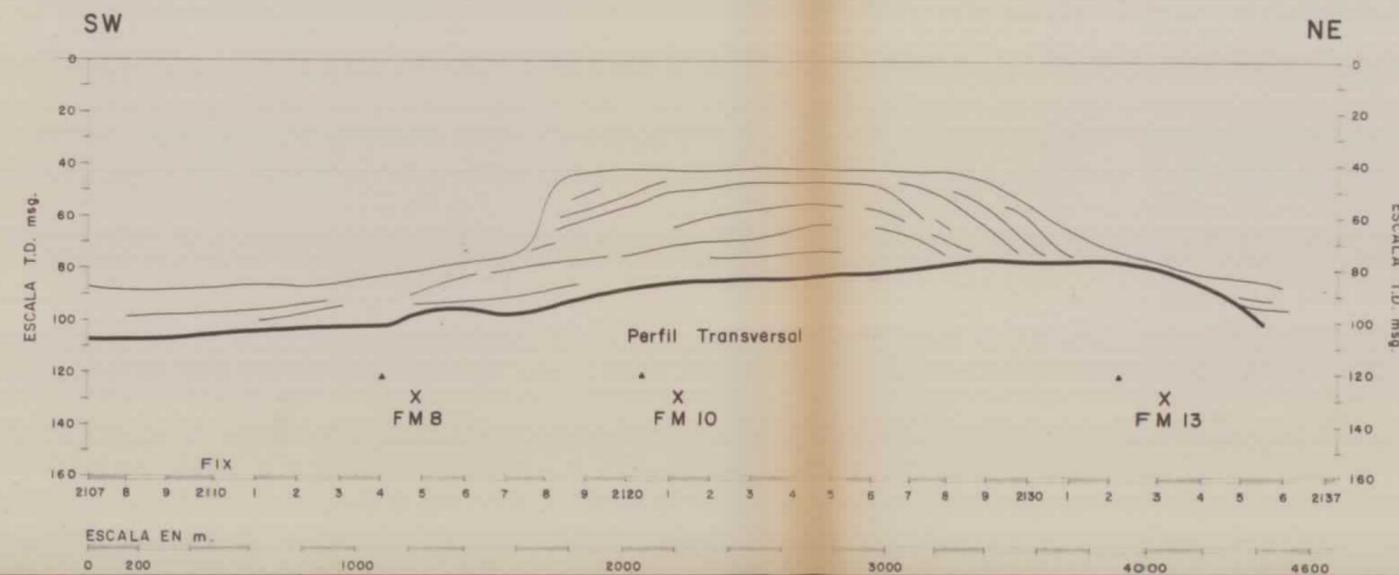
PERFIL FM-71



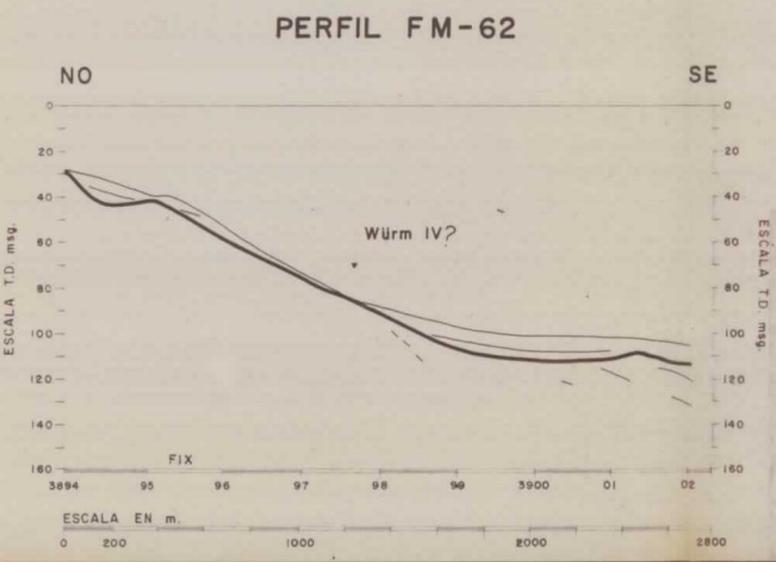
