

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL ACUIFERO

PALOS-MOQUER (HUELVA)

Febrero. 1982

Sevilla, N° Rf. 10(I)82



35648

I N D I C E

	<u>páginas</u>
1.- <u>INTRODUCCION</u>	
1.1.- <u>Antecedentes</u>	1
1.2.- <u>Objetivos</u>	1
1.3.- <u>Metodología</u>	2
2.- <u>CARACTERISTICAS GENERALES DEL SECTOR</u>	
2.1.- <u>Situación geográfica</u>	4
2.2.- <u>Accesos</u>	5
2.3.- <u>Características topográficas</u>	5
2.4.- <u>Geografía humana</u>	6
2.4.1.- <u>Agricultura</u>	7
3.- <u>GEOLOGIA</u>	
3.1.- <u>Localización</u>	8
3.2.- <u>Estratigrafía</u>	8
3.2.1.- <u>Mioceno medio</u>	8
3.2.2.- <u>Mioceno superior</u>	9
3.2.3.- <u>Plioceno-cuaternario</u>	10
3.2.4.- <u>Cuaternario medio</u>	10
3.2.5.- <u>Cuaternario reciente</u>	11

4.- CLIMATOLOGIA

4.1.- <u>Pluviometría</u>	12
4.2.- <u>Termometría</u>	13
4.3.- <u>Clasificación climática</u>	14

5.- HIDROLOGIA DE SUPERFICIE

5.1.- Cálculo de la precipitación media sobre el sector	15
5.1.1.- <u>Método aritmético</u>	15
5.1.2.- <u>Método de las isoyetas</u>	15
5.1.3.- <u>Método de los polígonos de Thiessen</u> .	16
5.2.- <u>Evapotranspiración</u>	16
5.2.1.- <u>Método de Thornthwaite</u>	17
5.2.2.- <u>Método de L. Turc</u>	32
5.3.- <u>Lluvia Útil</u>	33

6.- GEOFISICA

6.1.- <u>Introducción</u>	35
6.2.- <u>Interpretación</u>	35

7.- HIDROGEOLOGIA

7.1.- <u>Comportamiento hidrogeológico de los materiales</u>	38
7.2.- <u>Límites y características geométricas</u> ...	38

	<u>pagina</u>
7.3.- <u>Inventario de puntos de agua</u>	39
7.4.- <u>Mapa de isopiezas</u>	40
7.5.- <u>Funcionamiento hidrogeológico</u>	42
7.6.- <u>Parámetros</u>	42
7.7.- <u>Grado de explotación actual</u>	43
 8.- <u>HIDROQUIMICA</u>	
8.1.- <u>Generalidades</u>	45
8.2.- <u>Control de la contaminación</u>	46
 9.- <u>VULNERABILIDAD DEL ACUIFERO A LA CONTAMINACION</u> .	48
 10.- <u>BALANCE</u>	50
 11.- <u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	
11.1.- <u>Conclusiones</u>	53
11.1.1.- <u>Conclusiones de carácter general</u> .	53
11.1.2.- <u>Conclusiones de carácter hidrogeo- lógico</u>	54
11.2.- <u>Recomendaciones</u>	56
 12.- <u>ANEXOS</u>	

1.- INTRODUCCION

1.- INTRODUCCION

1.1.- Antecedentes

El área objeto de este estudio se localiza en el sector más occidental del denominado acuífero de Almonte-Marismas.

El citado acuífero de Almonte-Marismas fué estudiado durante la realización del PROYECTO DEL GUADALQUIVIR, proyecto que fué iniciado en el año 1.966 y se hizo en colaboración con Naciones Unidas. Participaron en su ejecución , F.A.O. por parte de Naciones Unidas y el Instituto Geologico y Minero de España y otros organismos por parte del Gobierno español. Su objetivo fué la investigación de los recursos hidráulicos subterráneos de la Cuenca del Guadalquivir.

1.2.- Objetivos

En la actualidad, dado el carácter dinámico de los conocimientos que afectan a las aguas subterráneas y en base a la gran demanda de tipo agrícola que se plantea en el sector de Palos-Lucena-Moguer, ha sido necesario la realización de un estudio de investigación que venga a profundizar sobre los conocimientos ya existentes y que en base a la actualización de esos conocimientos, permita alcanzar los objetivos marcados que precisan sobre las siguientes cuestiones:

- Recursos totales que se pueden movilizar.
- Actualización de la demanda.
- Establecimiento de un Balance Hidráulico, con ajuste de los recursos a la demanda.
- Establecimiento de las bases para prevención y control de la posible intrusión marina así como de la contaminación debida al empleo de productos nitrogenados en las labores agrícolas.
- Establecimiento de unas bases sólidas, que proporcionen el necesario criterio a los Organismos de decisión para una mejor estructuración del aprovechamiento de las aguas en la zona.

1.3.- Metodología

En la realización del trabajo se han llevado a cabo, por parte del equipo técnico que lo ha desarrollado, labores de campo y de gabinete, pudiéndose agrupar estas en:

Trabajos preliminares

Consistentes fundamentalmente en la recopilación y ordenación de la información existente tanto de carácter geológico e hidrogeológico como hidrológico y climático.

Trabajos de campo

Que han permitido el levantamiento de unas cartografía geológica de detalle e inventario actualizado de los puntos acuíferos existentes en el área objeto del citado estudio, así como la toma de muestras de agua para su posterior análisis químico.

La investigación de la geometría del acuífero se ha visto apoyada por la realización de una campaña de prospección geofísica eléctrica, mediante la ejecución de sondeos eléctricos verticales (S.E.V.), con dispositivo Schlumberger simétrico.

Trabajos de Gabinete

El análisis y elaboración de toda la información obtenida ha permitido la redacción del informe en el que se llega a unas Conclusiones y Recomendaciones.

II.- CARACTERISTICAS GENERALES DEL SECTOR

2.- CARACTERISTICAS GENERALES DEL SECTOR

2.1.- Situación geográfica

El sector estudiado se encuentra situado en el Sur de la provincia de Huelva y al Este de la capital. Tiene una extensión aproximada de 260 kilómetros, ocupando la totalidad del término municipal de Palos de la Frontera y gran parte de los de Moguer y Lucena del Puerto.

El sector viene limitado por:

- El río Tinto al Norte y Oeste.
- El océano Atlántico al Sur.
- El límite de los términos municipales de Lucena del Puerto y Bonares al Este.

Las coordenadas geográficas que lo enmarcan son:

37° 07' 10" ... 37° 19' 45" ... Latitud Norte.
3° 00' 35" ... 3° 15' 00" ... Longitud Oeste.

correspondientes a las hojas topográficas a escala 1:50000 editadas por el Servicio Geográfico del Ejército, números: 999 (Huelva), 1.000 (Moguer), 1.016 (Los Caños) y 1.017 (El Picacho).

2.2.- Accesos

El acceso al sector, tanto desde Sevilla como desde Huelva, se realiza a través de la carretera nacional 431 (Sevilla-Portugal por Huelva), tomando en el kilómetro 627 de la misma (Cruce de San Juan del Puerto) la local a Palos de la Frontera.

Además existe una amplia red de carreteras de menor orden y caminos forestales, generalmente transitables durante todo el año.

2.3.- Características topográficas

La topografía del sector estudiado, al igual que la de toda la zona de Almonte-Marismas, se caracteriza por la ausencia casi absoluta de relieves importantes; en realidad se trata de un terreno llano en su conjunto a excepción de la zona Norte, donde se localizan las mayores elevaciones, y con una ligera pendiente que desciende hacia el Sur.

La Monteruela con una cota de 132 metros sobre el nivel del mar y situado 1 kilómetro al Sureste de Lucena del Puerto, es el punto de mayor cota del sector.

La red de drenaje es dendrítica apareciendo en los interfluvios formas onduladas. Este fenómeno está muy marcado en la zona de "Los Cabezos" al Suroeste del sector. Otra particularidad morfológica es la existencia de un elevado nú-

mero de lagunas en las zonas costeras, lo que, unido a la existencia de dunas recientes, confiere un paisaje muy característica al litoral.

2.4.- Geografía humana

La proximidad geográfica de los núcleos de población ubicados en el sector a la capital de la provincia, es la causa del aumento demográfico registrado en los últimos años en Palos de la Frontera y Moguer.

La tendencia de la población rural más alejada de la capital y dedicada tradicionalmente a trabajos agrícolas , a emigrar en busca de trabajos en las industrias del polo de desarrollo, ha creado en los núcleos urbanos de la periferia de Huelva, un aumento en el número de habitantes y al mismo tiempo, ha conferido a estas localidades un carácter singular de economía mixta agrícola-industrial.

Los últimos censos dan para el total de los tres términos municipales, que abarca el estudio, un número de habitantes de 17.819; distribuidos de la siguiente forma: Palos de la Frontera y Lucena del Puerto 1.907.

En cuanto a distribución de la población activa por sectores, se pueden dar como valores medios los siguientes: El sector primario agrupa al 45% de la población activa, el sector secundario al 26% y el sector terciario al 29%; sin embargo hay que hacer notar que el sector terciario se encuentra en manifiesto crecimiento en los tres municipios con

gran diversificación y con capacidad para cubrir la mayor parte de las necesidades colectivas.

2.4.1.- Agricultura

En general, la propiedad de la tierra se encuentra muy dividida, habiéndose producido en los últimos años un cambio importante en cuanto a cultivos se refiere. Así, el tradicional cultivo de la vid está en franco retroceso y lo mismo ocurre con los cereales, flores, frutales y olivar. Por contra, ha aumentado la producción de leguminosas, tubérculos, industriales forrageras, agrios y especialmente el cultivo de la fresa temprana por ser idónea en la estructura agraria de la zona, al ser posible su explotación en parcelas familiares de poca extensión, permitir la práctica del cooperativismo y presentar una gran estabilidad de demanda y, por consiguiente, de precios.

En los dos últimos años la extensión de terrenos de regadío prácticamente se ha duplicado, y en la actualidad cultivos forestales como el pino piñonero y el eucalipto están limitados, prácticamente, a los montes de propiedad pública.

La ganadería, al igual que la pesca, son sectores en regresión, aunque se encuentran en estudio la creación de algunas granjas avícolas con funcionamiento industrial.

III.- GEOLOGIA

3.- GEOLOGIA

3.1.- Localización

El sector estudiado se encuentra enclavado dentro de la denominada Depresión del Guadalquivir, constituida por materiales detríticos cuyas edades van del Mioceno superior al Cuaternario reciente.

La disposición estructural de los terrenos pertenecientes a la Depresión del Guadalquivir es bastante simple, ya que no se han visto afectados por ningún movimiento tectónico importante.

3.2.- Estratigrafía

A continuación se van a describir los diferentes materiales que afloran en el sector.

3.2.1.- Mioceno medio

Está constituido por margas de tonalidades gris azuladas que presentan, a veces, un alto porcentaje de arcillas. Se trata de sedimentos típicos de mares muy profundos y constituyen, en el sector, el substrato impermeable del acuí

fero Plioceno-cuaternario. Su potencia, deducida de los datos suministrados por la campaña de prospección geofísica y por los sondeos mecánicos existentes, llega a superar en algunos puntos los 750 metros.

Afloran al Norte del sector cubiertas por las arenas Sahelienses. El contacto entre ambos tramos es difícil de determinarse con exactitud, ya que el paso de margas a arenas es gradual.

La edad de las margas ha sido determinada por estudios micropaleontológicos resultando ser Tortonienses.

3.2.2.- Mioceno superior

Se trata de una formación regresiva de edad Saheliense constituida por arenas con tamaño de grano fino-medio y esporádicas intercalaciones de niveles de gravas. Sus afloramientos se localizan al Norte y Noroeste del sector, cubriendo las margas del Tortoniense, en cuyo contacto se detecta, a veces, la presencia de niveles de lumaquelas. La potencia del tramo varía de 5 a 15 metros.

3.2.3.- Plioceno-Cuaternario

Se trata de una alternancia de arenas más o menos gruesas, gravas, conglomerados y algunos bancos arcillosos de origen continental. Debido a la presencia de arcillas presentan una coloración rojizo anaranjada. Afloran ampliamente en todo el sector y hacia el Este, de forma continua, hasta las marismas del Guadalquivir, su potencia varía sensiblemente de unas zonas a otras llegando a ser de 80 metros al Sureste del sector.

Atendiendo a criterios puramente estratigráficos se atribuyen estos materiales al Pliovillafranquiense.

3.2.4.- Cuaternario medio

- "Dunas fósiles".- Tierra adentro y paralelamente a la actual línea de costas existe un cordón litoral fósil que se extiende desde Mazagón hasta San Lucar de Barrameda. Al Este del sector estudiado (Abalarío) se localiza un afloramiento importante de estas "dunas fósiles". Su potencia en la zona es reducida aunque en otros sectores más orientales llegan a alcanzar espesores de 50-60 metros.
- "Terrazas fluviales antiguas".- Constituidas principalmente por limos rojizos con abundantes cantos rodados. Están escasamente repre-

sentados en el sector, ya que por efecto de la erosión han quedado en su mayor parte, de manteladas, y sólo al Norte de Moguer se localiza un afloramiento de unos 2 km². La potencia de estas terrazas raramente supera los 15 metros.

3.2.5.- Cuaternario reciente

- "Marismas".- Se trata, en conjunto, de arcillas y limos grises de origen marino cuyo depósito se está produciendo en la actualidad.
- "Dunas vivas".- Afloran siguiendo la línea de costa y están constituidas por arenas finas con presencia esporádica de restos de conchas arrastradas por las mareas. El espesor de estos materiales es, en general, inferior a los 10 metros.
- "Terrazas fluviales actuales".- Constituidas por gravas y cantos rodados cubiertos por una capa de limos y arenas más o menos arcillosas. Corresponden al actual lecho de los ríos y alcanzan, en conjunto, potencias entre 15 y 30 metros.

IV.- CLIMATOLOGIA

4.- CLIMATOLOGIA

Para la elaboración de este capítulo se ha partido de las observaciones puntuales realizadas en las diversas estaciones meteorológicas de la zona. Los datos básicos, facilitados por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y el Servicio Meteorológico Nacional, han sido completados, según métodos estadísticos, con el fin de cubrir los períodos sin datos y corregir en lo posible los errores en los valores disponibles.

4.1.- Pluviometría

Se han utilizado datos pluviométricos correspondientes a 5 estaciones (Tabla IV-1) que han sido facilitados por el Servicio Meteorológico Nacional y la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

TABLA IV-1

ESTACION	Nº	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
HUELVA	605	37° 16' 00"	3° 16' 00"	26 m.
BONARES "EL VILLAR"	850	37° 13' 45"	2° 59' 30"	80 m.
BODEGONES	851	37° 13' 00"	2° 48' 00"	11 m.
ABALARIO	852	37° 06' 50"	2° 59' 00"	70 m.
LOS CABEZUDOS	853	37° 11' 00"	2° 42' 00"	8 m.
MOGUER "Sur Horticola"	859-i	37° 09' 45"	3° 09' 35"	36 m.

* Longitudes respecto a Madrid.

A partir de todas las estaciones y con el fin de conseguir una mayor representatividad, se ha confeccionado una estación tipo cuyos valores pluviométricos y termométricos medios mensuales se indican en la tabla IV-2.

TABLA IV-2

	OCT	NOV	DIC	EN	FE	MAR	AB	MA	JU	JL	AG	SEPT	
PLUVIOMETRIA	63,6	73,2	89,4	89,3	77,3	70,8	50,7	26,6	15,2	0,7	2,3	17,5	576,7mm
TEMPERATURA	18,3	13,7	10,6	10,3	11,5	13,3	15,3	18,2	21,8	24,6	24,6	22,0	17° C

4.2.- Termometría

Se dispone de registros termométricos correspondientes a las estaciones de Huelva, Bodegones, Abalarío y Bonares "El Villar". En la figura IV-1 se representan las temperaturas medias mensuales para dichas estaciones.

A la vista de los valores, referentes a temperaturas de la tabla IV-2, se pueden hacer las siguientes observaciones:

- La temperatura media anual para el sector es de 17° C.
- Los 20° C de temperatura se superan en los meses

TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES PARA LAS DISTINTAS ESTACIONES TERMOMETRICAS

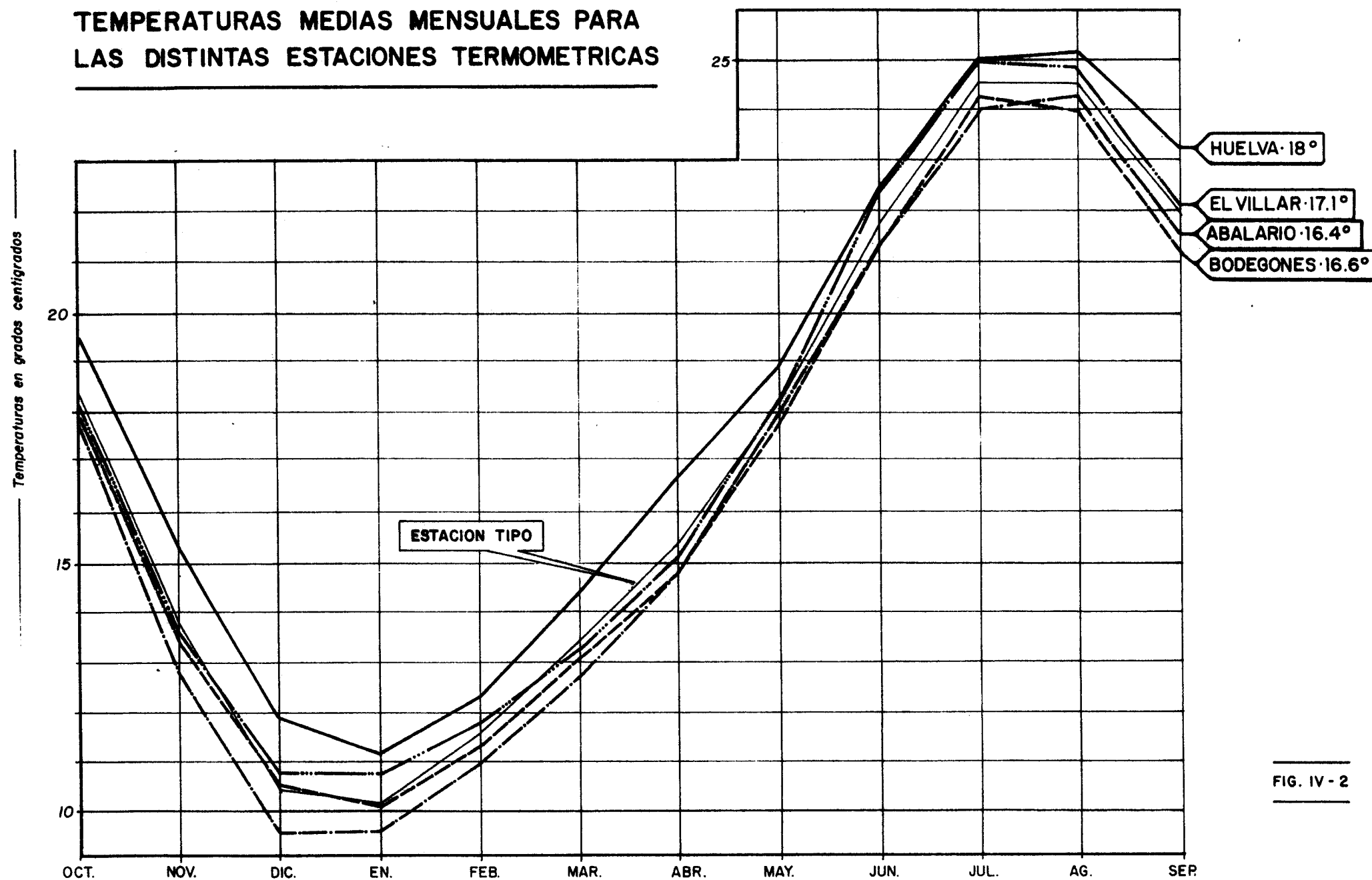


FIG. IV - 2

de Junio, Julio, Agosto y Septiembre.

- c) El máximo termométrico se alcanza en los meses de Julio y Agosto ($24,6^{\circ} \text{C}$).
- d) El número termométrico lo da el mes de Enero ($10,3^{\circ}\text{C}$).

4.3.- Clasificación climática

Se ha seguido la clasificación de Koppen adaptada para España por Julio y Antonio López Gómez (1.959).

Según esta clasificación, el clima para el sector estudiado resulta ser:

Csa 1

- C.- El mes más frío se encuentra entre 18 y -3°C ó entre 18 y 0°C según la modificación de Russell y Ackermann.
- s.- Hay sequía estival, es decir, el mes más húmedo de la estación fría tiene el triple o más precipitación que el mes más seco de la estación cálida.
- a.- La temperatura del mes más cálido es superior a 22°C .
- 1.- Ningún mes tiene temperatura inferior a 10°C .