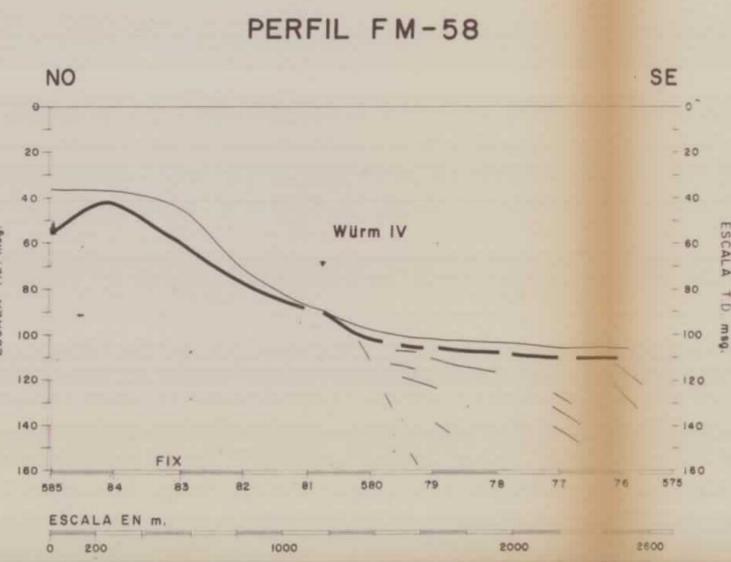
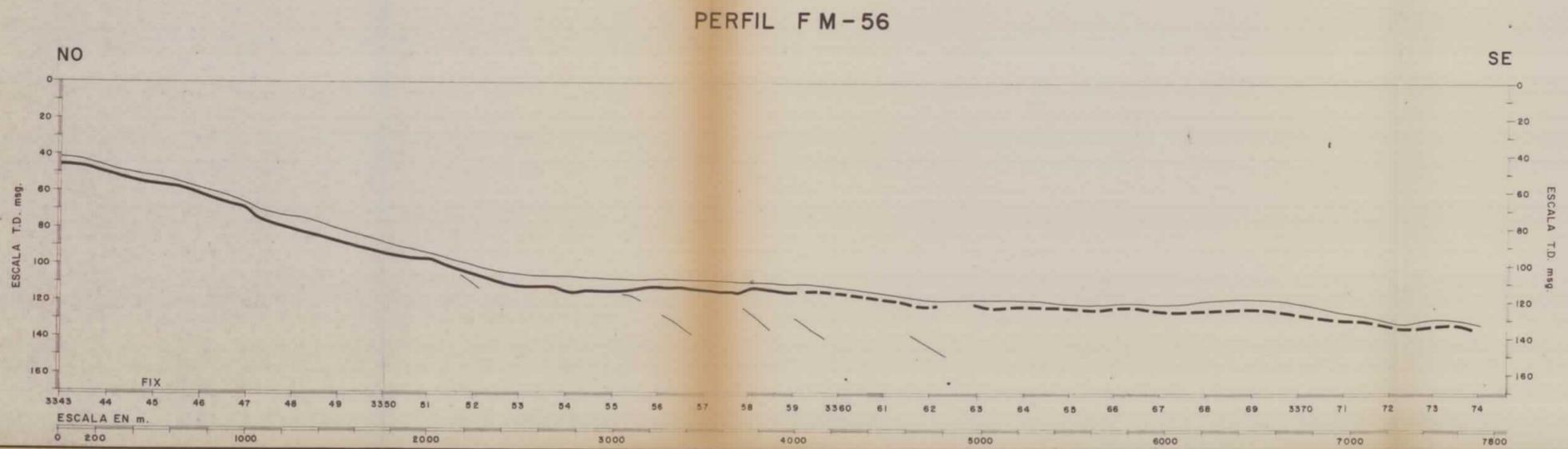
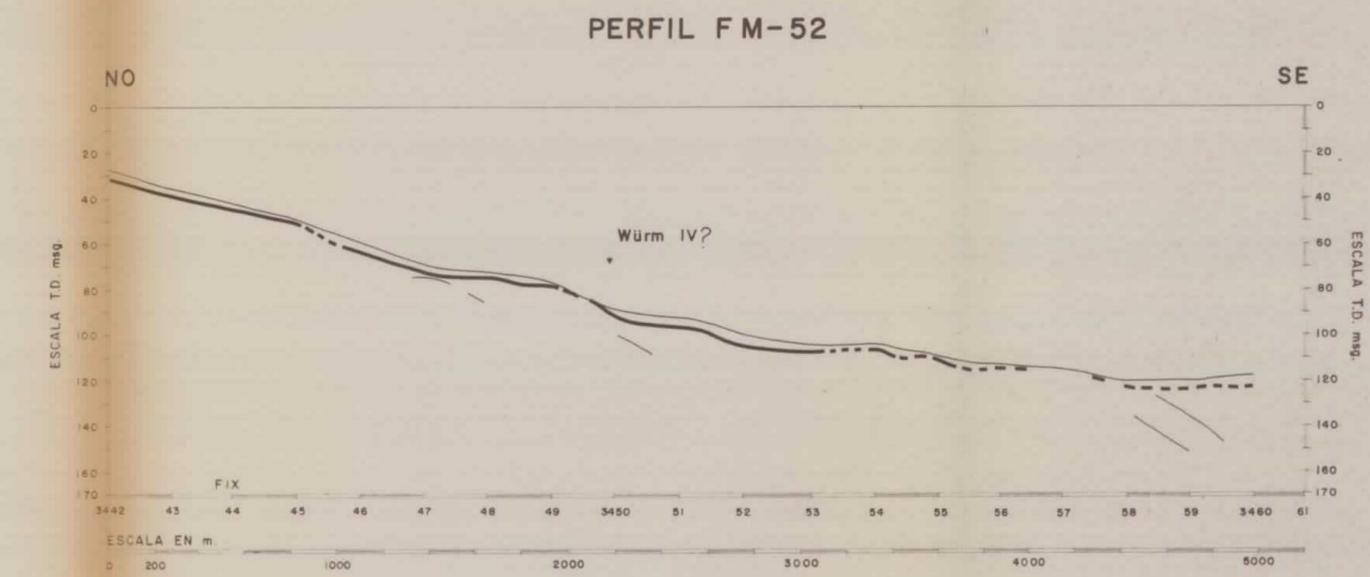
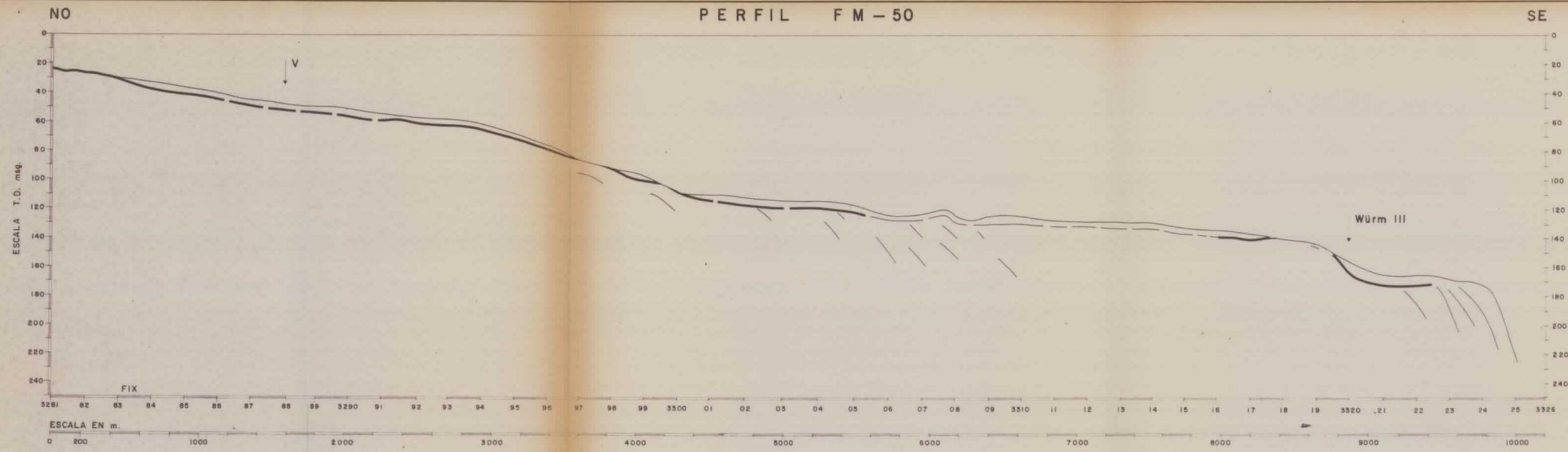
PERFIL FM-68