V.- HIDROLOGIA DE SUPERFICIE

5.- HIDROLOGIA DE SUPERFICIE

5.1.- Cálculo de la precipitación media sobre el sector

Para el cálculo de la precipitación media sobre el sector se han seguido tres métodos:

- Método aritmético.
- Método de las isoyetas.
- Método de los polítonos de Thiessen.

5.1.1.- Método aritmético

Con los datos correspondientes a las estaciones de Huelva, Bonares "El Villar", Bodegones, Abalarío y Moguer se ha obtenido una precipitación media anual de 577 mm.

5.1.2.- Método de las isoyetas

Para la obtención de la pluviometría media anual se ha confeccionado el mapa de isoyetas (ANEXO I) a partir del cual se obtuvo un valor de 562 mm.

5.1.3.- Método de los polígonos de Thiessen

El valor obtenido por este método, y a partir de los datos correspondientes a las estaciones de Abalarío, Huelva y Bodegones "El Villar", es de 581 mm. En el ANEXO II, se muestran los polígonos dibujados a partir de las estaciones indicadas.

Como puede observarse los valores obtenidos por los tres métodos son muy similares. La diferencia entre la pluviometría media por el método de las isoyetas y el de los polígonos de Thiessen es del 3% y entre el método de las isoyetas y la media aritmética del 2,5%.

Se ha considerado como valor de la precipitación media sobre el sector, la media de los obtenidos por los tres métodos, es decir 573 mm., que corresponde a $148 \text{ Hm}^3/\text{año}$ para el total de la superficie estudiada (258 km^2).

5.2.- Evapotranspiración

Para el cálculo de la evapotranspiración se han seguido dos métodos:

- Método de Thornthwaite.
- Método de L. Turc.

va útil al método de Thornthwaite se ha llegado a los resultados siguientes:

* Estación de Huelva:

Para una R.U. de 25 mm., se obtiene:

E.T.R. = 337 mm.

Excedente hídrico= 128 mm.

Para una R.U. de 50 mm., se obtiene:

E.T.R. = 362 mm.

Excedente hídrico= 103 mm.

Para una R.U. de 75 mm., se obtiene:

E.T.R. = 387 mm.

Excedente hídrico= 78 mm.

* Estación de Bonares "El Villar":

Para una R.U. de 25 mm., se obtiene:

E.T.R. = 374 mm.

Excedente hídrico= 284 mm.

Para una R.U. de 50 mm., se obtiene:

E.T.R. = 399 mm.

Excedente hídrico= 260 mm.

TABLA N° V-1

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

ESTACION DE HUELVA

MES	T	i	ξ	N	E.T.P.
OCTUBRE	19,4	7,79	2,6	11,3	78,43
NOVIEMBRE	15,2	5,38	1,6	10,2	40,80
DICIEMBRE	11,9	3,72	1,0	9,6	25,63
ENERO	11,1	3,34	0,9	10,0	24,03
FEBRERO	12,3	3,90	1,1	10,8	25,87
MARZO	14,4	4,96	1,5	12,0	48,05
ABRIL	16,7	6,21	1,9	13,2	62,70
MAYO	18,9	7,49	2,5	14,3	95,43
JUNIO	22,4	9,68	3,4	14,8	125,80
JULIO	25,0	11,43	4,0	14,5	154,83
AGOSTO	25,2	11,57	4,0	13,6	145,22
SEPTIEMBRE	23,2	10,21	3,6	12,4	111,6
T O T A L	--	85,68	--	--	938,4

T = Temperatura mensual en °C.

i = Indice de calor mensual.

ξ = Evapotranspiración potencial
media diaria (m.m/día)

N = N° máximo de horas de Sol según
latitud.

ETP= Evapotranspiración potencial (mm/mes)

E.T.P. = 938 m.m.

TABLA N° V-2

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL

ESTACION: HUELVA

R.U. = 25 m.m.

MES	P	ETP	ETR	R.U.	DEF	EXC
OCTUBRE	52	78	52	----	26	----
NOVIEMBRE	64	41	41	23	----	----
DICIEMBRE	67	26	26	25	----	39
ENERO	67	24	24	25	----	43
FEBRERO	47	26	26	25	----	21
MARZO	73	48	48	25	----	25
ABRIL	40	63	63	2	----	----
MAYO	26	95	28	----	67	----
JUNIO	7	126	7	----	119	----
JULIO	2	155	2	----	153	----
AGOSTO	1	145	1	----	144	----
SEPTIEMBRE	19	112	19	----	93	----
T O T A L	465	939	337	----	602	128

P = Pluviometría (m.m.)

ETP = Evapotranspiración Potencial (m.m.)

ETR = Evapotranspiración Real (m.m.)

DEF = Déficit hídrico (m.m.)

EXC = Exceso hídrico (m.m.)

RESERVA UTIL = R.U.

ETR = 337 m.m.

EXC = 128 m.m.

TABLA N° V-3

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL

ESTACION: HUELVA

R.U. = 50 m.m.

MES	P	ETP	ETR	R.U.	DEF	EXC
OCTUBRE	52	78	52	----	26	----
NOVIEMBRE	64	41	41	23	----	----
DICIEMBRE	67	26	26	50	----	14
ENERO	67	24	24	50	----	43
FEBRERO	47	26	26	50	----	21
MARZO	73	48	48	50	----	25
ABRIL	40	63	63	27	----	----
MAYO	26	95	53	----	42	----
JUNIO	7	126	7	----	119	----
JULIO	2	155	2	----	153	----
AGOSTO	1	145	1	----	144	----
SEPTIEMBRE	19	112	19	----	93	----
T O T A L	465	939	362	----	577	103

P = Pluviometría (m.m.)

ETP = Evapotranspiración Potencial (m.m.)

ETR = Evapotranspiración Real (m.m.)

DEF = Déficit hídrico (m.m.)

EXC = Exceso hídrico (m.m.)

RESERVA UTIL = R.U.

ETR = 362 m.m.

EXC = 103 m.m.

TABLA N° V-4

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL

ESTACION: HUELVA

R.U. = 75 m.m.

MES	P	ETP	ETR	R.U.	DEF	EXC
OCTUBRE	52	78	52	----	26	----
NOVIEMBRE	64	41	41	23	----	----
DICIEMBRE	67	26	26	64	----	----
ENERO	67	24	24	75	----	32
FEBRERO	47	26	26	75	----	21
MARZO	73	48	48	75	----	25
ABRIL	40	63	63	52	----	----
MAYO	26	95	78	----	17	----
JUNIO	7	126	7	----	119	----
JULIO	2	155	2	----	153	----
AGOSTO	1	145	1	----	144	----
SEPTIEMBRE	19	112	19	----	93	----
T O T A L	465	939	387	----	552	78

P = Pluviometría (m.m.)

ETP = Evapotranspiración Potencial (m.m.)

ETR = Evapotranspiración Real (m.m.)

DEF = Déficit hídrico (m.m.)

EXC = Exceso hídrico (m.m.)

RESERVA UTIL = R.U.

ETR = 387 m.m.

EXC = 78 m.m.

TABLA N° V-5

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

ESTACION: EL VILLAR

MES	T	i	ξ	N	E.T.P.
OCTUBRE	18,1	7,01	2,3	11,3	69,38
NOVIEMBRE	13,4	4,45	1,4	10,2	35,70
DICIEMBRE	10,7	3,16	0,9	9,6	23,06
ENERO	10,7	3,16	0,9	10,0	24,03
FEBRERO	11,7	3,62	1,0	10,8	23,52
MARZO	13,2	4,35	1,3	12,0	41,64
ABRIL	15,2	5,38	1,7	13,2	56,10
MAYO	18,3	7,13	2,4	14,3	91,62
JUNIO	22,3	9,62	3,4	14,8	125,80
JULIO	25,0	11,43	4,0	14,5	154,83
AGOSTO	24,9	11,40	4,0	13,6	145,23
SEPTIEMBRE	22,1	9,49	3,3	12,4	102,30
T O T A L	--	80,20	--	--	893,21

T = Temperatura mensual en °C.

i = Indice de calor mensual.

ξ = Evapotranspiración potencial
media diaria (m.m/día).

E.T.P. = 893 m.m.

N = N° máximo de horas de Sol
según latitud.

ETP= Evapotranspiración Potencial (m.m/mes)

TABLA N° V-6

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL

ESTACION: EL VILLAR

R.U. = 25 m.m.

MES	P	ETP	ETR	R.U.	DEF	EXC
OCTUBRE	79	69	69	10	----	----
NOVIEMBRE	82	36	36	25	----	31
DICIEMBRE	100	23	23	25	----	77
ENERO	95	24	24	25	----	71
FEBRERO	94	24	24	25	----	70
MARZO	78	42	42	25	----	36
ABRIL	55	56	56	24	----	----
MAYO	31	92	55	----	37	----
JUNIO	22	126	22	----	104	----
JULIO	0	155	0	----	155	----
AGOSTO	2	145	2	----	143	----
SEPTIEMBRE	21	102	21	----	81	----
T O T A L	659	894	374	----	520	285

P = Pluviometría (m.m.)

ETP = Evapotranspiración Potencial (m.m.)

ETR = Evapotranspiración Real (m.m.)

DEF = Déficit hídrico (m.m.)

EXC = Exceso hídrico (m.m.)

RESERVA UTIL = R.U.

ETR = 374 m.m.

EXC = 284 m.m.

TABLA N° V-7

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL

ESTACION: EL VILLAR

R.U. = 50 m.m.

MES	P	ETP	ETR	R.U.	DEF	EXC
OCTUBRE	79	69	69	10	----	----
NOVIEMBRE	82	36	36	50	----	6
DICIEMBRE	82	36	36	50	----	6
ENERO	95	24	24	50	----	71
FEBRERO	94	24	24	50	----	70
MARZO	78	42	42	50	----	36
ABRIL	55	56	56	49	----	----
MAYO	31	92	80	----	12	----
JUNIO	22	126	22	----	104	----
JULIO	0	155	0	----	155	----
AGOSTO	2	145	2	----	143	----
SEPTIEMBRE	21	102	21	----	81	----
T O T A L	659	894	399	----	495	260

P = Pluviometría (m.m.)

ETP = Evapotranspiración Potencial (m.m.)

ETR = Evapotranspiración Real (m.m.)

DEF = Déficit hídrico (m.m.)

EXC = Exceso hídrico (m.m.)

RESERVA UTIL = R.U.

ETR = 399 m.m.

EXC = 260 m.m.

TABLA N° V-8

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL

ESTACION: EL VILLAR

R.U. = 75 m.m.

MES	P	ETP	ETR	R.U.	DEF	EXC
OCTUBRE	79	69	69	10	----	----
NOVIEMBRE	82	36	36	56	----	----
DICIEMBRE	100	23	23	75	----	58
ENERO	95	24	24	75	----	71
FEBRERO	94	24	24	75	----	70
MARZO	78	42	42	75	----	36
ABRIL	55	56	56	74	----	----
MAYO	31	92	92	13	----	----
JUNIO	22	126	35	----	91	----
JULIO	0	155	0	----	155	----
AGOSTO	2	145	2	----	143	----
SEPTIEMBRE	21	102	21	----	81	----
T O T A L	659	894	424	----	470	235

P = Pluviometría (m.m.)

ETP = Evapotranspiración Potencial (m.m.)

ETR = Evapotranspiración Real (m.m.)

DEF = Déficit hídrico (m.m.)

EXC = Exceso hídrico (m.m.)

RESERVA UTIL = R.U.

ETR = 424 m.m.

EXC = 235 m.m.

TABLA N° V-9

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

ESTACION: ESTACION TIPO

MES	T	i	ξ	N	E.T.P.
OCTUBRE	18,3	7,13	2,4	11,3	72,40
NOVIEMBRE	13,7	4,60	1,3	10,2	33,15
DICIEMBRE	10,6	3,12	0,8	9,6	20,5
ENERO	10,3	2,99	0,8	10,0	21,36
FEBRERO	11,5	3,53	0,9	10,8	21,17
MARZO	13,3	4,39	1,3	12	41,64
ABRIL	15,3	5,44	1,7	13,2	56,10
MAYO	18,2	7,07	2,3	14,3	87,80
JUNIO	21,8	9,29	3,2	14,8	118,40
JULIO	24,6	11,16	3,9	14,5	151,00
AGOSTO	24,6	11,16	3,9	13,6	141,60
SEPTIEMBRE	22,0	9,42	3,2	12,4	99,20
T O T A L	--	79,3	--	--	864,32

T = Temperatura mensual en °C.

i = Indice de calor mensual.

ξ = Evapotranspiración potencial
media diaria (m.m/día)

E.T.P. = 864 m.m.

N = N° máximo de horas de Sol
según latitud.

ETP= Evapotranspiración Potencial (m.m./mes)

TABLA N° V-10

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL

ESTACION: ESTACION TIPO

R.U. = 25 m.m.

MES	P	ETP	ETR	R.U.	DEF	EXC
OCTUBRE	63	72	63	----	9	----
NOVIEMBRE	73	33	33	25	----	15
DICIEMBRE	89	21	21	25	----	68
ENERO	89	21	21	25	----	68
FEBRERO	77	21	21	25	----	56
MARZO	71	42	42	25	----	29
ABRIL	51	56	56	20	----	----
MAYO	27	88	47	----	41	----
JUNIO	15	118	15	----	103	----
JULIO	1	151	1	----	150	----
AGOSTO	2	142	2	----	140	----
SEPTIEMBRE	18	99	18	----	81	----
T O T A L	576	864	340	----	524	236

P = Pluviometría (m.m.)

ETP = Evapotranspiración Potencial (m.m.)

ETR = Evapotranspiración Real (m.m.)

DEF = Déficit hídrico. (m.m.)

EXC = Exceso hídrico (m.m.)

RESERVA UTIL = R.U.

ETR = 340 m.m.

EXC = 236 m.m.

TABLA N° V-11

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL

ESTACION: ESTACION TIPO

R.U. = 50 m.m.

MES	P	ETP	ETR	R.U.	DEF	EXC
OCTUBRE	63	72	63	----	9	----
NOVIEMBRE	73	33	33	40	----	----
DICIEMBRE	89	21	21	50	----	58
ENERO	89	21	21	50	----	89
FEBRERO	77	21	21	50	----	56
MARZO	71	42	42	50	----	19
ABRIL	51	56	56	45	----	----
MAYO	27	88	72	----	16	----
JUNIO	15	118	15	----	103	----
JULIO	1	151	1	----	150	----
AGOSTO	2	142	2	----	140	----
SEPTIEMBRE	18	99	18	----	81	----
T O T A L	576	864	365	----	499	222

P = Pluviometría (m.m.)

ETP = Evapotranspiración Potencia (m.m.)

ETR = Evapotranspiración Real (m.m.)

DEF = Déficit hídrico (m.m.)

EXC = Exceso hídrico (m.m.)

RESERVA UTIL = R.U.

ETR = 365 m.m.

EXC = 222 m.m.

TABLA N° V-12

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL

ESTACION: ESTACION TIPO

R.U. = 75 m.m.

MES	P	ETP	ETR	R.U.	DEF	EXC
OCTUBRE	63	72	63	----	9	----
NOVIEMBRE	73	33	33	40	----	----
DICIEMBRE	89	21	21	75	----	33
ENERO	89	21	21	75	----	68
FEBRERO	77	21	21	75	----	56
MARZO	71	42	42	75	----	29
ABRIL	51	56	56	70	----	----
MAYO	27	88	88	9	----	----
JUNIO	15	118	24	----	94	----
JULIO	1	151	1	----	150	----
AGOSTO	2	142	2	----	140	----
SEPTIEMBRE	18	99	18	----	81	----
T O T A L	576	864	390	----	474	186

P = Pluviometría (m.m.)

ETP = Evapotranspiración Potencial (m.m.)

ETR = Evapotranspiración Real. (m.m.)

DEF = Déficit hídrico (m.m.)

EXC = Exceso hídrico (m.m.)

RESERVA UTIL = R.U.

ETR = 390 m.m.

EXC = 186 m.m.

Los estudios realizados en áreas próximas con características similares a las del sector aquí estudiado, han puesto de manifiesto que la reserva útil más de acuerdo con la realidad es la de 75 mm.

La evapotranspiración real para una reserva útil de 75 mm. resulta ser de 400 mm. Dicho valor se ha calculado por la media aritmética, redondeada, de los resultados obtenidos en la estación tipo, Huelva y Bonares "El Vi^{llar}". De igual manera se ha calculado el excedente hídrico que resulta ser de 166 mm.

Para calculos posteriores consideramos, pues, una evapotranspiración real de 400 mm. que representa el 69,8% de la pluviometría.

Como el sector ocupa una extensión de 258 km² se obtiene una evapotranspiración real anual de 103 Hm³.

5.2.2.- Método de L. Turc

Este método no considera la reserva útil. La fórmula empírica de L. Turc se expresa según la formación:

$$E.T.R. = \frac{P}{0,9 + P^2/L^2}$$

En la que:

E.T.R. = Evapotranspiración real en mm/año.

P = Precipitación en mm/año.

$L = 300 + 25t + 0,05t^2$

t = Temperatura anual en °C.

Aplicando esta fórmula para las estaciones de Huelva, Bonares "El Villar" y estación tipo, se obtienen los siguientes valores:

Huelva 367 mm.

Bonares "El Villar" . 390 "

Estación tipo 382 "

La media de las tres nos da un valor de 380 mm. lo que supone el 66,3% de la pluviometría.

La diferencia entre los valores obtenidos por Thornthwaite y por Turc es de sólo el 3,5%. En adelante se utilizará el valor obtenido por el método de Thornthwaite, ya que al introducir el parámetro reserva útil los cálculos son más reales.

5.3.- Lluvia útil

Se ha obtenido por diferencia entre la pluviometría y la evapotranspiración real:

$$LL_u = P - E.T.R.$$

Para el sector se ha obtenido un valor de 172 mm. lo que equivale a 44,7 Hm³/año.

REPRESENTACION GRAFICA BALANCE HIDRICO

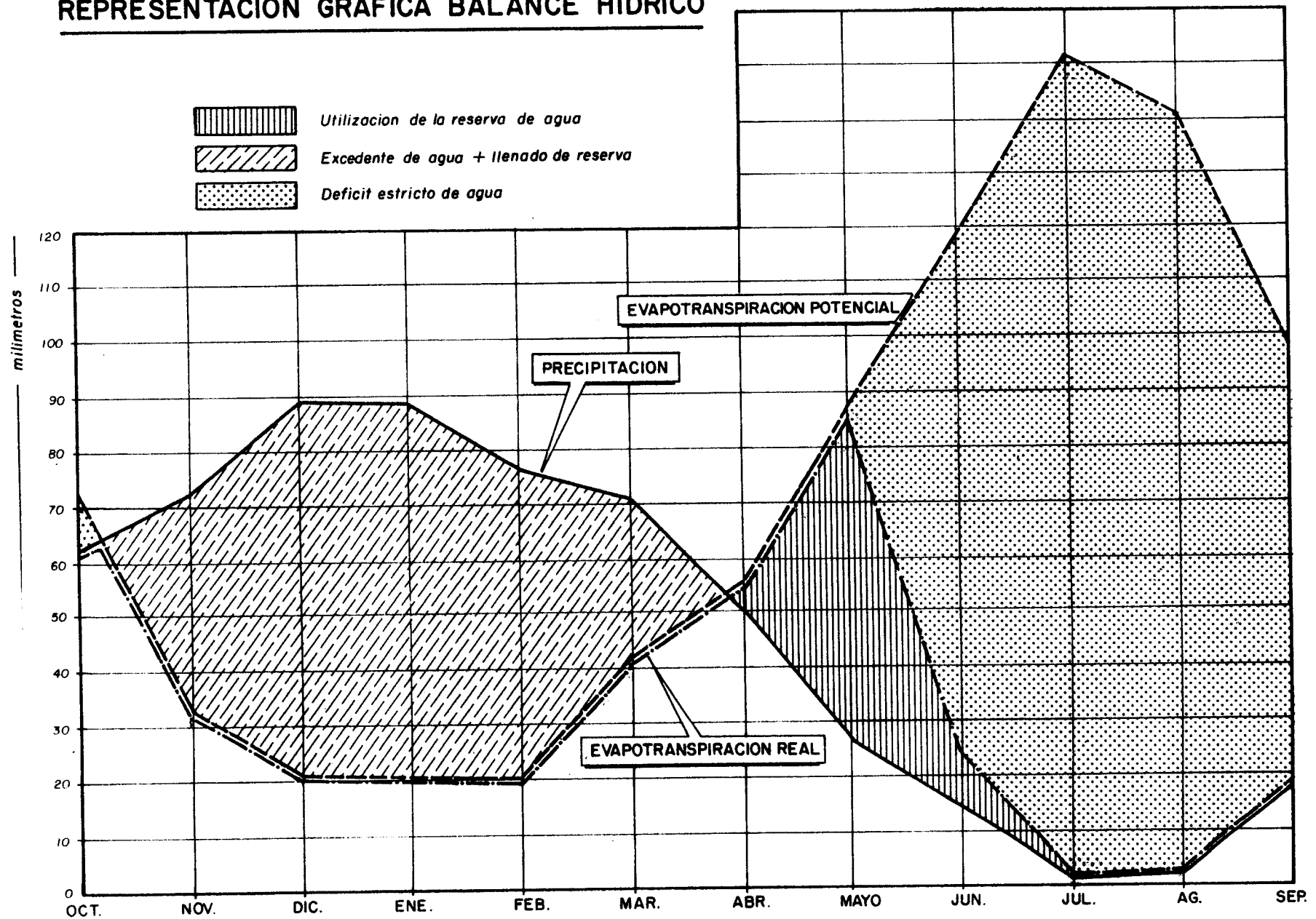


FIG. V - I

VI.- GEOFISICA

6.- GEOFISICA

6.1.- Introducción

Con el fin de conocer la profundidad a la que se encuentra el contacto de las arenas con las margas azules, se ha realizado una campaña de prospección geofísica eléctrica mediante sondeos eléctricos verticales con dispositivo Schlumberger simétrico.