PERFIL FM-96

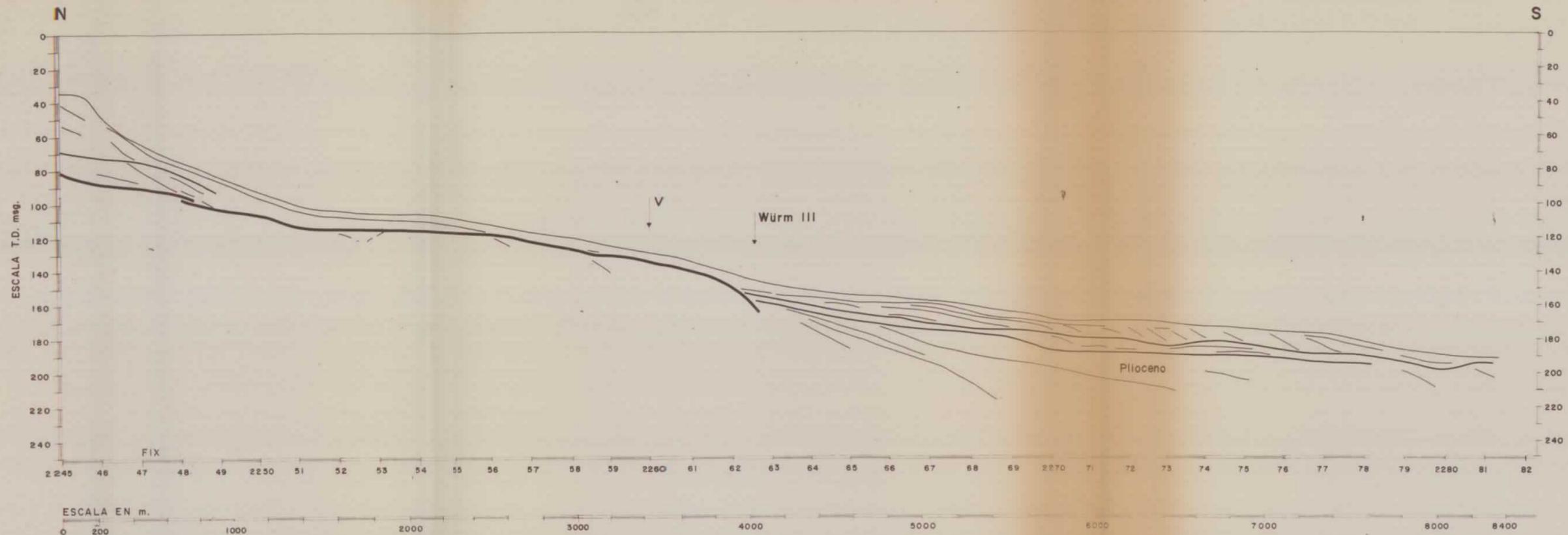


DIBUJADO	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA		IGME
FECHA	31-XII-81		
COMPROBADO	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		
AUTOR	PROYECTO	FOMAR MINERIA (RODALQUILAR)	CLAVE
ESCALA	1ª Fase		
CONSULTOR	PERFILES FM-65, 68, 71 y 96		PLANO Nº

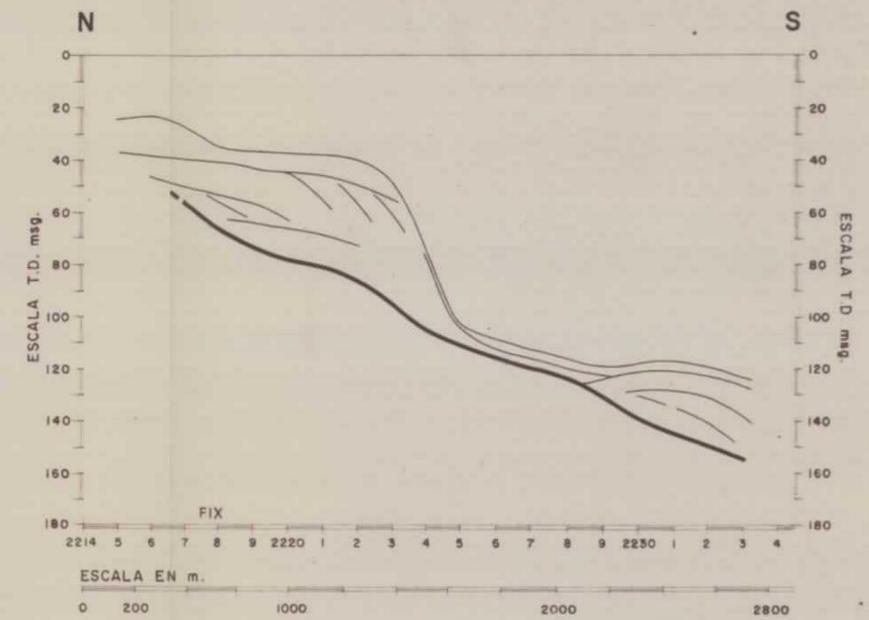


DIBUJADO	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA		
FECHA	31-XII-81		
COMPROBADO	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		
AUTOR	PROYECTO	FOMAR MINERIA (RODALQUILAR)	CLAVE
ESCALA	1ª Fase		
CONSULTOR	PERFILES FM-50, 52, 56, 58 y 62		PLANO N°

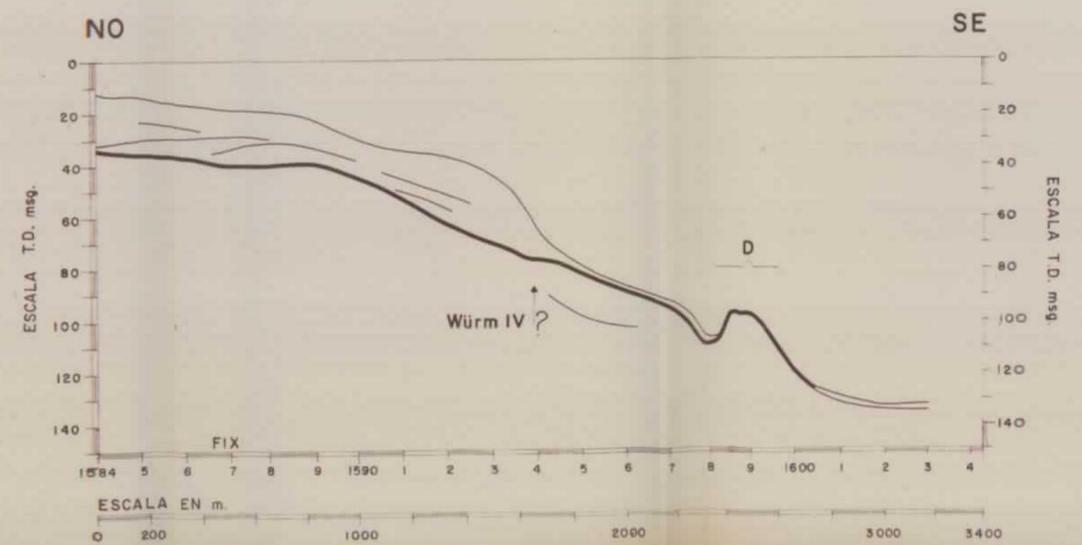
PERFIL F M-8



PERFIL F M-10

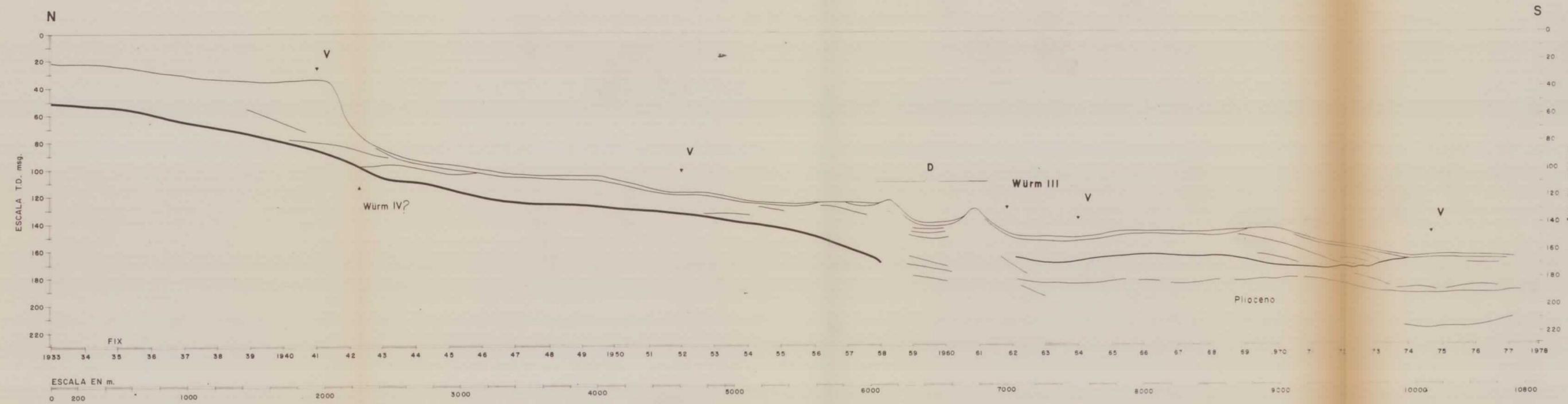


PERFIL F M-13

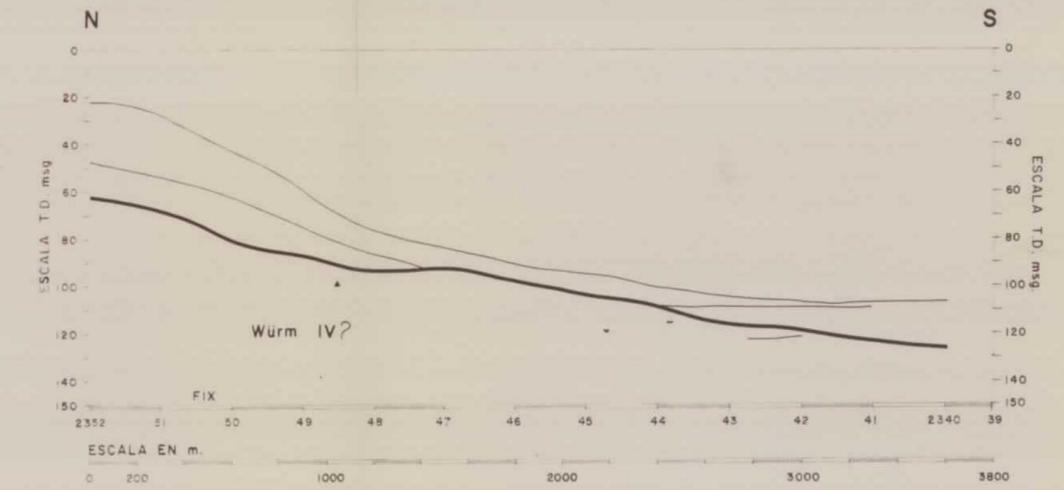


DIBUJADO	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA		 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
FECHA	31-XII-81		
COMPROBADO			
AUTOR	PROYECTO	FOMAR MINERIA (RODALQUILAR)	CLAVE
ESCALA	1ª Fase		
CONSULTOR	PERFILES FM-8, 10 y 13		PLANO Nº