Se ha empleado este método por considerarse el más apropiado dado el contraste de resistividades existentes entre los materiales arenosos y las margas.

En el ANEXO III se indica la situación de los S.E.V. realizados, que en número de 22 han sido agrupado en 4 perfiles o secciones eléctricas. (I, II, III y IV).

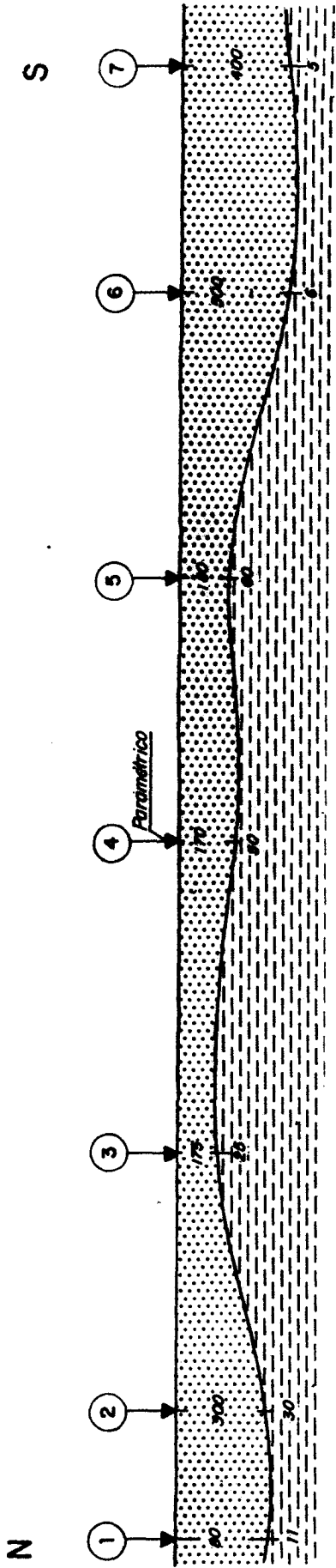
Como puede observarse, además de los perfiles reseñados existen otros 6 (los numerados del V al X) y que corresponde a una campaña realizada en los años 1.967-68 por la F.A.O. para el Proyecto del Guadalquivir. Esta campaña puso de manifiesto que en la zona Sureste se alcanzaban los mayores espesores de acuífero, por lo que dicha zona ha sido ahora (Febrero 1.982) estudiada, por el I.G.M.E., con mayor detalle.

6.2.- Interpretación

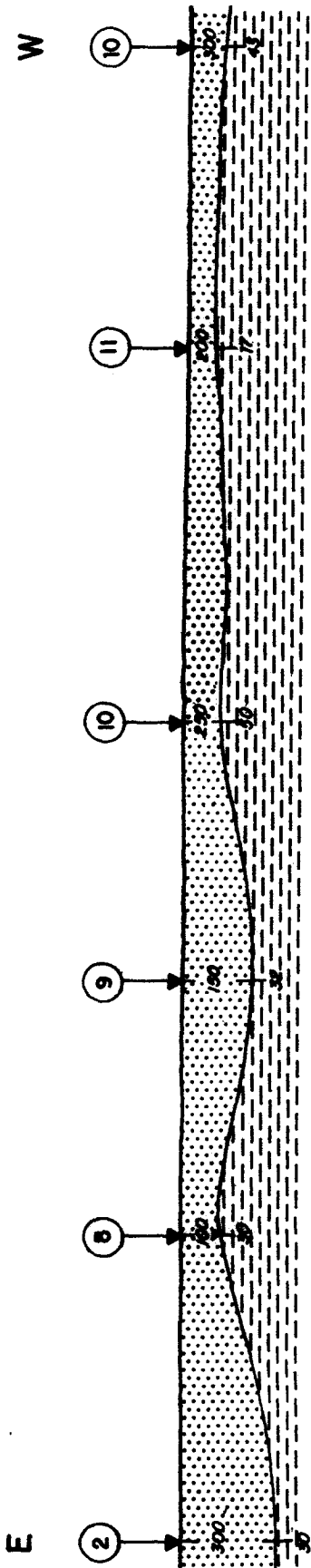
Las figuras VI-1 y VI-2, representan los cuatro per-

FIG. VI - I

SECCION ELECTRICA I



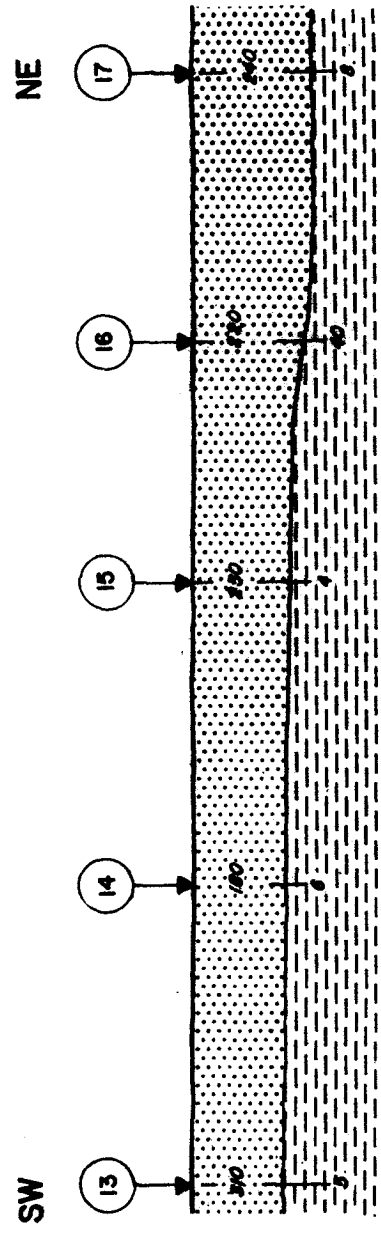
SECCION ELECTRICA II



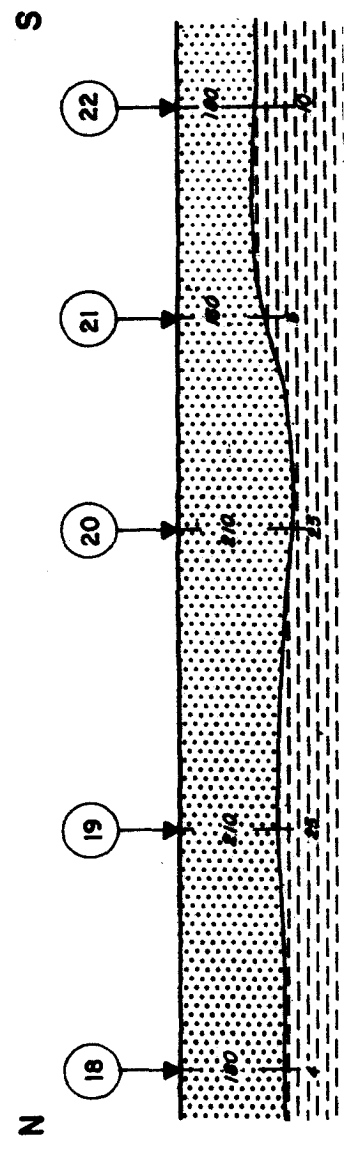
ESCALAS $\begin{matrix} H = 1:25.000 \\ V = 1:5.000 \end{matrix}$

FIG. VI - 2

SECCION ELECTRICA III



SECCION ELECTRICA IV



ESCALAS $\begin{matrix} H = 1:25.000 \\ V = 1:5.000 \end{matrix}$

files llevados a cabo en Febrero de 1.982. Las curvas obtenidas de los 22 S.E.V. figuran, asimismo, en el ANEXO X.

La interpretación de estas curvas se ha efectuado mediante comparación con las tablas y curvas patrón de ORELLA NA Y MOONEY.

En líneas generales se ha obtenido curvas muy parecidas en todos los S.E.V. llevados a cabo; pudiéndose hacer las siguientes observaciones:

- El tramo superior con un valor de resistividad elevado (en general >1.500 ohm.m.) y con espesores inferiores a los 2 metros, corresponde a las arenas cuaternarias más superficiales.
- A continuación se observa una rama descendente y que se estabiliza para valores de resistividad próximos a los 250 ohm.m. En algunas curvas, en esta rama, se distinguen varios tramos con diferentes valores de resistividad. En conjunto esta rama se corresponde con las arenas del Pliovillafranquiense, debiéndose las variaciones en los valores de resistividad a la presencia de tramos con mayor o menor contenido en arcillas. La potencia total del paquete oscila entre los 25 y 85 metros.
- Finalmente se observa una rama que desciende bruscamente, tendiendo a valores de resistividad, en general muy bajos y que corresponde a las margas azules del Tortoniense.

El contacto entre las arenas y las margas es gradual y este hecho se ve con claridad en algunos de los sondeos, en los que el descenso del último tramo es más suave dando valores de 50-60 ohm.m. para el mismo.

A partir de los datos suministrados por la prospección geofísica realizada y por las columnas de los sondeos mecánicos existentes en el sector, se ha elaborado el mapa de isopacas. ANEXO IV.

VII.- HIDROGEOLOGIA

7.- HIDROGEOLOGIA

7.1.- Comportamiento hidrogeológico de los materiales

De los materiales descritos en el capítulo III, todos, a excepción de las margas azules del Tortoniense, que constituyen el subtrato impermeable, las "marismas" y los aluviales, presentan un comportamiento acuífero.

El cuaternario aluvial debe su carácter impermeable ó muy poco permeable a la elevada proporción de materiales arcillosos y limosos que contienen.

Los terrenos sahelienses, pliocuaternarios y las dunas fósiles y recientes, presentan una fácies predominante arenosa, por lo que tienen una buena permeabilidad, y aunque son materiales de distintas edades, pueden, a efectos prácticos, considerarse como integrantes de un mismo sistema acuífero.

Hay que señalar, no obstante, y a la vista de las columnas de sondeos mecánicos realizados en el sector, la presencia de paquetes margo-arcillosos de espesores inferiores, en general, a 1 metro, intercalados en los materiales arenosos. Estos tramos margo-arcillosos no tienen una continuidad lateral grande y parecen corresponder a cambios laterales de fácies.

7.2.- Límites y características geométricas

El acuífero Palos-Moguer corresponde, en realidad, al

extremo más occidental del sistema costero Almonte-Marismas, por ello el límite Este se ha tomado atendiendo, únicamente a criterios prácticos, eligiéndose una superficie de 258 km² que presenta serios problemas de infraestructura hidráulica de cara a su desarrollo agrícola.

Geológicamente el sector está limitado al Norte por las margas del Tortonense, al Oeste por las terrazas actuales del río Tinto, al Sur por el océano Atlántico y al Este por el propio acuífero.

Se trata, pues, de un acuífero costero y libre con un espesor que aumenta desde el Noroeste hasta el Sureste donde llega a alcanzar los 80 metros. Hidrogeológicamente sólo se encuentra bien individualizado en el extremo Norte, donde afloran las margas azules Tortonenses; estas margas constituyen, también el muro impermeable, si bien hay que constatar el hecho de que el paso de arenas a margas es gradual.

7.3.- Inventario de puntos de agua

Con el fin de determinar las características hidrogeológicas del sector, se ha llevado a cabo la actualización del inventario de puntos de agua. Se han revisado datos de 135 puntos inventariados en su día por el I.G.M.E., dentro del Proyecto del Guadalquivir y se han inventariado 61 nuevos puntos (pozos, zanjas y sondeos) realizándose su correspondiente ficha. Todo ello hace un total de 196 puntos de agua.

Considerando que el sector estudiado tiene una super

RESUMEN DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

TABLA VII-1

NUMERO INVENTARIO	NATURALEZA DE LA OBRA	CARACTERISTICAS DE EQUIPAMIENTO	UTILIZACION DEL AGUA	NIVEL PIEZOMETRICO		PROFUNDIDAD DE LA OBRA (m)	ACUIFERO CAPTADO	CAUDAL (l/s)	OBSERVACIONES
				metros	fecha				
999-8-37	Pozo	Motor Gasoil 24cv.	Agricultura	5,10	14-1-82	8	Saheliense	3 l/s.	Riega 5 Ha.
999-8-38	Sondeo	B. vertical motor gasoil 16 c.v.	Agricultura	9,40	15-1-82	50	Pliovillafranq.	5 l/s.	
999-8-39	Sondeo	Sin equipar	-----	----	---	38	"	1,5 "	No se utiliza
999-8-40	Pozo	Motor Gasoil 20cv.	Agricultura	3,20	25-1-82	8	Saheliense	--	Riega 8 Ha.
999-8-41	Pozo	Sin equipar	Uso doméstico	2,75	25-1-82	6	"	<1 l/s.	
999-8-42	Pozo	Motor Gasoil	Agricultura	0,10	25-1-82	6	"	<1 l/s.	En 200 m. hay 5 pozos
999-8-43	Pozo	Motor Gasoil 12cv.	"	4,85	25-1-82	7	"	<1 l/s.	Riega 1 Ha. por goteo
999-8-45	Pozo	Motor Gasoil 32cv.	"	4,70	25-1-82	7	"	≈1 l/s.	Riega 2 Ha.
999-8-46	Pozo	Motor Gasoil 12cv.	"	1,90	25-1-82	5	"	≈1 l/s.	Tiene 2 taladros horizontales de 50 m. cada uno
999-8-47	Pozo	M. eléctrico 8cv.	"	2,85	25-1-82	8	Cuaternario	≈1 l/s.	Junto con otro pozo riega 2 Ha.
999-8-48	Pozo	M. Gasoil 9 cv.	"	1,20	25-1-82	4,5	Pliovillafranq.	<1 l/s.	Tiene 2 taladros horizontales de 40 m.
999-8-49	Pozo	M. Gasoil 12cv.	"	1,45	25-1-82	6,5	"	<1 l/s.	
999-8-50	Pozo	M. Gasoil 24cv.	"	2,58	25-1-82	---	"	---	
1000-1-66	Pozo	M. Eléctrico 15cv.	"	3,25	13-1-82	8	Saheliense	2 l/s.	Riega 3 Ha.
1000-1-67	Pozo	M. Eléctrico 10cv.	"	8,0	13-1-82	10	"	2 l/s.	Tiene 5 taladros. Riega 3 Ha.
1000-1-68	Pozo	M. Gasoil 16 cv.	"	5,30	25-1-82	10	"	2 l/s.	Tiene un sondeo de 35 m. en el centro.
1000-1-69	Pozo	sin equipar	---	5,70	25-1-82	--	"	---	No se utiliza.
1000-1-70	Pozo	sin equipar	---	0,70	25-1-82	--	"	---	
1000-1-71	Pozo	M. Gasoil 7cv.	Agricultura	1,35	25-1-82	5	"	1 l/s.	Con 2 pozos riegan 2 Ha.
1000-1-72	Pozo	M. Gasoil 7cv.	"	2,30	25-1-82	--	"	<1 l/s.	
1000-1-73	Pozo	sin equipar	---	5,50	25-1-82	--	"	<1 l/s.	
1000-1-74	Pozo	M. Gasoil 12cv.	Agricultura	2,90	Enero -82	6	"	1 l/s.	
1000-1-76	Pozo	M. Gasoil 7cv.	"	0,80	"	5	Pliovillafranq.	<1 l/s.	
1000-1-77	Pozo	M. Gasoil 5cv.	"	0,40	"	7	Saheliense	<1 l/s.	
1000-2-20	Pozo	" "	"	3,50	"	5	Pliovillafranq.	<1 l/s.	
1000-2-22	Pozo	" 6 cv.	"	0,25	"	4	"	<1 l/s.	
1000-2-23	Zanja	" 9 sv.	"	3	"	6,0	"	≈1 l/s.	Riega 2 Ha.

RESUMEN DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

TABLA VII-1 (Continuación)

NUMERO INVENTARIO	NATURALEZA DE LA OBRA	CARACTERISTICAS DE EQUIPAMIENTO	UTILIZACION DEL AGUA	NIVEL PIEZOMETRICO		PROFUNDIDAD DE LA OBRA (m)	ACUIFERO CAPTADO	CAUDAL (l/s)	OBSERVACIONES
				metros	fecha				
1000-2-24	Pozo	M.Gasoil 12 cv.	Agricultura	6,6	Enero-82	10	Pliovillafranq.	2 l/s.	Con 2 pozos riegan 3 1/2 Ha.
1000-2-25	Pozo	M.Eléctrico 15cv	Abast.Humano	4,10	"	10	"	11 l/s.	Abast. a LUCENA del Pto.
1000-2-26	Pozo		"	----		7	"	---	6 pozos y 1 galería con 12m. Abastecimiento a LUCENA
1000-2-27	Sondeo	B.vertical y motor Gasoil 12 c.v.	Agricultura	1,20	"	100	"	---	Se cortan margas a 5 m.
1000-2-29	Pozo	M.Gasoil 9cv.	"	2,85	"	--	"	1 l/s.	Riega 2 Ha.
1000-2-30	Pozo	M.Gasoil 2 cv.	"	2	"	7	"	1 l/s.	
1000-2-32	Pozo	M.Gasoil	"	1,55	"	3	"	<1 l/s.	
1000-5-14	Pozo	M.Gasoil 12cv.	"	2,20	"	7,5	"	2 l/s.	Riega junto con otro 4 Ha.
1000-5-15	Pozo	M.Gasoil 12cv.	"	4,60	"	8	"	≈1 l/s.	En total hay 6 pozos en un radio de 50m. Riegan 9 Ha.
1000-5-16	Pozo	M.Gasoil 7 cv.	"	3,60	"	10	"	2 l/s.	
1000-5-17	Sondeo	M.Gasoil 16cv.	"	7,8	"	35	"	7 l/s.	
1000-5-18	Pozo	M.Gasoil 12cv.	"	5	"	6	"	---	Riegan 2 Ha.
1000-5-19	Sondeo	B.vertical y M. Gasoil 16 c.v.	"	7,32	"	48	"	---	Riega 8 Ha.
1000-5-20	"	Sin equipar	----	----	"	--	"	7 l/s.	Ejecución corto las margas a 45 cm.
1000-5-21	"	B.vertical M.Gasoil 30 c.v.	Agricultura	No se puede entrar		55	"	---	Riega 2 Ha.
1000-5-22	"	Sin equipar	----	10	Enero-82	61	"	17 l/s.	Hecho para abast. a Mazagón No se usa
1000-6- 7	Pozo	M.Gasoil 12c.v.	"	4,30	"	7	"	---	Con 2 pozos riegan 9 Ha.
1000-6- 8	Pozo	M.Gasoil 12c.v.	"	2,70	"	5	"	2 l/s.	Riegan 3 Ha.
1000-6- 9	Pozo	M.Gasoil 9 c.v.	"	3,80	"	7	"	1 l/s.	Riega 1 Ha.
1000-6-10	"	M.Gasoil 9 c.v.	"	1,25	"	5	"	1 l/s.	Riega 1 1/2 Ha.
1000-6-11	"	M.Gasoil 12cv.	"	1,70	"	7	"	1 l/s.	Riega 1 Ha.
1016-4- 9	Zanja	M.Gasoil 20 c.v.	"	2,6		4,5	"	---	Tiene unos 2 metros de largo por 4 de ancho.
1017-1-50	Sondeo	B.vertical	"	---	---	---	"	---	
1017-1-51	"	"	Abastecimiento	---	---	83	"	40 l/s.	Abast. a MAZAGON
1017-2- 8	Sondeo		Parador	20,5	"	44	"	1,5 l/s.	MUESTRA AGUA
1017-2- 9	"	Sin equipar		17		86	"	41 l/s.	Corta margas a 80 m.
1017-2-12	"			17,5		89		5,5	

ficie de 258 km^2 , se obtiene una densidad media de 1 punto por cada $1,3 \text{ km}^2$ que es una cifra bastante representativa.