PERFIL F M-2

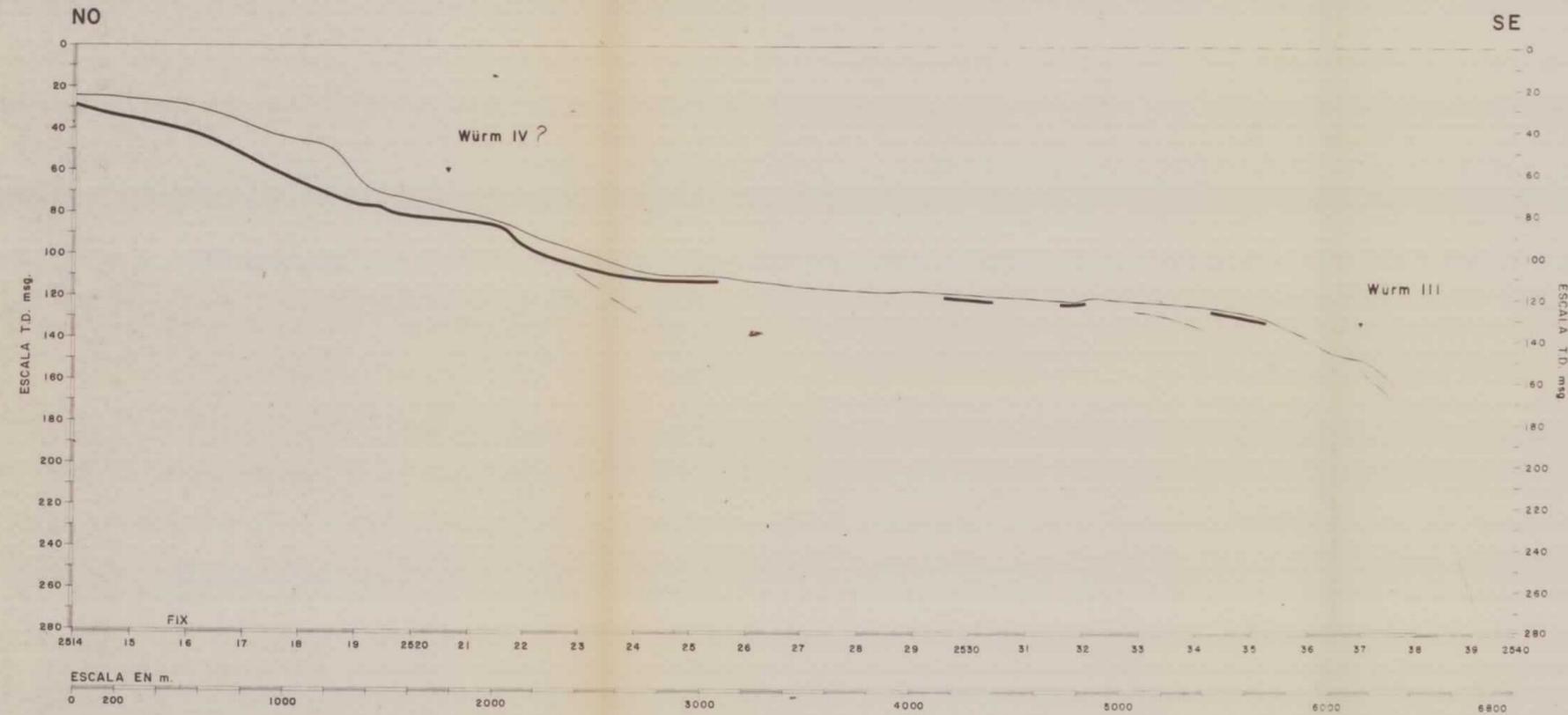


PERFIL F M-5

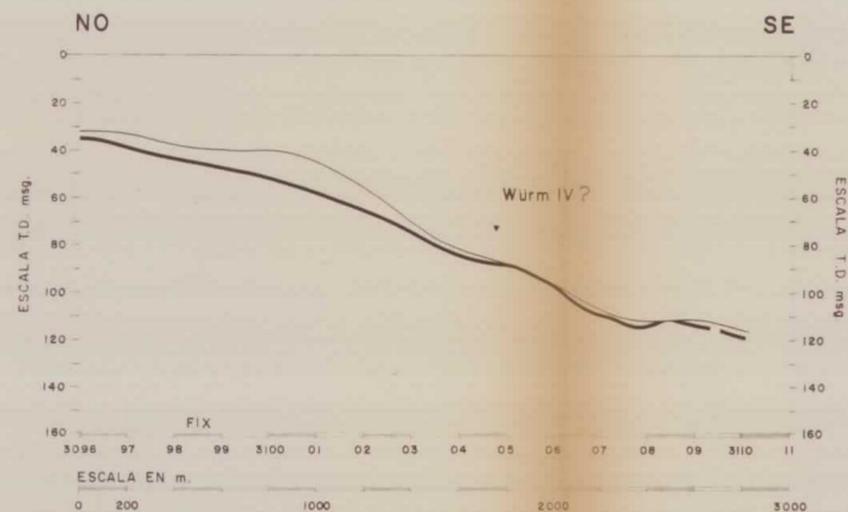


DIBUJADO	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA 31-XII-81	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	
COMPROBADO	IGME	
AUTOR	PROYECTO FOMAR MINERIA (RODALQUILAR)	CLAVE
ESCALA	1ª Fase	
CONSULTOR	PERFILES FM-2 y 5	PLANO Nº

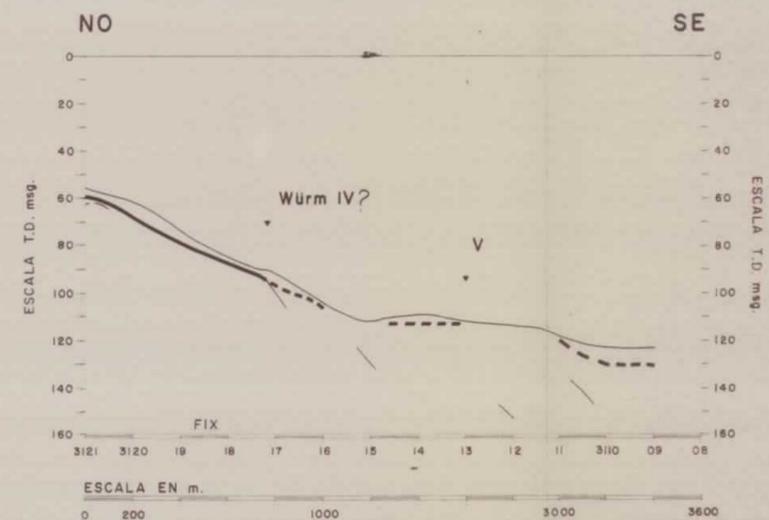
PERFIL FM-42



PERFIL FM-44



PERFIL FM-47