De los 61 puntos inventariados, 46 corresponden a pozos, todos con profundidades inferiores o igual a los 10 metros y caudales, en general, menores de 2 l/s. En algunos de estos pozos se han practicado drenes horizontales, consiguiéndose aumentar su rendimiento; así el pozo de abastecimiento a Lucena del Puerto, cuyo proyecto corrió a cargo del I.G.M.E., tiene un caudal de 11 l/s. que corresponde al máximo obtenido en el sector en este tipo de obras.

Los sondeos alcanzan profundidades máximas de 100 metros y mínimas de 35 llegando en todos los casos a las margas azules. Se han inventariado un total de 12 sondeos que se localizan en la zona sur del sector. Los caudales oscilan entre los 3 y los 40 l/s.

En las zonas más costeras se realizan obras de captación consistentes en grandes zanjas a modo de balsas excavadas con maquinaria pesada y profundidades de 2 a 4 metros. Se han inventariado 3 obras de esta naturaleza.

En la tabla VII-1, se reflejan un resumen del inventario de puntos de agua, y el ANEXO V representa la profundidad hasta el agua.

7.4.- Mapa de isopiezas

A partir de los datos obtenidos en el campo referen-

tes a altitud y profundidad del nivel piezométrico en los distintos puntos del inventario, se ha elaborado el mapa piezométrico para el sector estudiado (ANEXO IX) correspondiente a Enero-Febrero de 1.982.

A la vista del citado mapa, se pueden hacer las siguientes consideraciones.

- A grandes rasgos la divisoria de agua superficiales coincide, en la zona norte, con la de aguas subterráneas.
- El sentido general del flujo subterráneo es de Este a Oeste, excepto en la franja Norte, donde, por la circunstancia antes indicada, la dirección de escorrentía subterránea es hacia el Norte.
- El acuífero drena sus aguas al Océano Atlántico y al río Tinto directamente ó a través de la amplia red de ríos y arroyos que surcan el sector.
- El gradiente hidráulico medio es del 1%, siendo máximo (2,5%) en la zona sur y mínimo en la zona norte (0,5%).
- Las áreas de menor gradiente coinciden con los puntos donde el acuífero presenta un mayor espesor.
- La profundidad hasta el agua es siempre inferior a los 10 metros y en la mayoría de los casos está comprendida entre 1 y 5 metros.
- El espesor de acuífero saturado oscila entre 2 y 70 metros, pudiéndose considerar un espesor medio saturado de 10 metros.

7.5.- Funcionamiento hidráulico

Como ya se ha indicado el acuífero tiene un carácter libre con porosidad primaria y espesor variable.

La alimentación se produce a partir de la infiltración de agua de lluvia y de los aportes subterráneos procedentes de la zona de Almonte a través del límite Este. Además hay que considerar, también, un cuadal adicional procedente del reciclaje de agua empleada para riegos.

Las salidas naturales se efectúan por drenaje hacia el mar directamente ó a través de los ríos y arroyos del sector, correspondiendo las salidas artificiales a los pozos (en número superior al millar) sondeos y zanjas que explotan el acuífero y que se emplean mayoritariamente para riego.

7.6.- Parámetros

Con las medidas de descensos y recuperaciones de niveles dinámicos, correspondientes a dos bombeos de ensayo de larga duración se ha obtenido los valores de transmisividad que se expresan en la tabla VII-2.

También se ha calculado, para ambos casos y en función del espesor de acuífero saturado, los valores de permeabilidad.

TABLA VII-2

Sondeo N°	Caudal aforado	Transmisividad m ² /s.	Espesor de acuifero sa- turado(m)	Permeab. en m/s.
1000-5-22	17,1	$4,06 \times 10^{-4}$	33,5	$1,2 \times 10^{-5}$
1000-1-51	40,0	$1,83 \times 10^{-3}$	69,0	$2,6 \times 10^{-5}$

Aunque en ambos casos el espesor de acuifero saturado es grande, el espesor medio saturado total del acuifero es del orden de 10 m.

El coeficiente de almacenamiento no se ha podido obtener, por no existir piezómetros próximos a los sondeos realizados aunque, dadas las características hidrogeológicas similares a otras áreas del acuifero Almonte-Marismas, estudiadas en el Proyecto del Guadalquivir, se puede estimar que el coeficiente de almacenamiento es del orden del 5%.

7.7.- Grado de explotación actual

Se han obtenido datos estadísticos de consumo de más de 200 puntos de agua, así como datos referentes a dotaciones para la fresa y otros cultivos de regadío y datos de superficie cultivada (Oficinas de Extensión Agraria, Cámaras

Agrarias, Cooperativas agrícolas y Ayuntamientos). Con todos ellos se ha llegado a determinar de una forma bastante fiable los caudales y volúmenes extraídos y su empleo.

La superficie ocupada actualmente por cultivos de regadío, principalmente fresas, es de unos 1.500 Ha., siendo la dotación media de $8.250 \text{ m}^3/\text{Ha/año}$, lo que supone un caudal global de $12,4 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

Las obras de captación más frecuentes son los pozos de gran diámetro, en un número superior a los 1.000, y que riegan pequeñas parcelas de carácter familiar.

El caudal destinado a bastecimiento humano se ha cifrado en un $0,1 \text{ Hm}^3/\text{año}$ y corresponde a urbanizaciones costeras (Mazagón) que poseen sondeos de captación, alguno de ellos con caudales de hasta 40 l/s.

El agua para abastecimiento a los grandes núcleos de población procede del embalse del río Piedras (Confederación Hidrográfica del Guadiana).

En el ANEXO VI se indica la distribución de los principales núcleos de Bombeo.

VIII.- HIDROQUIMICA

8.- HIDROQUIMICA

8.1.- Generalidades

La calidad química de las aguas subterráneas del sector estudiado se ve influenciada por el tipo de cultivo existente en el mismo.

Dos son los cultivos más extendidos en la zona: frutales, preferentemente fresa temprana, y forestal, con predominio del eucalipto y del pino piñonero. La distribución geográfica de estos cultivos está bien definida como puede observarse en el plano del ANEXO VII; así los cultivos de fresa, que ocupan una extensión global de unas 1.500 Has. se localizan en la zona Norte y Oeste y en menor proporción en la zona central (próximas de "La Grulla"), mientras que el resto del sector corresponde a cultivos forestales.

Para el abonado de la fresa se emplean grandes cantidades de estiércol y compuestos nitrogenados que, disueltos en el agua de lluvia y/o en el agua de riego y por efecto del reciclaje, alcanzan el nivel freático, aumentando la concentración de NO_3^- de las aguas subterráneas.

En algunos puntos, dentro de las zonas dedicadas al cultivo de la fresa, existen acumulaciones de estiércol, para su posterior utilización en las labores agrícolas.

Las cantidades de abonos utilizadas no se han podido estimar, dado que no todos los agricultores utilizan las mismas proporciones ni llevan a cabo el mismo número de abonados.

Los núcleos urbanos más importantes se asientan en la margen izquierda del río Tinto, correspondiendo la mayor densidad de población a la zona comprendida entre las localidades de Moguer y Palos de la Frontera (más de 15.000 habitantes), mientras que en Lucena del Puerto la densidad es mucho menor (algo menos de 2.000 habitantes).

Dentro del sector estudiado no existe ningún vertedero de residuos sólidos, ya que el servicio de limpieza de Huelva se encarga de la recogida de basuras en los núcleos urbanos de la periferia. Los residuos líquidos son evacuados mediante conducción al río Tinto, sin ningún tipo de depuración previa. Hay que señalar también, la existencia de algunas fosas sépticas en las áreas urbanas más aisladas.

Las industrias del Polo de Desarrollo de Huelva, principalmente petroquímicas, se concentran en la franja costera del suroeste y vierten sus residuos al mar a través de conducciones.

La ganadería está poco desarrollada en la zona, no existiendo ninguna explotación importante de este tipo, por lo que el peligro de cara a una posible contaminación de los acuíferos es prácticamente nula.

Con el fin de determinar la influencia de todos los posibles focos de contaminación sobre la calidad natural de las aguas subterráneas del sector, se ha realizado el análisis de muestras procedentes de captaciones situadas tanto en zonas forestales como en zonas con predominio de cultivos de fresas y en zonas costeras (ver plano del ANEXO VII y tabla VIII.1).

TABLA VIII.1

	1.000- -1.066	999 - -8.042	1.000- -5.014	1.000- -5.022	1.017- -1.006	1.016- -4.009	1.016- -5.012	1.016- -4.010
NATURALEZA	POZO	POZO	POZO	SONDEO	POZO	ZANJA	POZO	POZO
Prof. Obra (m) .	8.00	6.00	7.50	61.0	4.20	4.5	6.0	6.0
Prof. hasta el agua (m)	3.25	1.00	2.20	10.0	2.10	2.6	1.0	1.80
Acuífero captado	Saheliense	Saheliense	Pliocua- ternario	Pliocuater- nario	Pliocuater- nario	Pliocuat.	Pliocuat.	Pliocuat.
Cl ⁻ (mg/l)	141.8	20.5	70.9	248.2	63.8	994	170	149
SO ₄ ⁼ (mg/l)	355.9	301.5	32.1	0.9	71.5	326	50	22
CO ₃ H ⁻ (mg/l)	414.9	305.1	36.6	85.4	36.6	100	100	50
NO ₃ ⁻ (mg/l)	117.2	127.2	62.2	0.0	47.8	48	13	18
NO ₂ ⁻ "	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2	0.1	0.07	0.08
Na ⁺ "	133.6	80.2	41.4	120.2	38.1	---	---	---
Mg ⁺⁺ "	102.1	82.7	7.3	14.6	19.5	---	---	---
Ca ⁺⁺ "	132.3	144.3	28.1	36.1	24.0	---	---	---
K ⁺ "	4.7	3.9	9.5	3.3	5.3	---	---	---
Li ⁺ "	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	---	---	---
Conductividad (en mi- cromhos/cm. a 25°C)	1696.41	1289.28	424.10	871.13	366.27	3000	600	600
Sólidos disueltos	1402.9	1165.8	288.27	508.6	306.87	---	---	---
pH	7.9	7.8	6.1	7.7	5.6	5.6	7.2	5.8
Dureza (° F)	75	70	10	15	14	---	---	---
S.A.R.	2.12	1.32	1.80	4.27	1.40	---	---	---

Los resultados de los análisis llevados a cabo ponen de manifiesto que en el sector comprendido entre Moguer y Palos de la Frontera los nitratos presentan concentraciones del orden de 117 a 127 mg./l. Estos valores pueden deberse al empleo de elevadas proporciones de compuestos nitrogenados en el abonado de la fresa y a una posible contaminación urbana.

El hecho de que aparezca también NO_2^- en estas muestras nos indica que el foco contaminante está próximo, pudiendo corresponder a alguna fuga en la red de alcantarillado. Debido a que el nivel freático está muy alto (entre 3,25 y 1 metro), el agente contaminante puede alcanzar rápidamente la zona saturada.

Las altas concentraciones en sulfatos de las muestras analizadas, en esta zona y en otras situadas más al sur (326 a 359 mg./l.), se podría atribuir a la presencia de yesos, aunque no han sido observados en ningún punto. De cualquier forma los anómalos contenidos en sulfatos encontrados, no parecen justificables por el empleo de sulfato de potasa y sulfato amónico en el abonado de la fresa.

En el sector central ("La Grulla"), las muestras también se han tomado de un pozo, cuyo nivel de agua está a 2,20 metros de profundidad. La calidad es aquí considerablemente mejor que la de Moguer-Palos de la Frontera, aunque sigue marcándose una cierta incidencia de los cultivos en la calidad del agua subterránea. Las concentraciones de los iones han disminuido notablemente respecto a la zona anteriormente mencionada. La conductividad ha descendido a 424 micromhos/cm. a 25°C, y los nitratos a 62.2 mg/l, no apareciendo nitrógeno en forma de NO_2^- .

Hay que hacer la observación de que las tomas de mues

tras se han realizado ocho días después de un período de fuertes precipitaciones lo que ha podido favorecer el lavado del suelo recién abonado contribuyendo a aumentar las concentraciones de sales disueltas en las aguas subterráneas.

En la franja costera situada entre el Arroyo de la Madre y el río Tinto se tomaron varias muestras, cuyos análisis reflejan una calidad buena, a excepción de la tomada en el punto 1016-4009 que presenta un contenido en Cl^- de 994 mg ./l. y un conductividad de 3.000 Mmhos/cm. lo que podría corresponder a un posible inicio de intrusión marina. No hay que olvidar que en esta zona se lleva a cabo una explotación intensa mediante excavaciones de gran superficie. Algunos de los análisis realizados presentan indicios de nitritos.

Los únicos datos de análisis que se tienen de muestras tomadas en sondeos se sitúan al sureste del sector estudiado. Se trata de una zona de cultivos forestales (pino piñorero) donde no existen núcleos de población. El sondeo de 61 metros, está debidamente protegido.

La calidad del agua subterránea en este punto es muy buena, con una conductividad de 366 Mmhos/cm, un contenido en sulfatos de 0,9 mgr./l. y ausencia de nitratos y nitritos; sin embargo presentan elevadas concentraciones de cloruros.

8.2.- Control de la contaminación

En este capítulo se van a dar unas ideas sobre las medidas correctoras aplicables a la contaminación, teniendo siempre en cuenta la gran dificultad que supone mejorar la calidad de un agua subterránea cuando ésta ha sido alterada.

Hay que considerar, que existen algunas iones disueltos en el agua que prácticamente no tienen tratamiento, y sólo podrían disminuirse evitando el foco que las produce. En el caso particular de los nitratos:

- a).- Reducción de la proporción de nitrógeno aplicado a las cosechas. Evidentemente este repercutirá en un menor rendimiento de las mismas, considerando que la proporción de nitrógeno empleado en la actualidad sea la óptima. Es importante y urgente llevar a cabo la determinación y aplicación de los compuestos nitrogenados estrictamente necesarios y hacerlo en los tiempos y lugares más adecuados. También es importante la mejora de ciertas prácticas agrícolas tales como la labranza, rotación de cosechas, etc., a fin de reducir en lo posible la percolación de fertilizantes.
- b).- Aumentar el agua aplicada a las cosechas provocando la mejor y mayor dilución de los nitratos y la disminución de concentraciones. Esto repercutiría en la disminución de los recursos y por consiguiente a la ineficacia en el uso del agua.
- c).- Instalación de un sistema de drenaje eficaz que evitara la recarga del acuífero a partir de las aguas de reciclaje de riegos. Esta solución es además de muy costosa, técnicamente difícil de

llevar a la práctica.

- d).- Para evitar la contaminación bacteriológica que puede ir asociada al amoníaco y a los nitritos, se requiere ante todo la inutilización de cualquier obra (estercoleros, pozos negros o fosas sépticas) que puedan actuar como foco contaminante, así como la no utilización excesiva de abonos orgánicos.

Independientemente de que se tomen cualquiera de estas acciones es importante el control de la calidad química en aquellas zonas donde hasta la fecha no se ha observado ningún indicio de presencia de nitratos, nitritos o amoníaco. En el mapa hidrogeológico (ANEXO IX) se propone una red de control destinada a observar periódicamente la calidad química de las aguas subterráneas del sector.

IX.- VULNERABILIDAD DEL ACUIFERO A LA CONTAMINACION

9.- VULNERABILIDAD DEL ACUIFERO A LA CONTAMINACION

La naturaleza de los materiales que forman el acuifero, así como la escasa profundidad a la que se encuentra el nivel piezométrico, hacen que éste sea altamente vulnerable a la contaminación originada por vertidos en superficie.

Por otra parte existe el peligro, dado que se trata de un acuífero costero, de una eventual contaminación por intrusión marina, debido a sobrebombeo en las zonas más próximas a la línea de costa. Para prevenir este riesgo, el Instituto Geológico y Minero de España tiene establecidos una serie de piezómetros donde se controla de forma periódica, mediante análisis químicos, el contenido en sales disueltas en las aguas.

En el capítulo anterior se han analizado los posibles focos contaminantes, así como la calidad del agua subterránea en las distintas zonas del sector estudiado, poniéndose de manifiesto que existe una cierta influencia del tipo de cultivos, y más concretamente, de los tipos y cantidades de productos orgánicos e inorgánicos utilizado en las labores agrárias, sobre la calidad del agua.

En las zonas donde se concentran las plantaciones de fresa temprana, fruta que requiere gran cantidad de estiércol y complejos nitrogenados, se han encontrado concentraciones de iones NO_3^- algo elevadas lo que hace que en dichas zonas no sea recomendable realizar captaciones de agua para destinarla a consumo humano.

Se ha apuntado también, la posibilidad de que los altos contenidos en sulfatos observados en algunas muestras analizadas, se puedan deber a una contaminación natural ori

ginada por la influencia de formaciones salinas (yesos); sin embargo este punto no ha podido ser comprobado al no haberse localizado en ningún punto del sector afloramientos de yesos.

Por último, hacer referencia a la presencia en una de las muestras tomadas en la zona costera del Suroeste (1016-1009) de un alto contenido en Cl^- (994 mg ./l.), lo que indica un inicio de intrusión marina. En esa zona se lleva a cabo el bombeo de un elevado caudal que se destina a riego, habiéndose implantado un tipo de captaciones consistentes en excavaciones de gran superficie que no se atienen, en la mayoría de los casos, a las normativas legales vigentes referentes a captaciones de agua subterránea. La existencia de indicios de intrusión marina hace necesario la toma de las medidas oportunas a fin de que se restrinjan los bombeos en esta zona costera.

X.- BALANCE

10.- BALANCE

En cualquier sistema acuífero se cumple que las entradas son iguales a las salidas más/menos la variación de reserva. Esto se expresa numéricamente mediante la fórmula:

$$P + R + As = ETR + Qc + Qi + Es \pm W$$

En la que:

P = Pluviometría media considerada.

R = Reciclaje riegos.

As= Alimentación lateral subterránea procedente de otros acuíferos.

ETR=Evapotranspiración real.

Qc= Salidas controladas.

Qi= Salidas incontroladas.

Es= Escorrentía superficial.

W = Variación de reserva.

Teniendo en cuenta que, al considerar un período lo suficientemente largo como en nuestro caso, el término W tiende a 0, nos quedará:

$$P + R + As = ETR + Qc + Qi + Es$$

Para el cálculo del caudal que se transvasa del acuífero Almonte-Marismas al sector estudiado, se ha empleado la extensión de Darcy:

$$Q = K \cdot i \cdot s$$

En la que:

Q = Caudal transvasado.

K = permeabilidad del medio en m/s.

s = Superficie en m^2 .

i = Gradiente hidráulico en %.

Se ha estimado una permeabilidad medio de 2×10^{-5} , un gradiente hidráulico del 1%, un espesor saturado medio de 20 metros y un frente de drenaje de 15 kilómetros ($s = 300.000 m^2$).

Basándonos en estos parámetros y aplicando la expresión de Darcy se ha obtenido un caudal transvasado mínimo de $1,9 Hm^3/año$.

El cálculo del caudal procedente del reciclaje (R) se ha hecho basándolo en las experiencias realizadas por IRIDA para suelos arenosos en áreas próximas y con técnicas de riego similares a las empleadas en el sector, estimándose como valores el 15 ó 20% del caudal empleado para regadío, lo que significa $1,9-2,5 Hm^3/año$.

En función de la naturaleza del acuífero y de la geomorfología del sector, se ha considerado una escorrentía superficial igual al 10% de la precipitación ($14,8 Hm^3/año$).

Resumiendo los datos del Balance nos queda:

Entradas

- Pluviometría $148 Hm^3/año$.
- Reciclaje riegos $1,9-2,5 Hm^3/año$.
- Alimentación otros acuíferos . $1,9 Hm^3/año$.

TOTAL . . . 151,8-152,4 $Hm^3/año$.

Salidas

- Evapotranspiración real	103 Hm ³ /año.
- Caudal bombeado regadíos	12,4 "
- Caudal bombeado abastecimiento..	0,1 "
- Escorrentía superficial	14,8 "
<u>TOTAL</u>	<u>130,3 Hm³/año</u>

Entradas - Salidas = 21,5 - 22,1 Hm ³ /año

Hay un excedente de 21,5-22,1 Hm³/año que corresponde al caudal que, de forma incontrolada (Qi), es drenado al mar directamente o a través de los ríos y arroyos del sector.

Si consideramos un frente de drenaje de 35 km, una permeabilidad medio de 2×10^{-5} m/s., un espesor medio saturado de 10 metros y un gradiente hidráulico del 1% se puede calcular, aplicando la expresión de Darcy, el caudal que se drena, de forma directa al mar y al río Tinto.

$$Q = K \times S \times i = 2,2 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

Es decir, que de los 21,5-22,1 Hm³/año sobrantes, aproximadamente 2,2 Hm³ se drena al mar o al río Tinto, de forma directa, al año y el resto (19,3-19,9 Hm³) lo hace a través de los ríos y arroyos que surcan el sector.

XI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como consecuencia de todo lo anteriormente expuesto se llega a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

11.1.- Conclusiones

11.1.1.- Conclusiones de carácter general

1º- El sector estudiado tiene una superficie total de 258 km² que afecta a los términos municipales de Palos de la Frontera, Lucena del Puerto y Moguer.

Debido a su situación próxima a Huelva y a su polo de desarrollo, constituye un claro ejemplo de economía mixta agrícola-industrial.

2º- El total de la superficie destinada a cultivos de regadío es, en la actualidad, de 1.500 Has. cifra que representa un 6% del total de la superficie estudiada.

3º- El sector agrícola se encuentra en plena expansión, debido fundamentalmente al cultivo de la fresa temprana de gran acogida en los mercados nacionales y extranjeros.

4º- El riego de las citadas 1.500 Has. se realiza exclusivamente a partir de aguas subterráneas. La dotación media calculada es de $8.250 \text{ m}^3/\text{Ha.}/\text{año}$, lo que representa un caudal global extraído de $12,4 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

5º- Las obras de captación, de las cuales se extrae el agua utilizada, corresponden fundamentalmente a pozos a cielo abierto de gran diámetro y poca profundidad, que en número superior al millar se localizan en la zona.

La ubicación responde generalmente a una excesiva concentración lo que crea problemas locales de sobreexplotación. La técnica de ejecución empleada no es siempre la más adecuada.

11.1.2.- Conclusiones de carácter hidrogeológico

1º- El acuífero de Palos-Moguer corresponde en realidad al sector suroccidental del sistema acuífero Almonte-Marismas.

2º- Se trata de un acuífero libre cuyos terrenos permeables están constituidos por las arenas sahelienses y pliocuaternas, siendo su fondo impermeable las margas azules tortonienses.

La profundidad hasta las margas aumenta desde el Norte y Noreste hacia el Sureste, donde el acuífero alcanza espesores de hasta 80 m.

3º- Las transmisividades calculadas por bomb beos de larga duración ($5 \cdot 10^{-4}$ - $1 \cdot 10^{-3}$ m²/s.), ponen de manifiesto que los caudales me dios a extraer oscilarán entre 0,5 y 1 l/s. por cada 10 metros de acuífero sa turado.

4º- La alimentación o recarga del acuífero se realiza fundamentalmente a través de la infiltración del agua de lluvia y en menor cuantía por drenaje subterráneo pro cedente de la zona Almonte-Marismas y por reciclaje del agua empleada para rie gos "return flow".

Las salidas conocidas corresponde a la evapotranspiración real y a bombeos de pozos y sondeos.

5º- Establecido el balance hidráulico (capítulo X), se llega a la conclusión de que existe un excedente cifrado en unos 20 Hm³/año. Dichos recursos son potencialmente susceptibles de ser moviliza dos con la creación de nuevas Has. de regadío.

6º- Se ha podido comprobar, mediante análi sis químicos, que, en las zonas donde

se concentra la explotación actual, las aguas presentan concentraciones elevadas de nitratos (hasta 127,2 mg./l), así como presencia de nitritos y amonio, lo que las hace intolerables para el consumo humano.

En el resto del acuífero considerado, las aguas subterráneas mantienen su calidad inicial que es excelente.

Así mismo se ha detectado indicios de una incipiente intrusión marina en las áreas costeras del suroeste, esto es consecuencia de la sobreexplotación que se localiza en dichas áreas.

11.2.- Recomendaciones

1º- Dado el excedente en recursos disponibles que se desprende del Balance Hidráulico establecido, se recomienda incrementar el actual aprovechamiento de las aguas subterráneas, con la creación de nuevas superficies de riego en la medida que esto sea compatible con otros intereses presentes en la zona y siempre ajustándose a la normativa legal vigente.

2º- En consecuencia con la problemática de la zona

y las características hidrogeológicas del acuífero, se recomienda que la ubicación de las presuntas obras de captación se localice de acuerdo con la distribución de áreas recomendadas que se reseñan en el ANEXO VIII.

3º- En una primera fase, el total de nuevos recursos a movilizar no deberá exceder los 10 Hm³/año. El seguimiento en el tiempo del comportamiento del acuífero a la explotación, permitirá nuevas acciones si ello fuera procedente.

4º- Previamente a la ubicación de la campaña de captación, ésta se deberá organizar con los debidos asesoramientos por parte de los organismos y técnicos competentes.

En esta organización se deberán contemplar fundamentalmente razones de tipo hidrogeológico, agrónomo, ecológico, económico y social.

5º- Se recomienda como de absoluta necesidad el seguimiento integral de la evolución del acuífero.

Este seguimiento, que se ajustará a lo expuesto al respecto en este trabajo, deberá hacerse por los organismos competentes y contemplará fundamentalmente:

- Evolución dinámica de los niveles de agua.
- Evolución de la calidad del agua.
- Evolución de la intrusión marina.

A tal efecto se proponen una serie de puntos de agua para medidas de nivel y toma periódica de muestras (ANEXO IX).

De especial interés es el seguimiento de la intrusión marina en la franja costera situada entre la laguna de las Madres y el río Tinto, donde se han detectado elevados contenidos de Cloruros.

6º- Dadas las peculiares características de los suelos y problemática observada, se recomienda una revisión de los actuales planteamiento en lo que se refiere a dotaciones de riego ($m^3/Ha/año$) técnicas de riego y uso de fertilizantes.

7º- Asimismo se recomienda restringir los bombeos en las zonas costeras donde se han detectado indicios de intrusión marina.

Sevilla, mayo de 1982

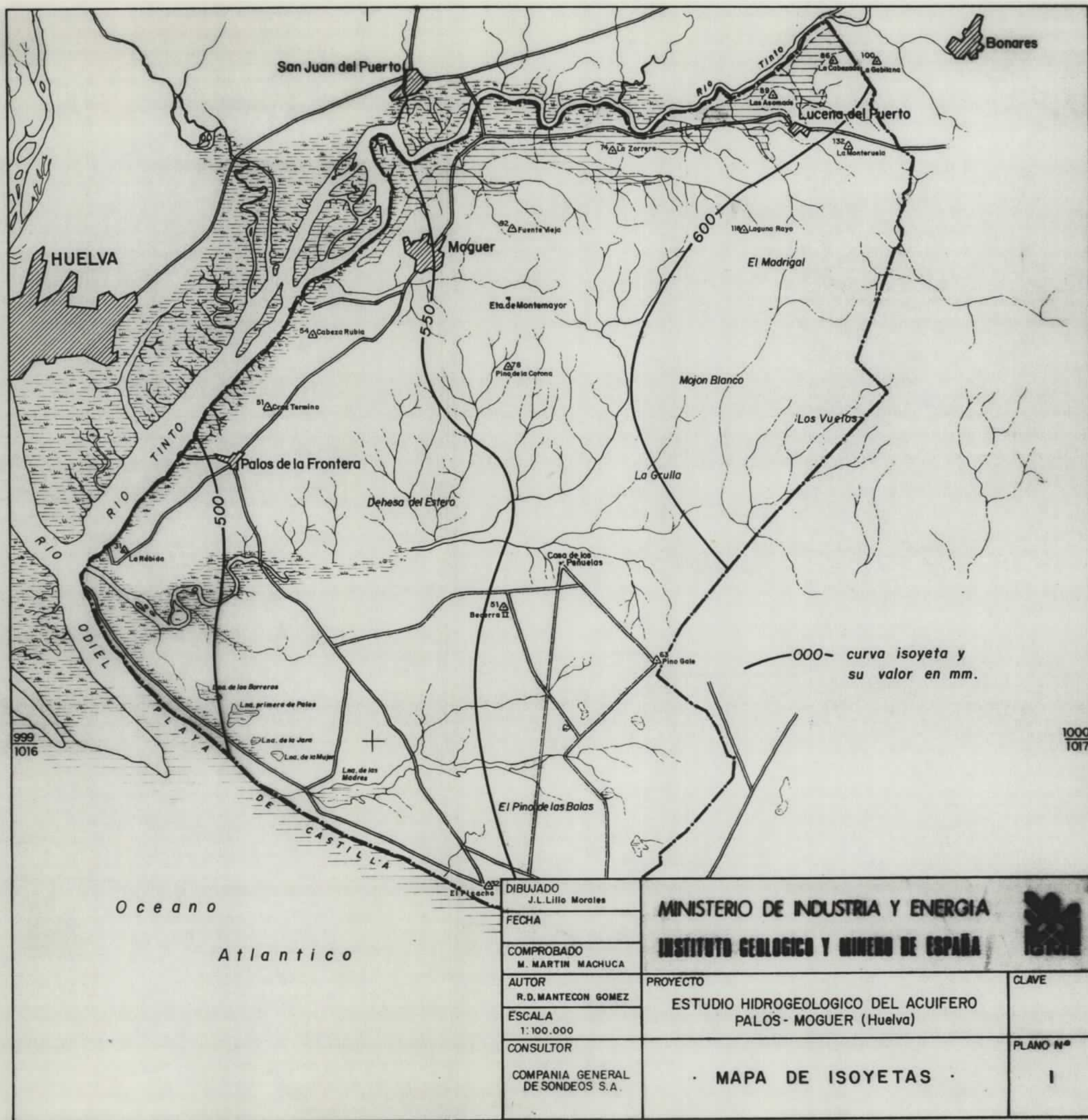
Fdo.: Ramón Mantecón Gómez
GEOLOGO

Vº Bº
Jorge Porras Marín
JEFE DE LA DIVISION DE
AGUAS SUBTERRANEAS.

XII.- ANEXOS

A N E X O I

Mapa de isoyetas



DIBUJADO
J.L. Lillo Morales

FECHA

COMPROBADO
M. MARTIN MACHUCA

AUTOR
R.D. MANTECÓN GÓMEZ

ESCALA
1:100.000

CONSULTOR

COMPANIA GENERAL
DE SONDEOS S.A.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

PROYECTO
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL ACUIFERO
PALOS - MOGUER (Huelva)