DIBUJADO	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA		
FECHA	31-XII-81		
COMPROBADO	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		
AUTOR	PROYECTO	FOMAR MINERIA (RODALQUILAR)	CLAVE
ESCALA		1ª Fase	
CONSULTOR	PERFILES FM-42, 44 y 47		PLANO Nº

F O T O G R A F I A S



Foto 1.- Barco Steigen en el puerto de Garrucha

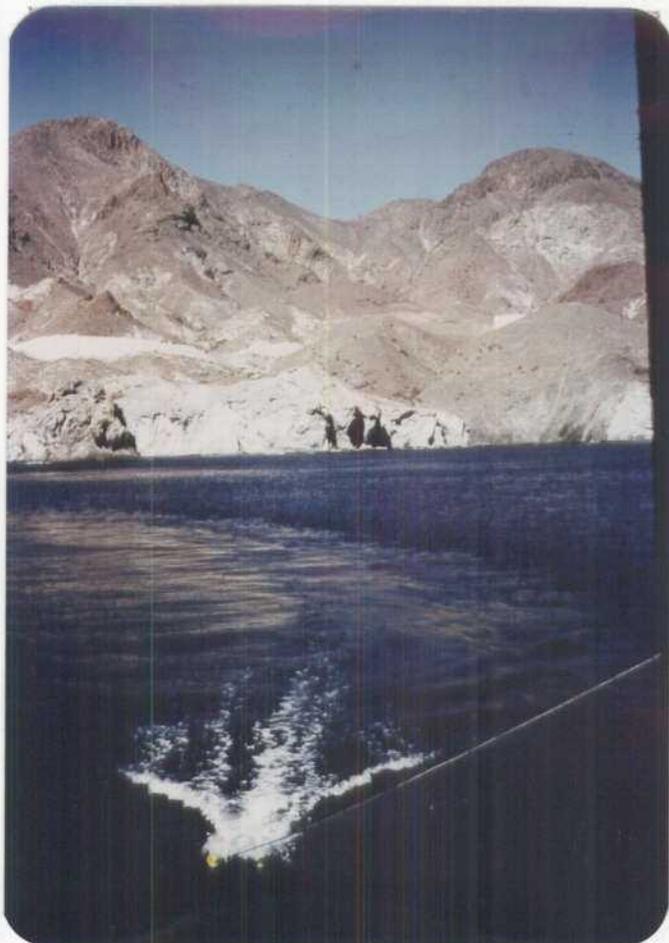


Foto 2.- Vista desde popa del Uniboom



Foto 3.- Vista del Playazo. Al fondo la mina de Rodalquilar.