MAPA DE ISOYETAS

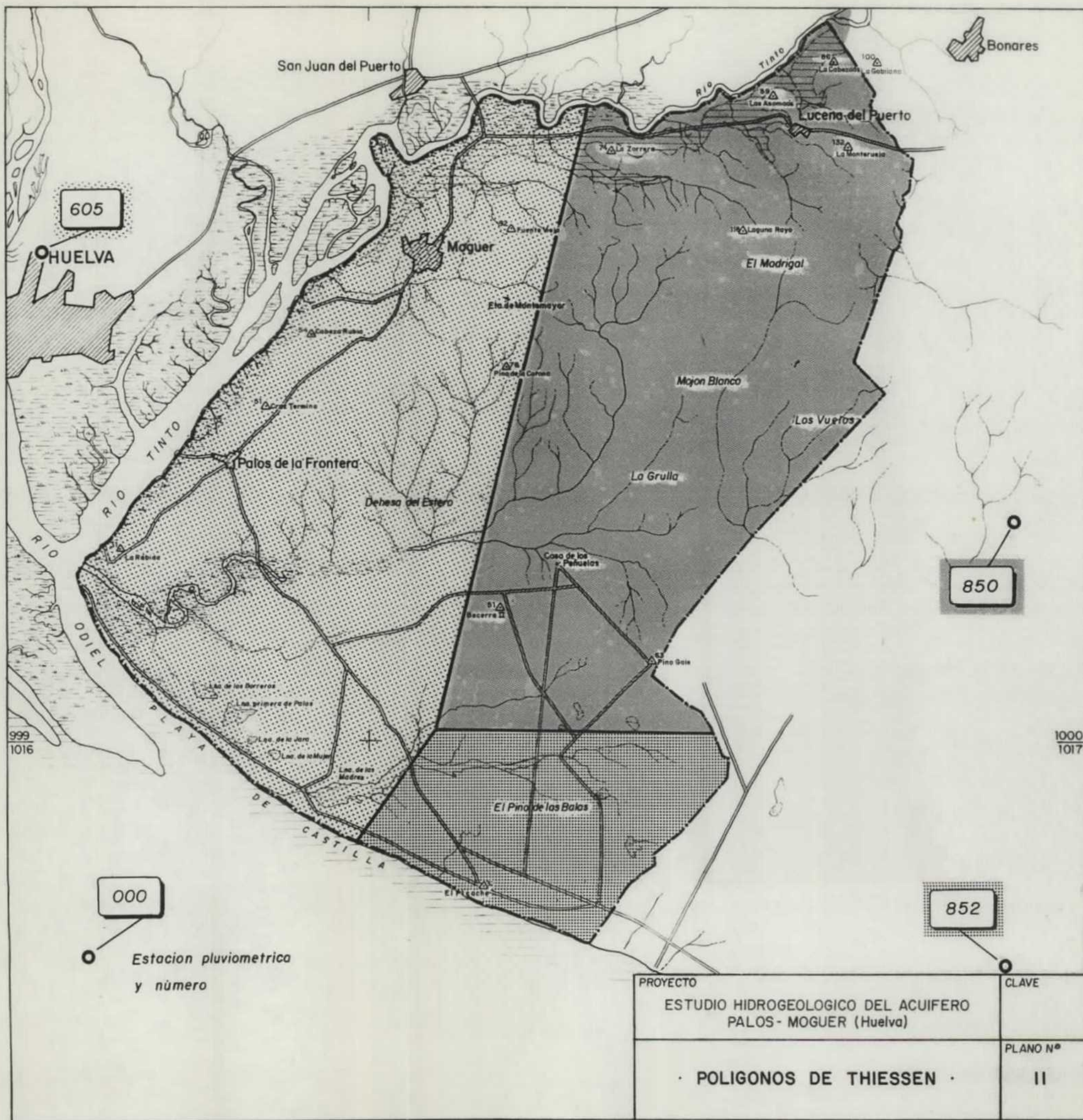
CLAVE

PLANO N°

I

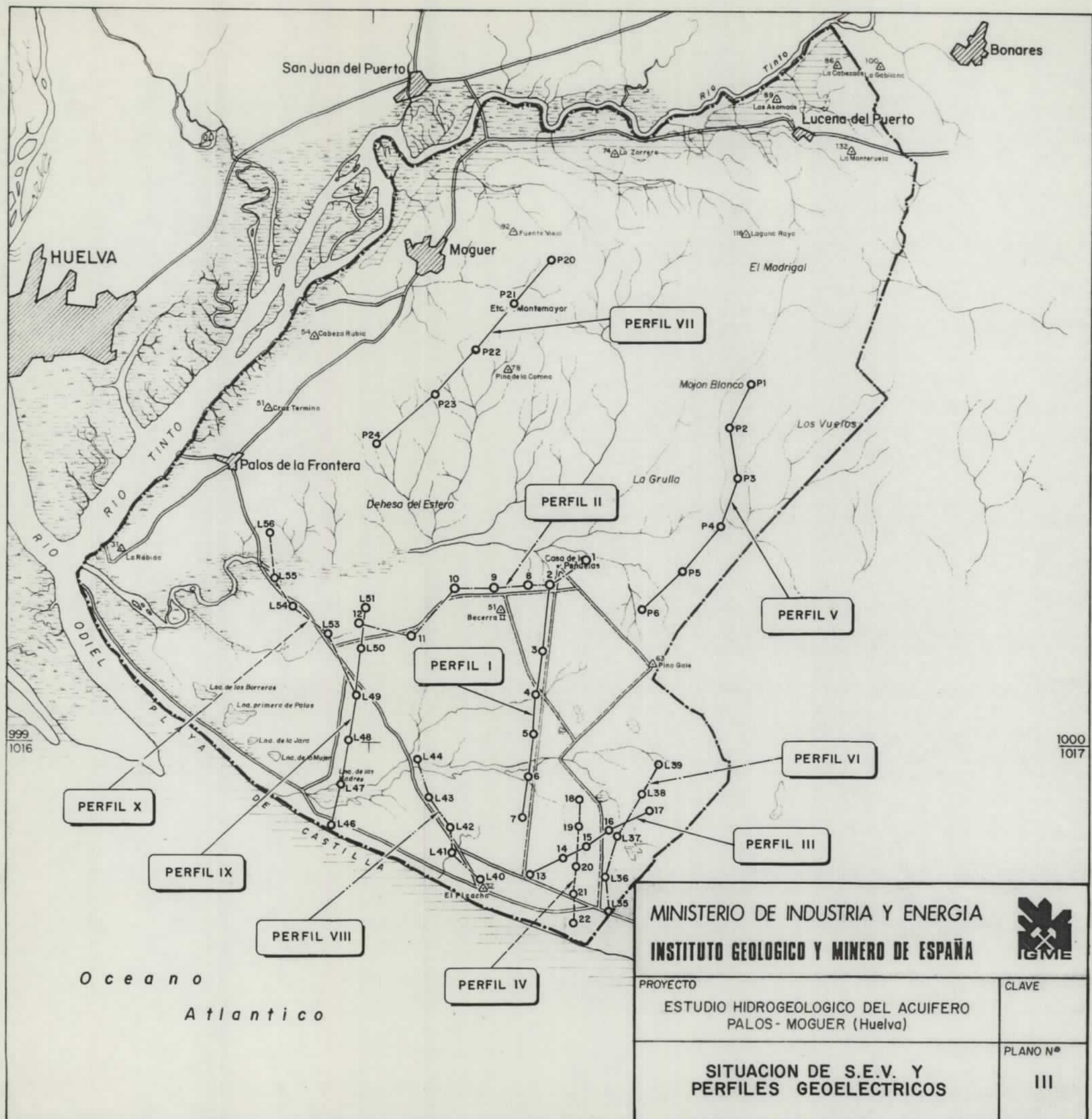
A N E X O I I

Polígonos de Thiessen



A N E X O I I I

Situación de S.E.V. y perfiles
geoeléctricos

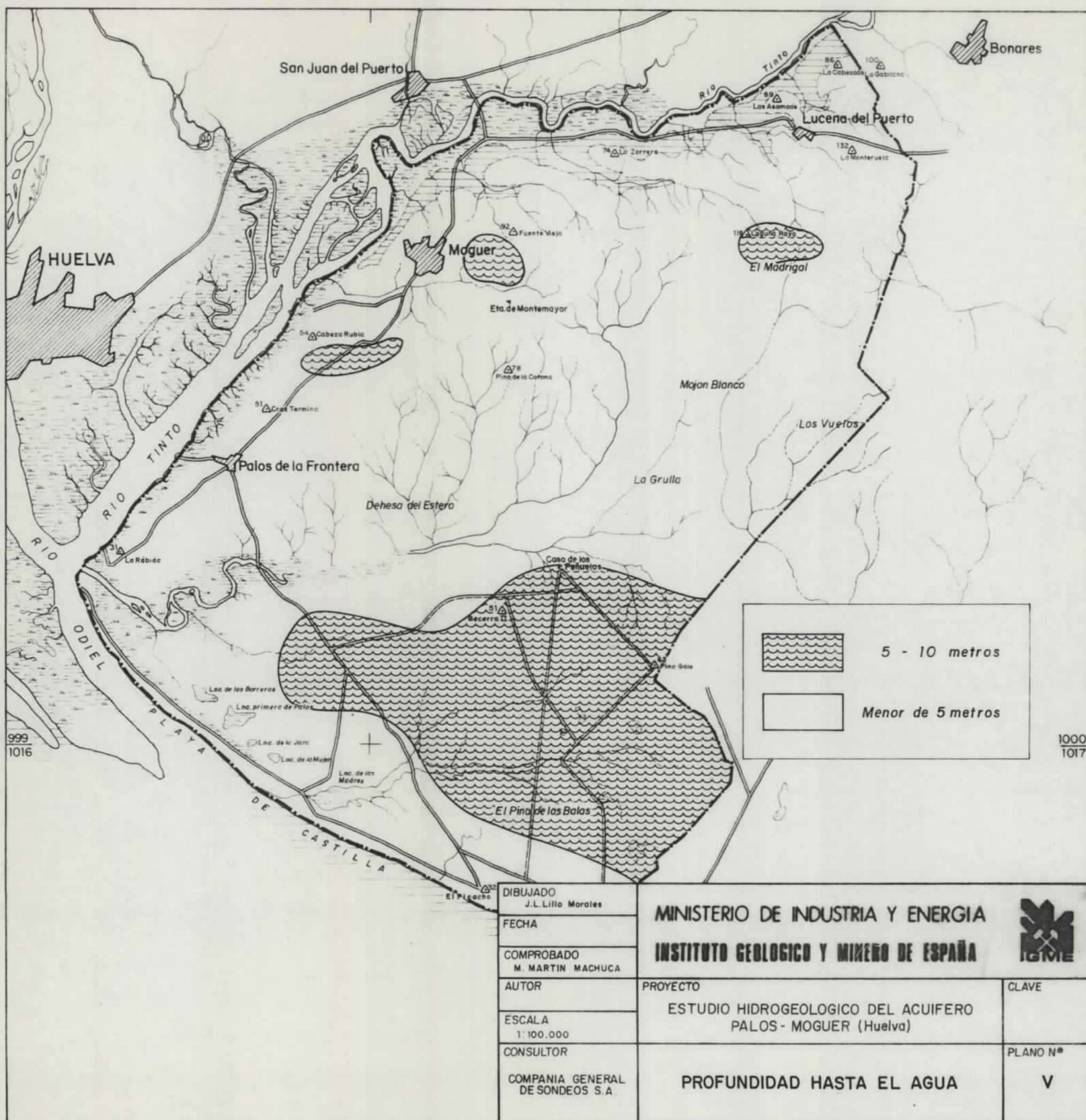


A N E X O I V

Profundidad hasta las margas azules

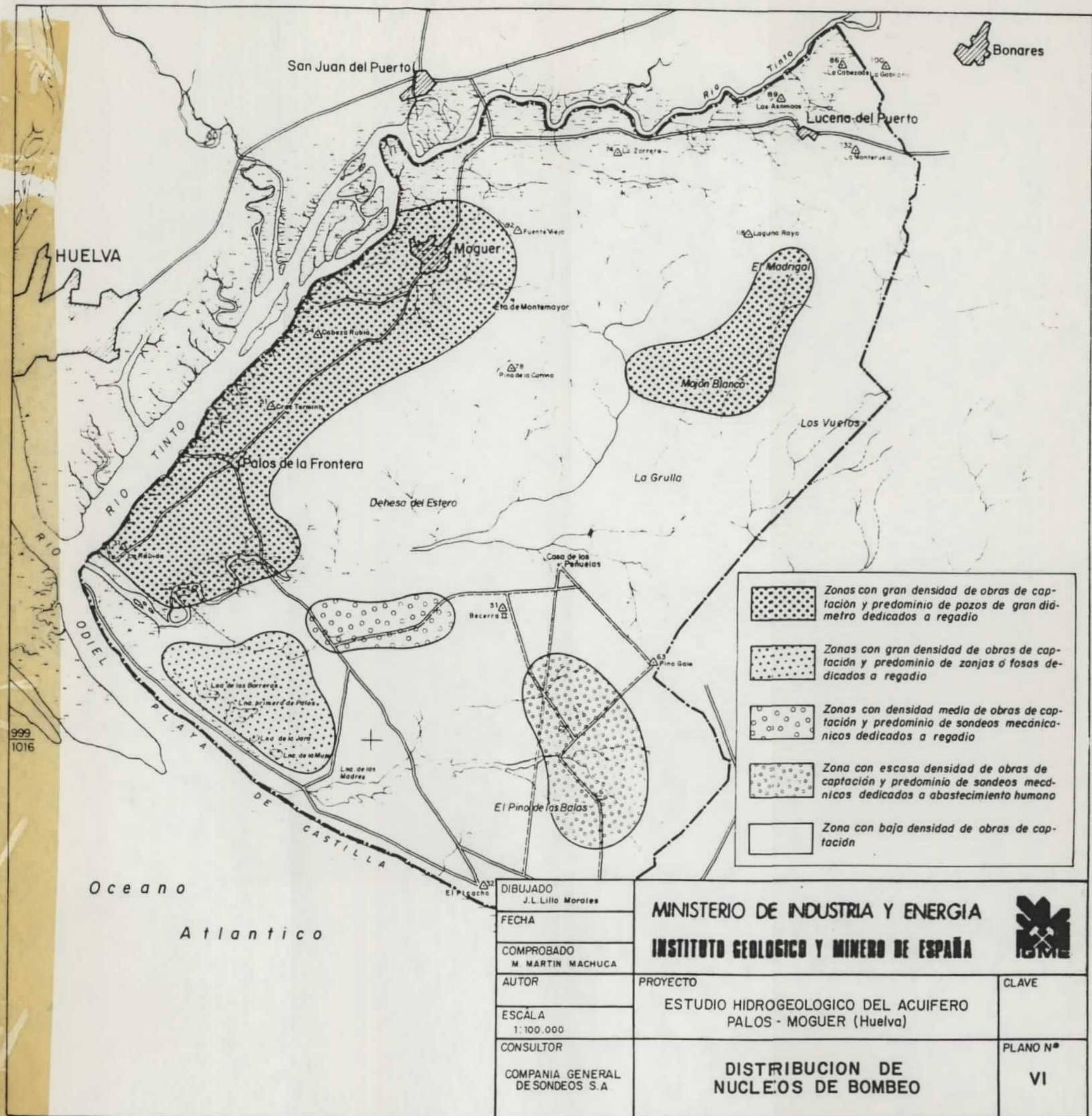
A N E X O V

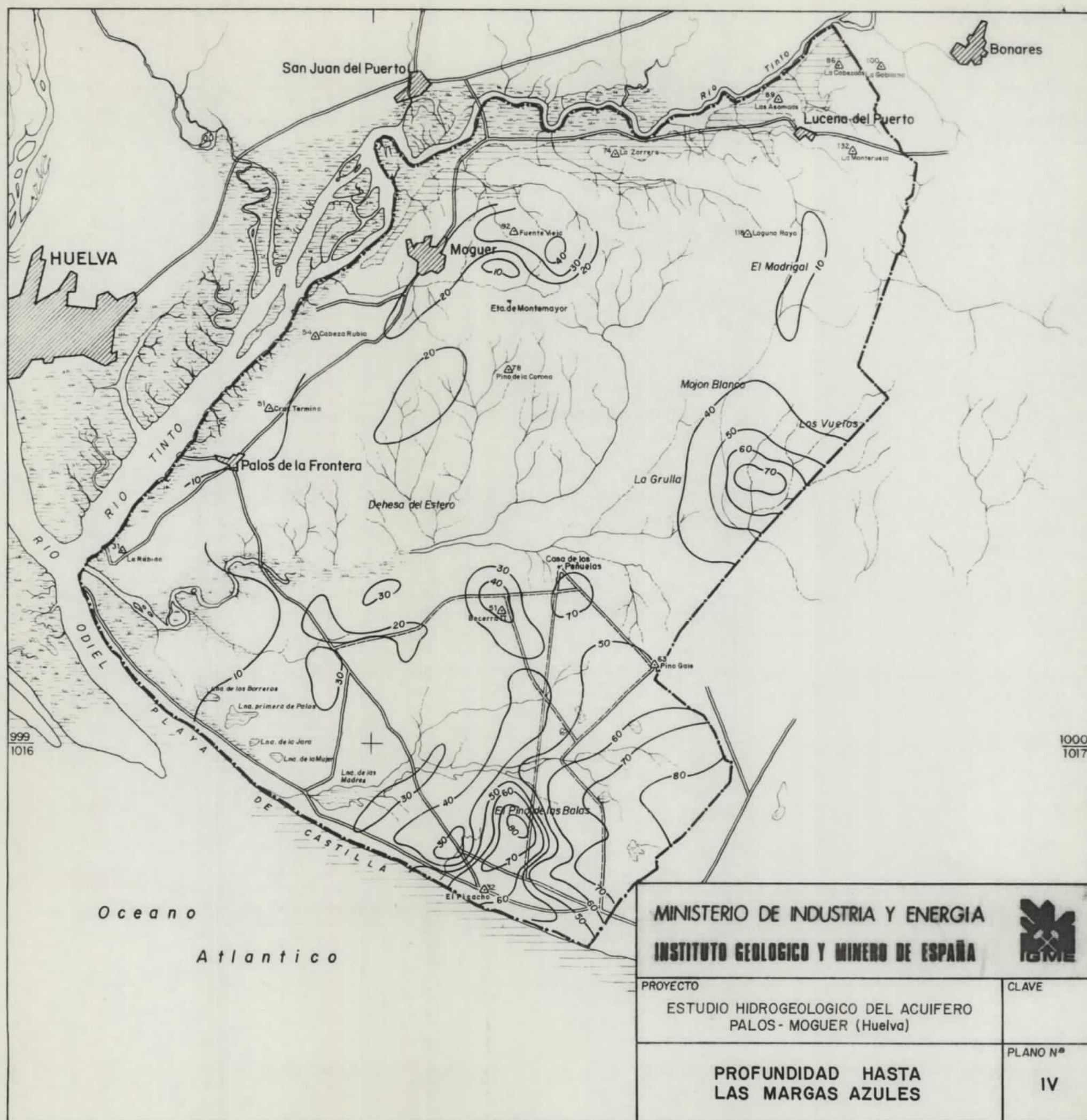
Profundidad hasta el agua



A N E X O VI

Distribución de núcleos de bombeo





MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



PROYECTO

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL ACUIFERO
 PALOS - MOGUER (Huelva)

CLAVE

PROFUNDIDAD HASTA
 LAS MARGAS AZULES

PLANO N°

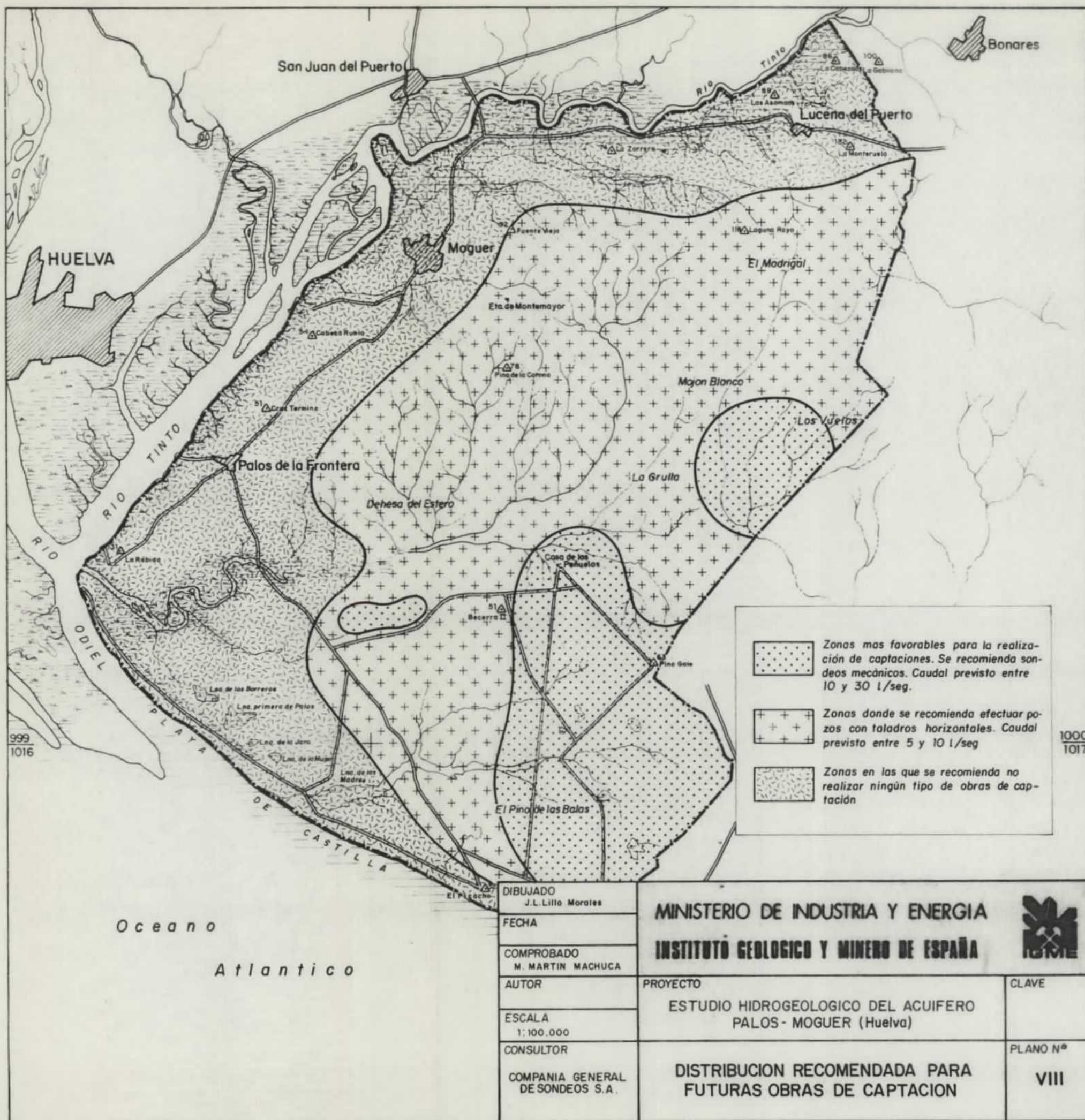
IV

A N E X O VII

Distribución de áreas contaminadas

A N E X O VIII

Distribución recomendada para futuras obras
de captación



DIBUJADO
J.L. Lillo Morales

FECHA

COMPROBADO
M. MARTIN MACHUCA

AUTOR

ESCALA
1:100.000

CONSULTOR

COMPANIA GENERAL
DE SONDEOS S.A.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



PROYECTO

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL ACUIFERO
PALOS - MOGUER (Huelva)

CLAVE

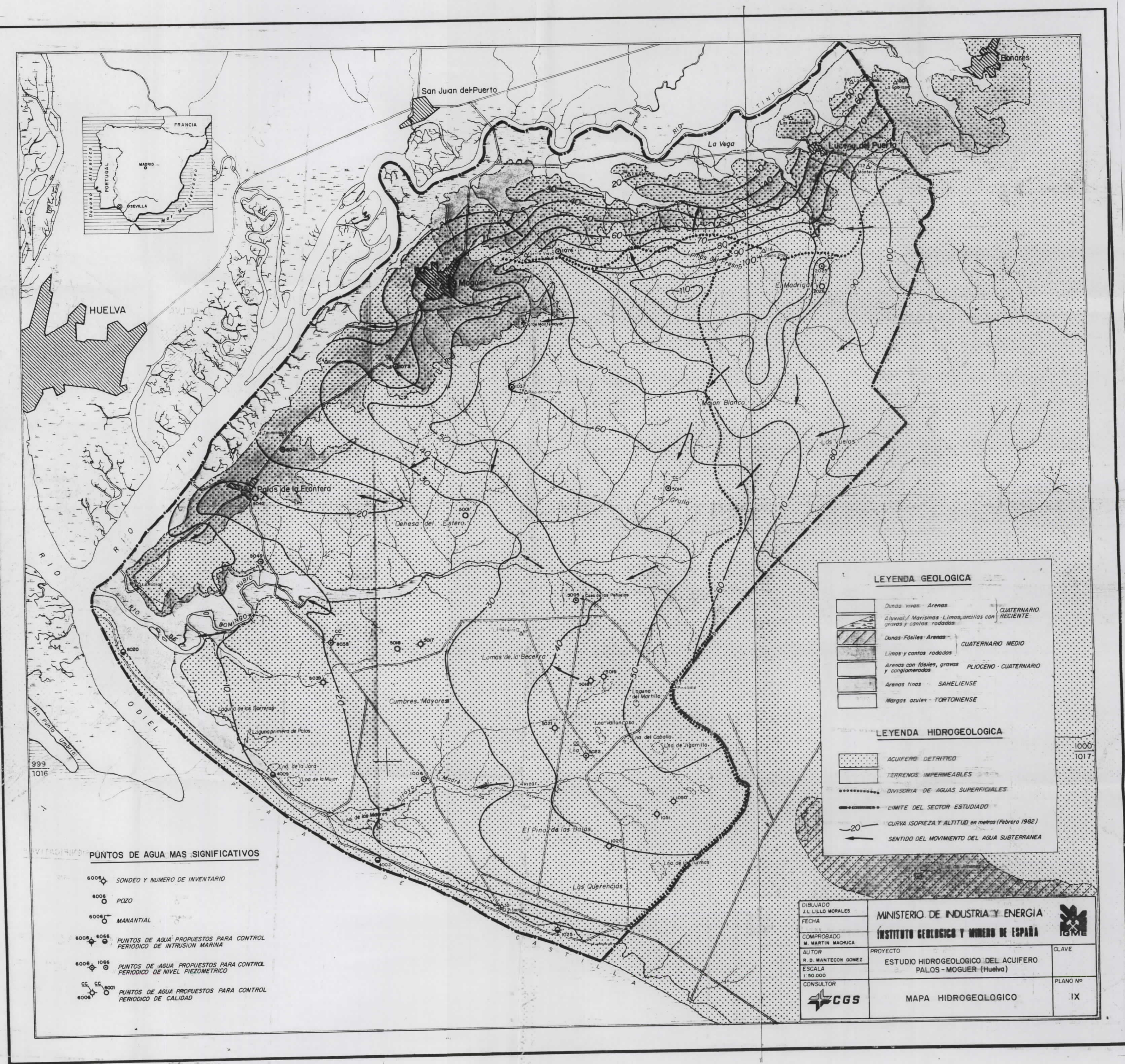
DISTRIBUCION RECOMENDADA PARA
FUTURAS OBRAS DE CAPTACION

PLANO N°

VIII

A N E X O IX

Mapa hidrogeológico



A N E X O X

Curvas de los S.E.V.