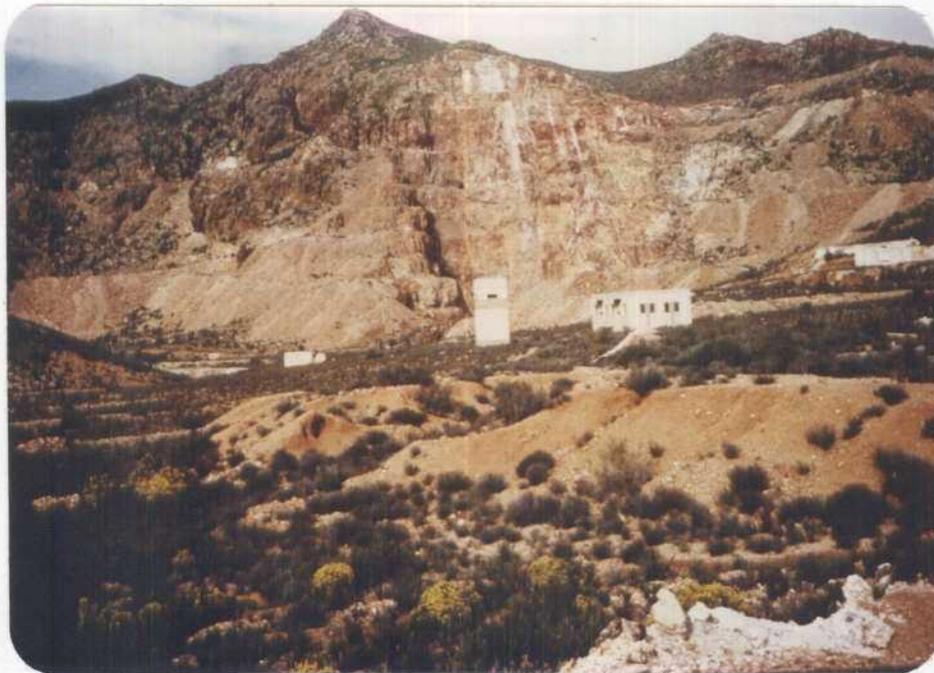


Foto 4.- Mina de Rodalquilar



Foto 5.- Playa de Las Negras. Ejemplo de mine  
rales pesados.



Foto 6.- Playa del Plomo. Ejemplo de minerales  
pesados.

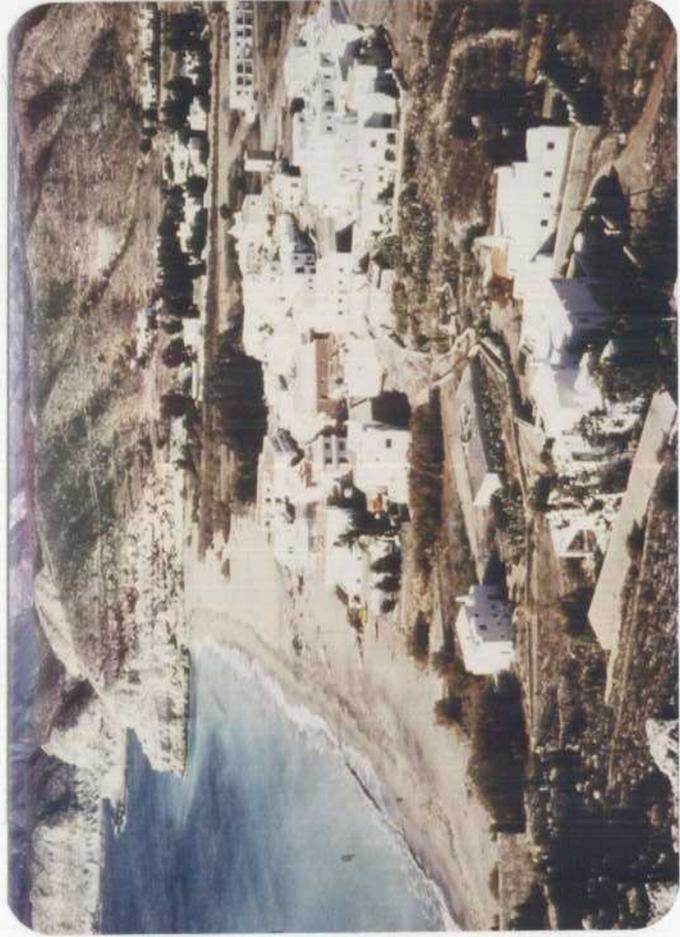


Foto 7.- Aguas Amargas