INTERPRETACION

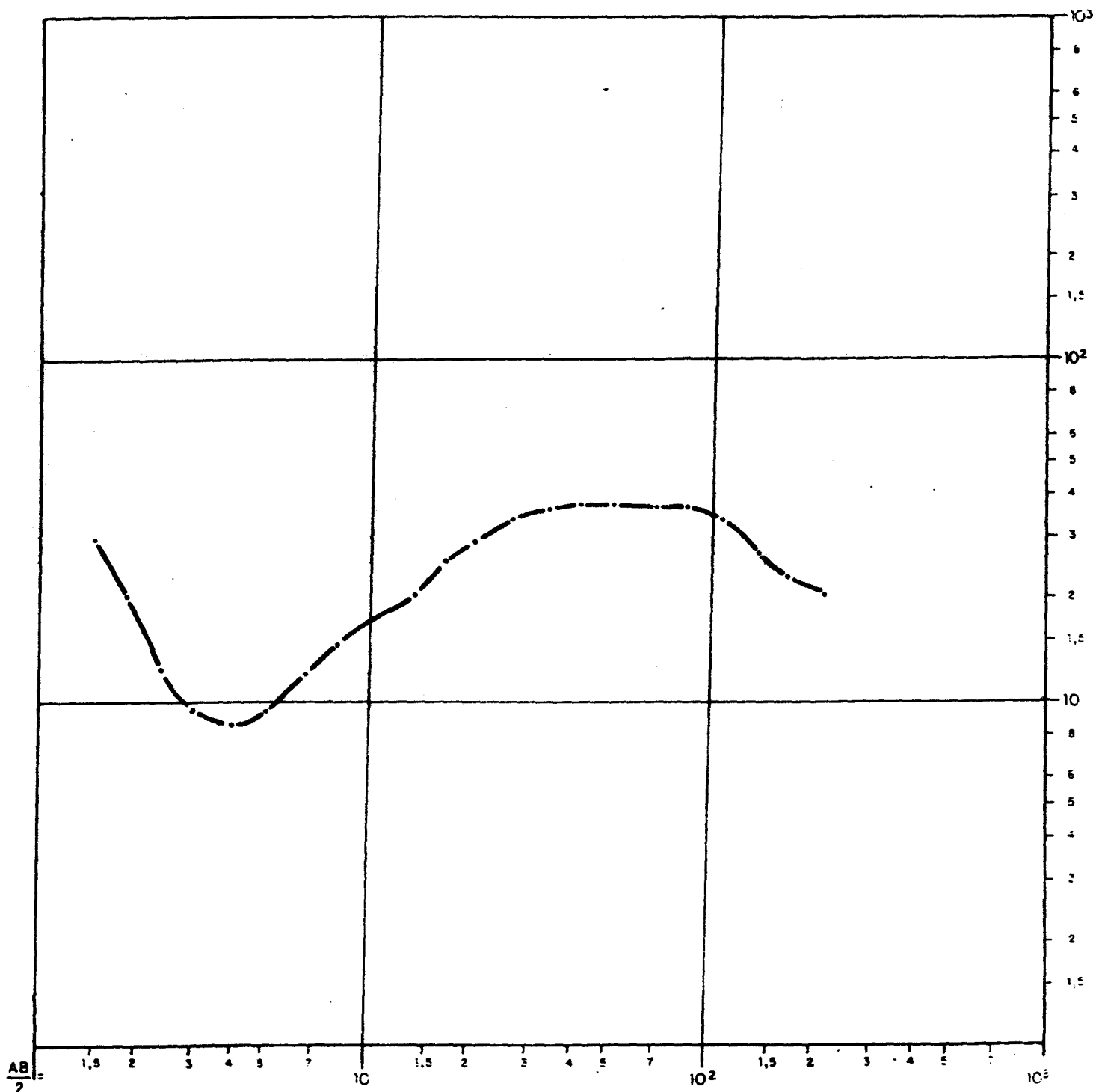
S.E.V. 1 -

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 0,5	120
0,5 - 4	8,4
4 - 11	90
11 - 70	36
70 -	11

PROYECTO:

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)

FECHA: Febrero 1982



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



INTERPRETACION

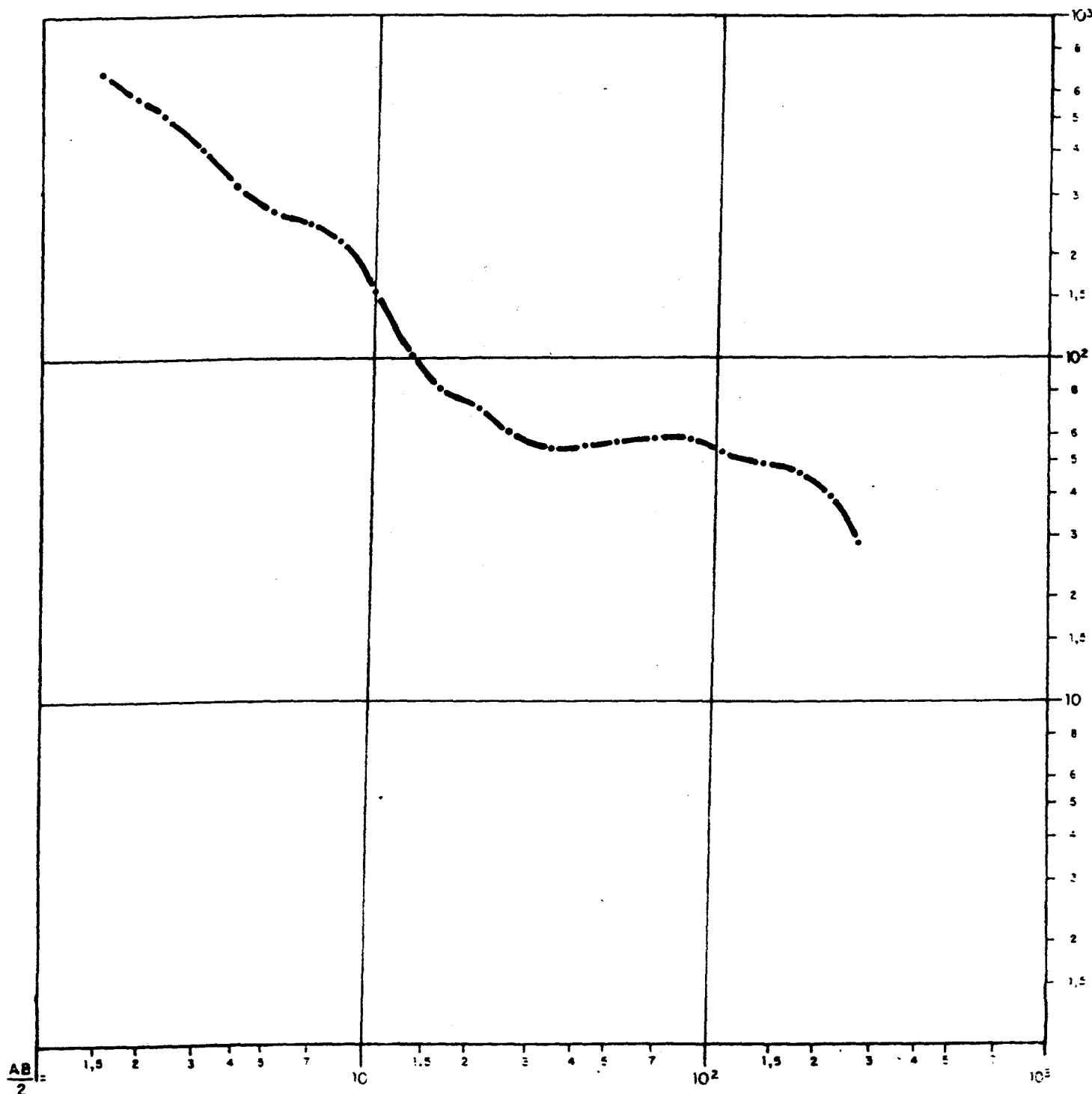
S.E.V. 2 -

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 1,1	780
1,1 - 5	234
5 - 25	50
25 - 69	625
69 -	30

PROYECTO:

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)

FECHA: Febrero 1982



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



INTERPRETACION

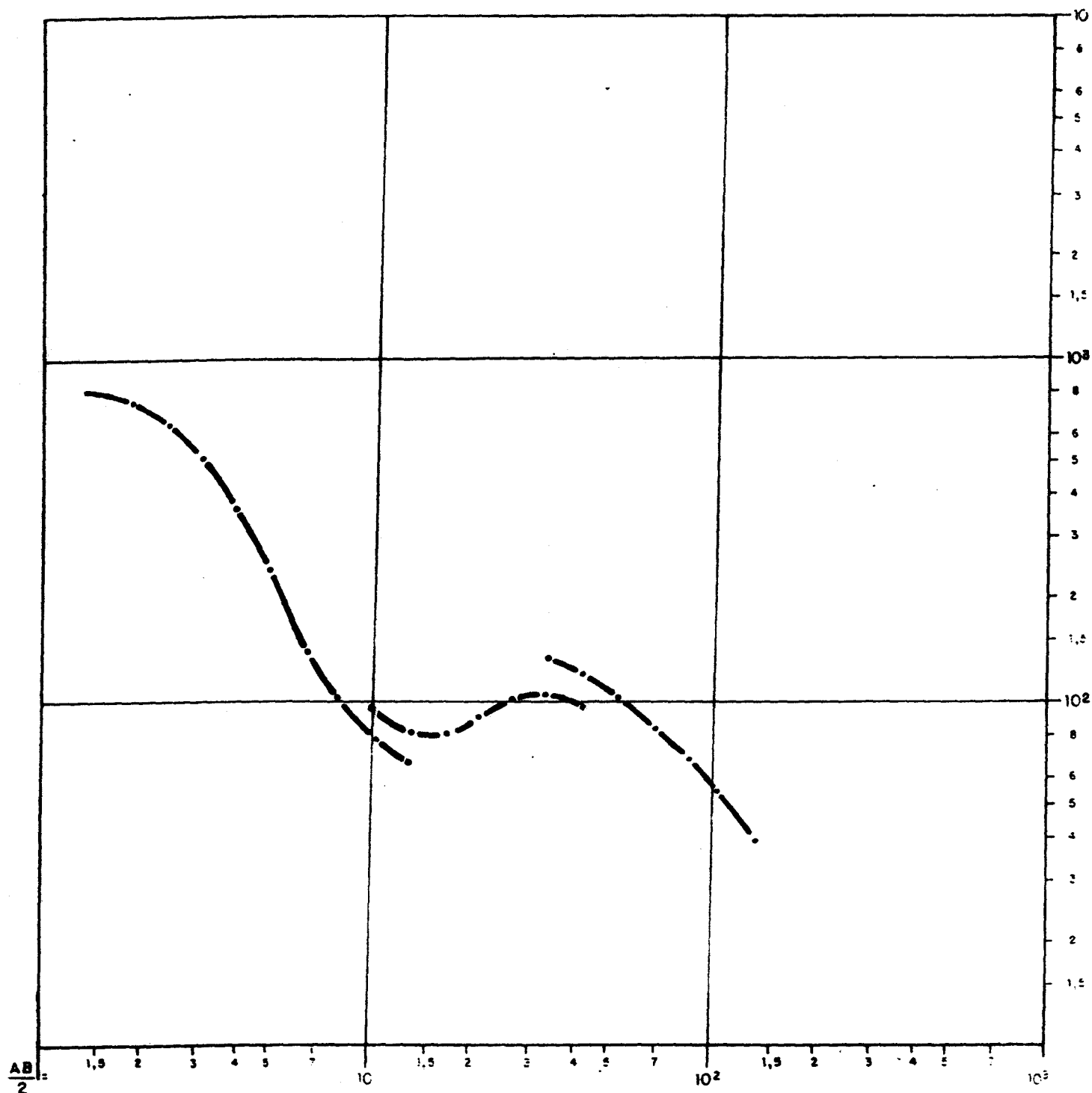
S.E.V. 3 -

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 1,7	900
1,7 - 11	63
11 - 30	175
30 -	26

PROYECTO:

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)

FECHA: Febrero 1982



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



INTERPRETACION

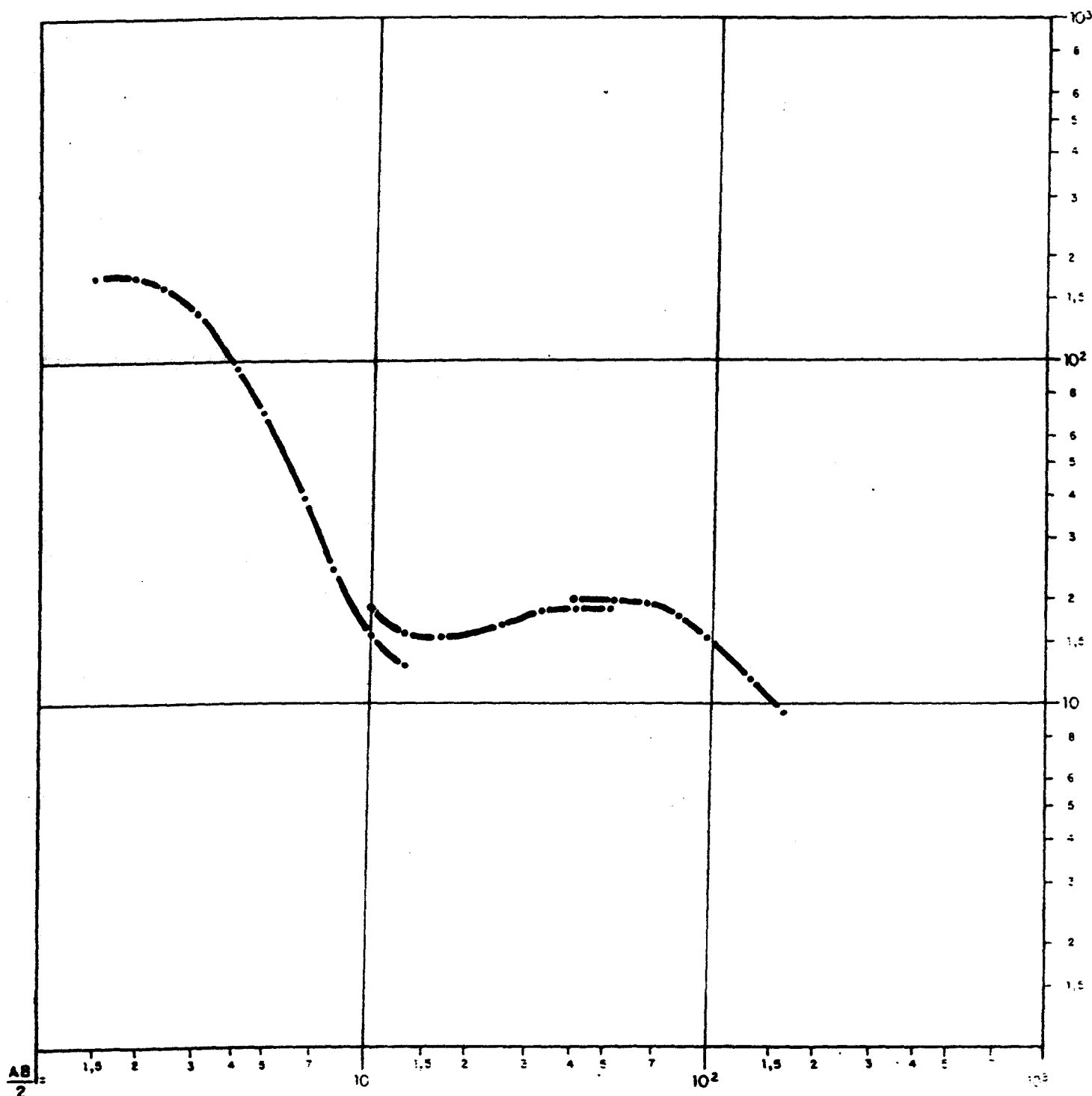
S.E.V. 4 -
(PARAMETRICO)

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 2	2100
2 - 9	105
9 - 45	240
45 -	63

PROYECTO:

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)**

FECHA: Febrero 1982



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



INTERPRETACION

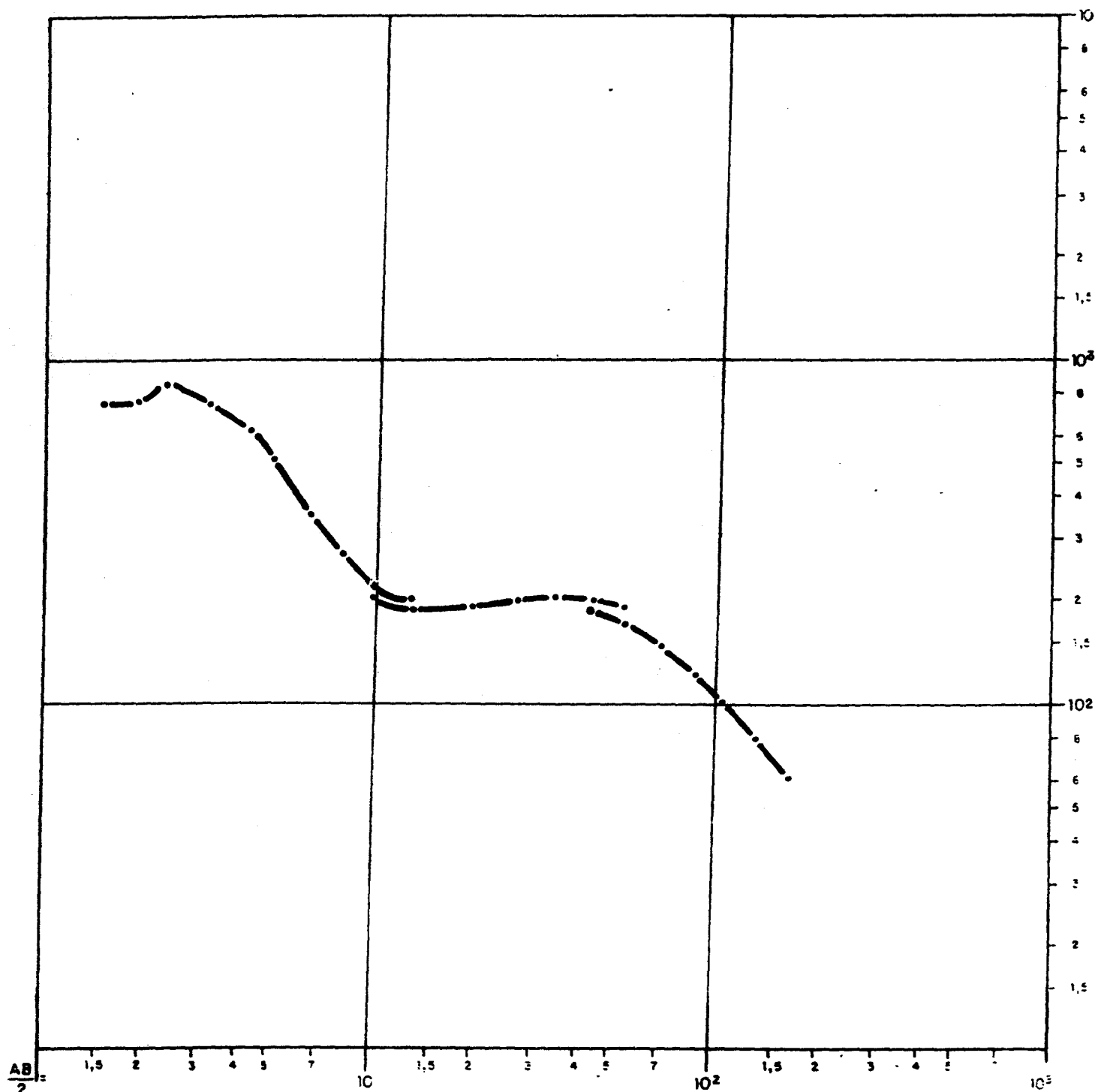
S.E.V. 5 -

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 2	1050
2 - 10	158
10 - 32	225
32 -	63

PROYECTO:

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)

FECHA: Febrero 1982



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



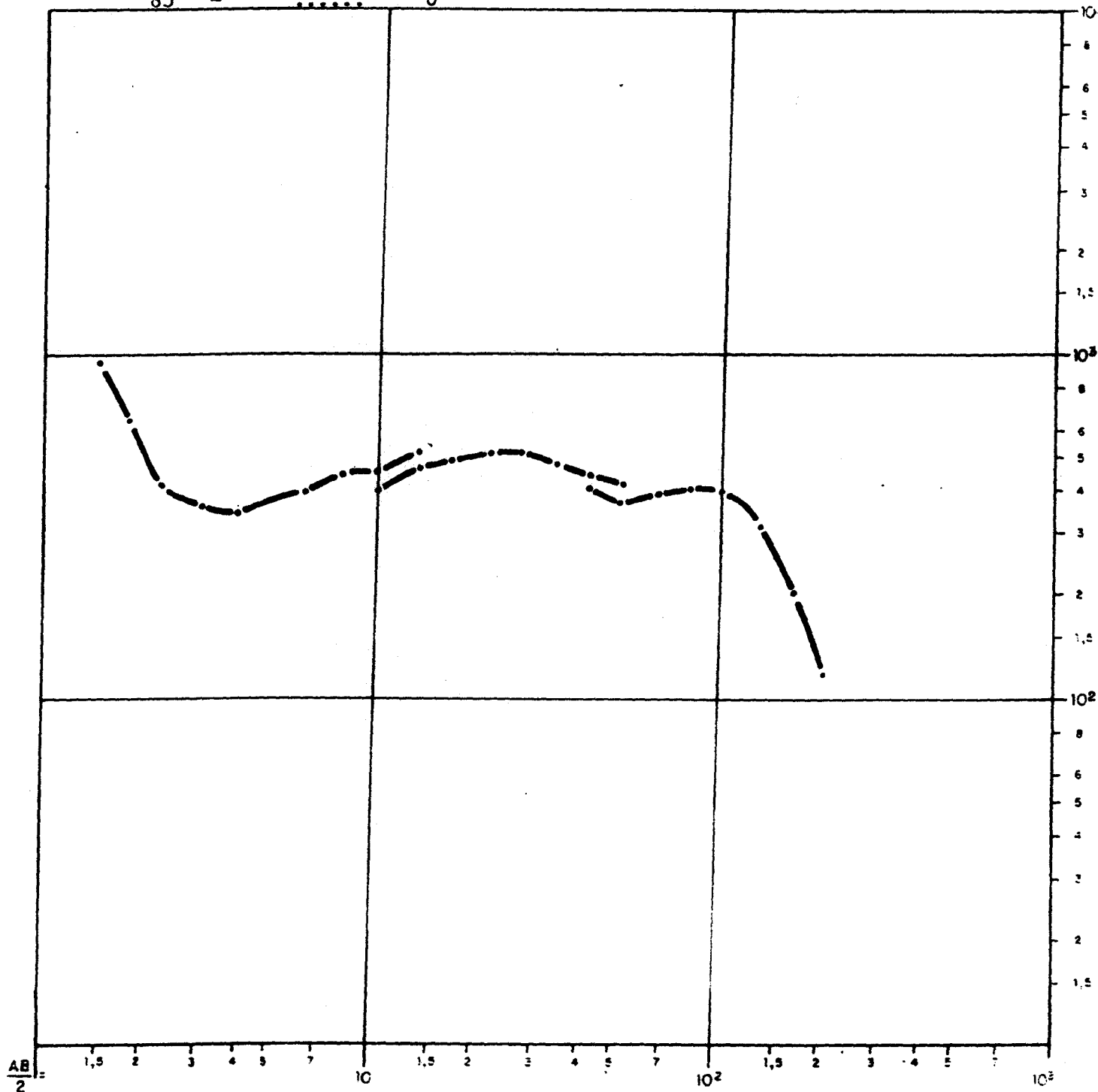
INTERPRETACION

S.E.V. 6 -

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 0,4	14500
0,4 - 4	362
4 - 16	720
16 - 56	300
56 - 85	680
85 -	0

PROYECTO:
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)

FECHA: Febrero 1982



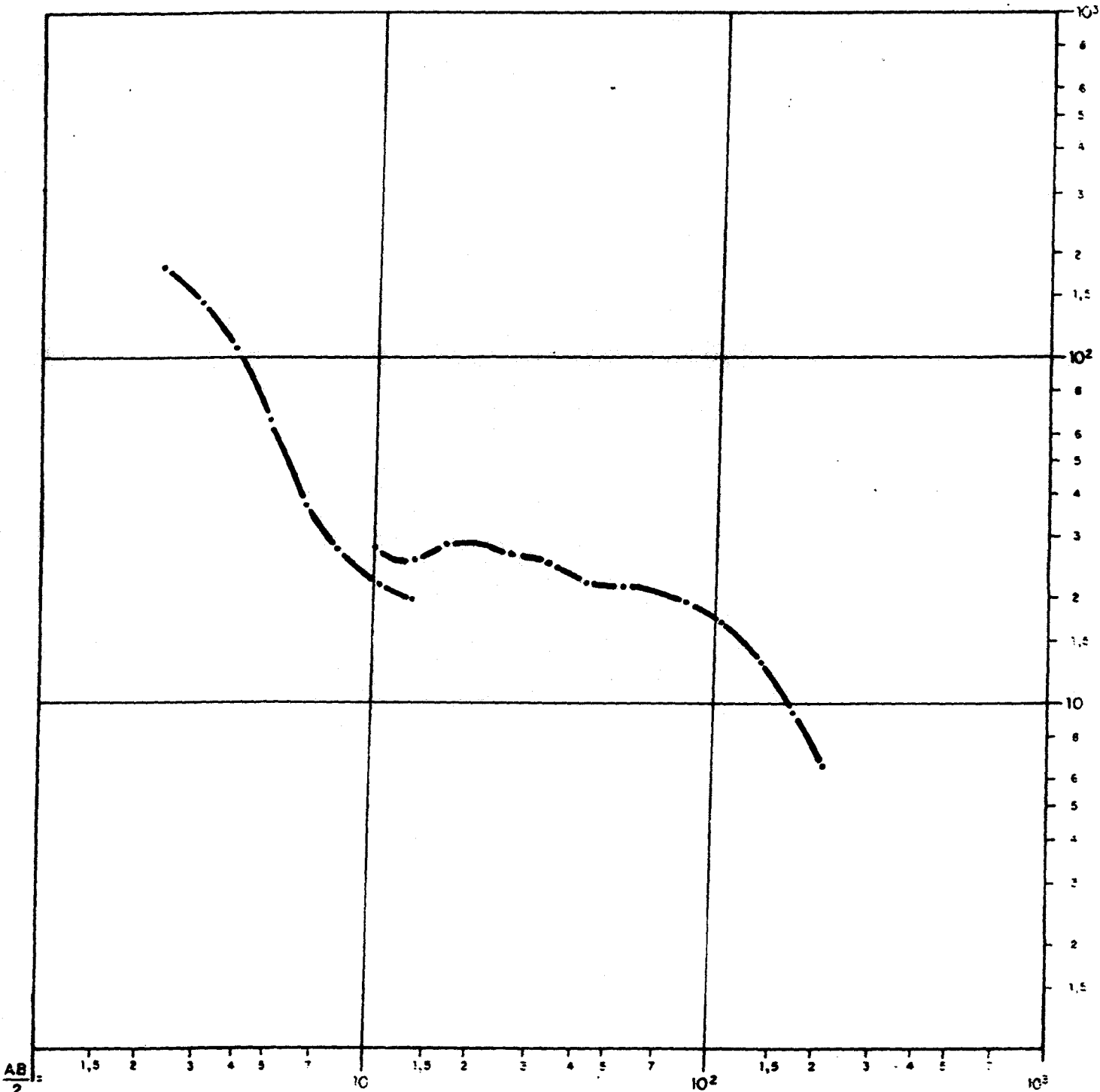
INTERPRETACION

S.E.V. 7 -

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 1,7	250
1,7 - 8,5	17,5
8,5 - 12,3	87,5
12,3 - 84,3	19,5
84,3 -	0,5

PROYECTO:
**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)**

FECHA: **Febrero 1962**



INTERPRETACION

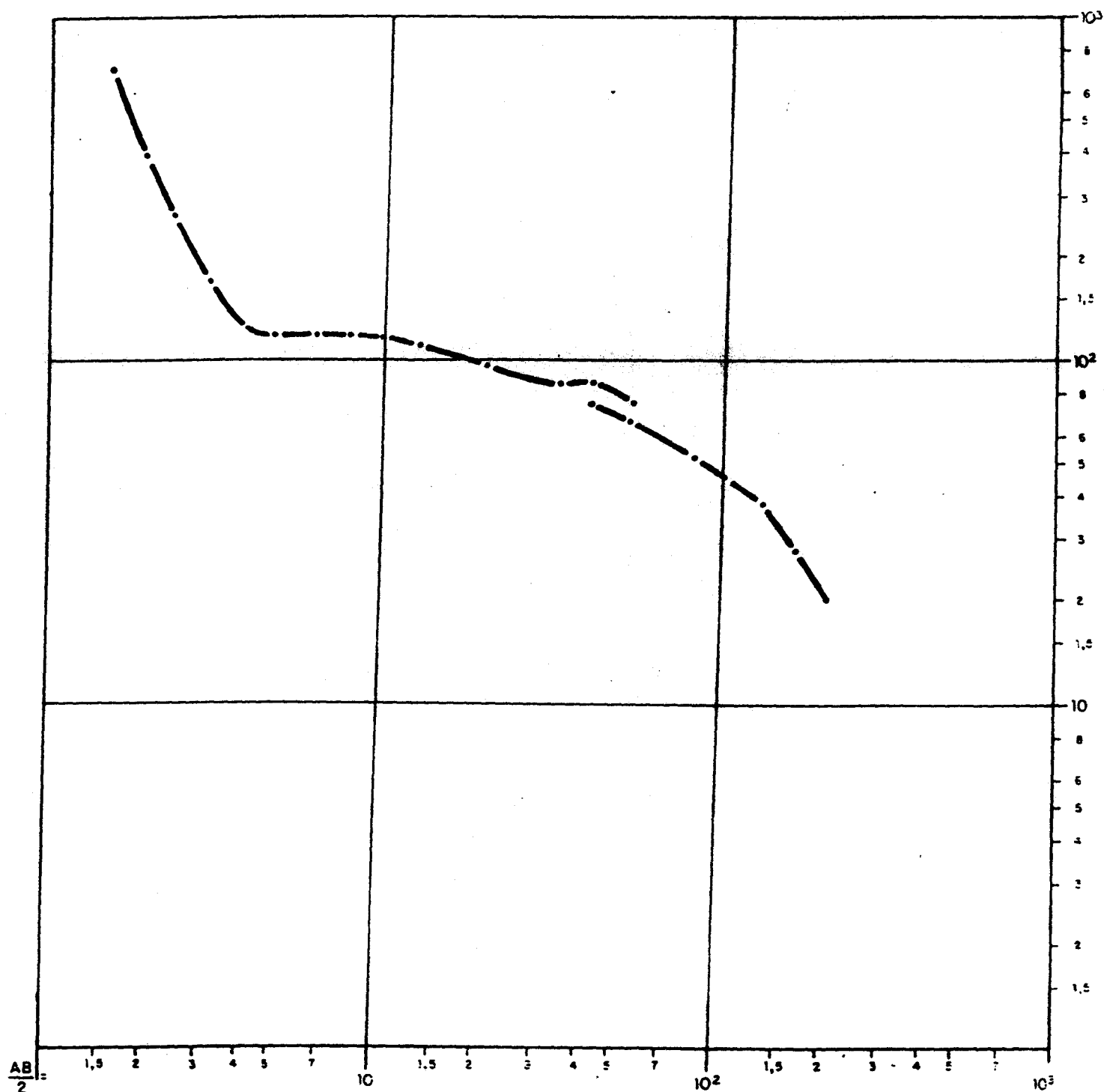
S.E.V. 8 -

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 0,7	2000
0,7 - 26	100
26 -	36

PROYECTO:

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)**

FECHA: Febrero 1982



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



INTERPRETACION

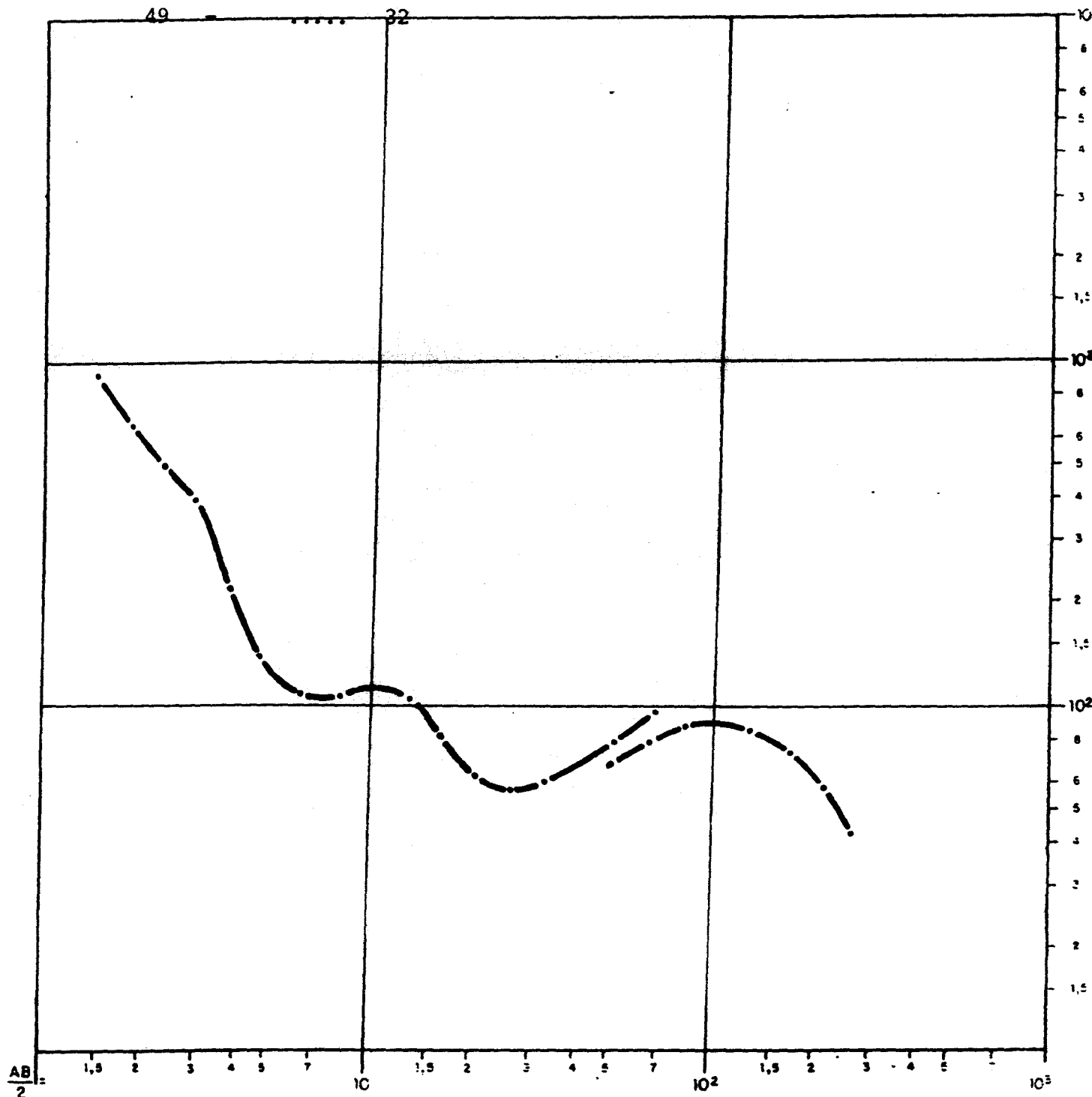
S.E.V. 9

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 0,9	1450
0,9 - 7	101
7 - 10	190
10 - 24	34
24 - 49	240
49 -	32

PROYECTO:

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)**

FECHA: Febrero 1982



**MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**



INTERPRETACION

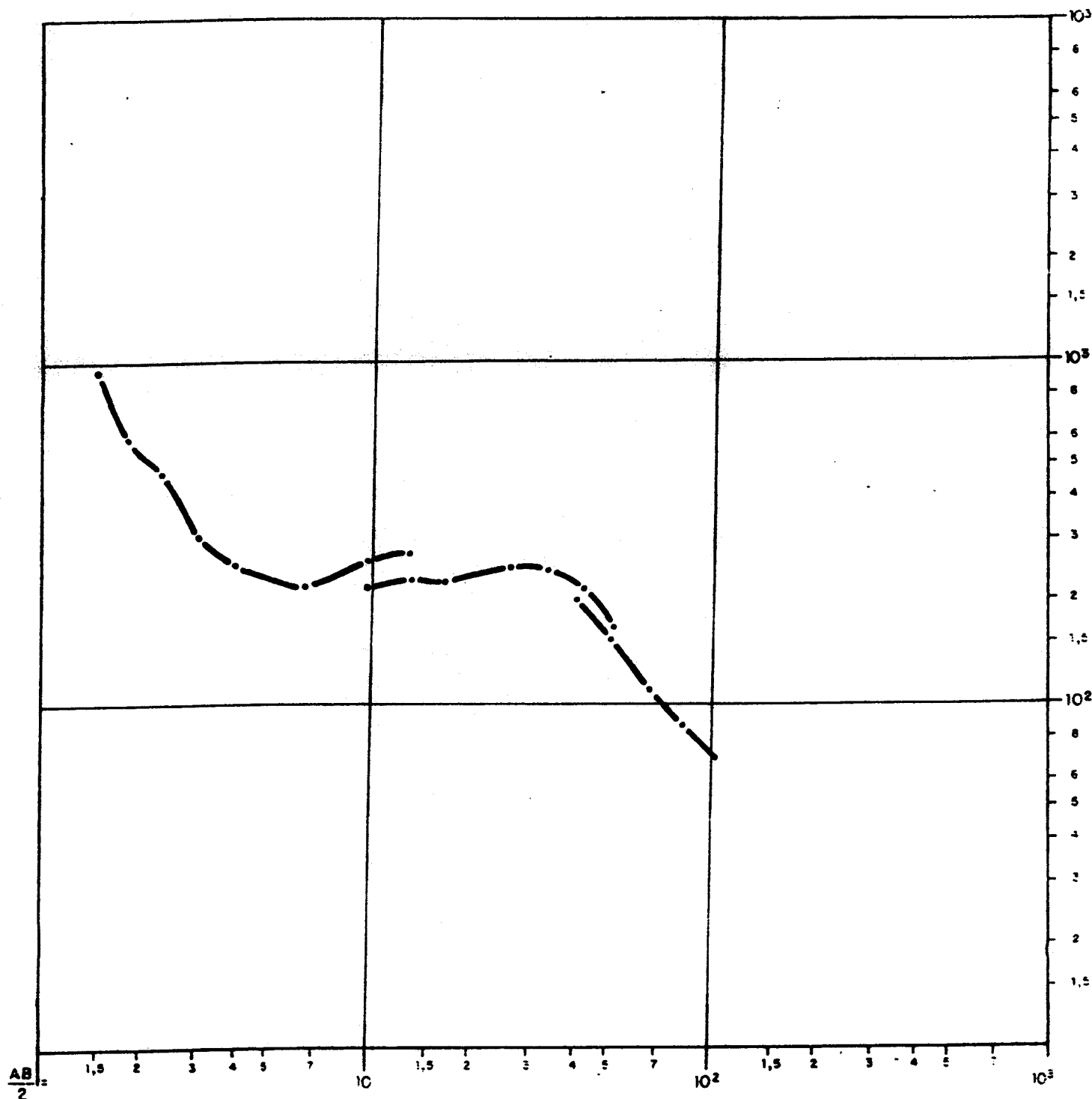
S.E.V. 10

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 0,6	2200
0,6 - 8	220
8 - 24	330
24 -	58

PROYECTO:

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)**

FECHA: Febrero 1982



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



INTERPRETACION

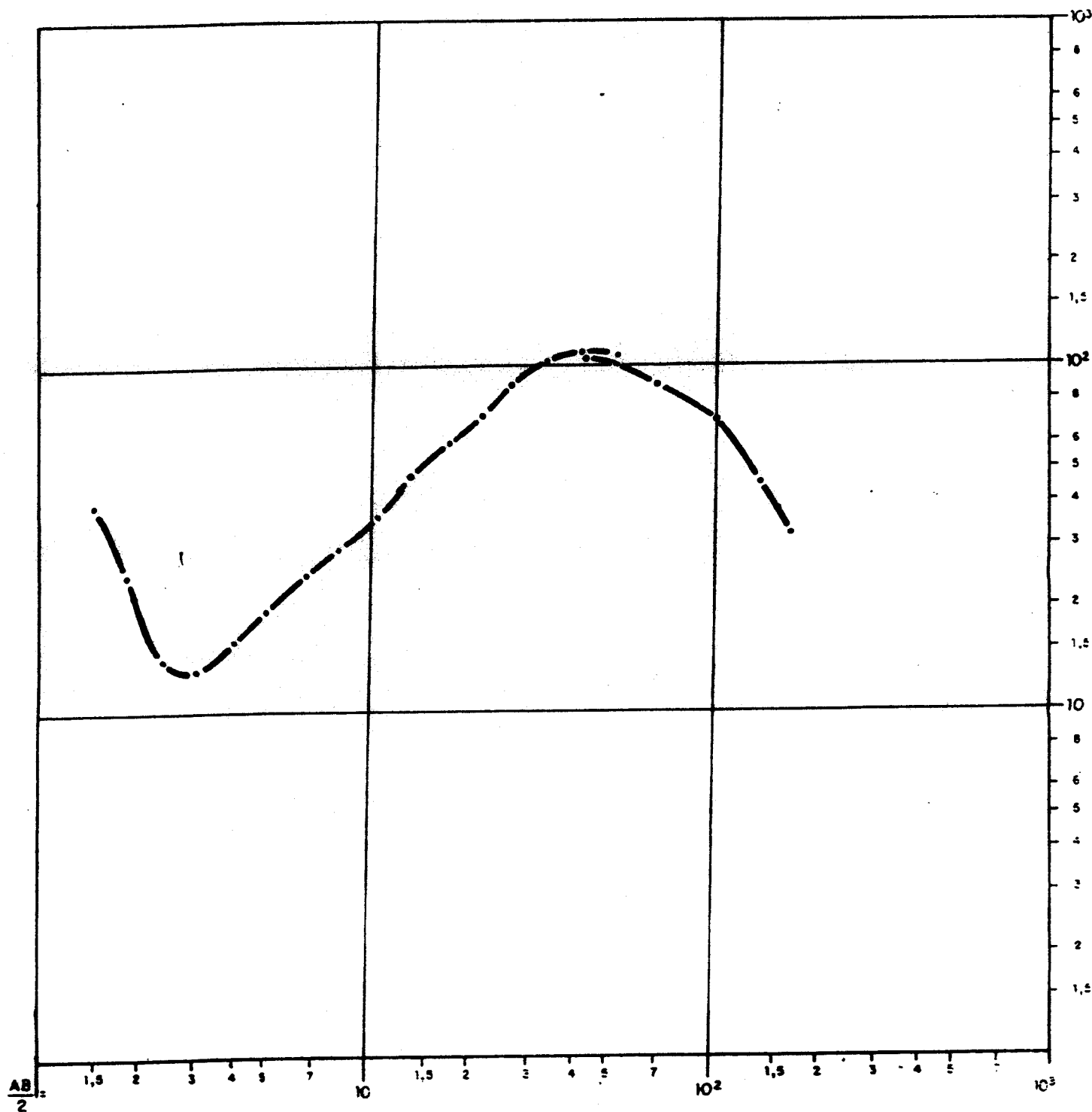
S.E.V. 11

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 0,8	 90
0,8 - 1,3	 2,25
1,3 - 17,5	 220
17,5 -	 17

PROYECTO:

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)

FECHA: Febrero 1982



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



INTERPRETACION

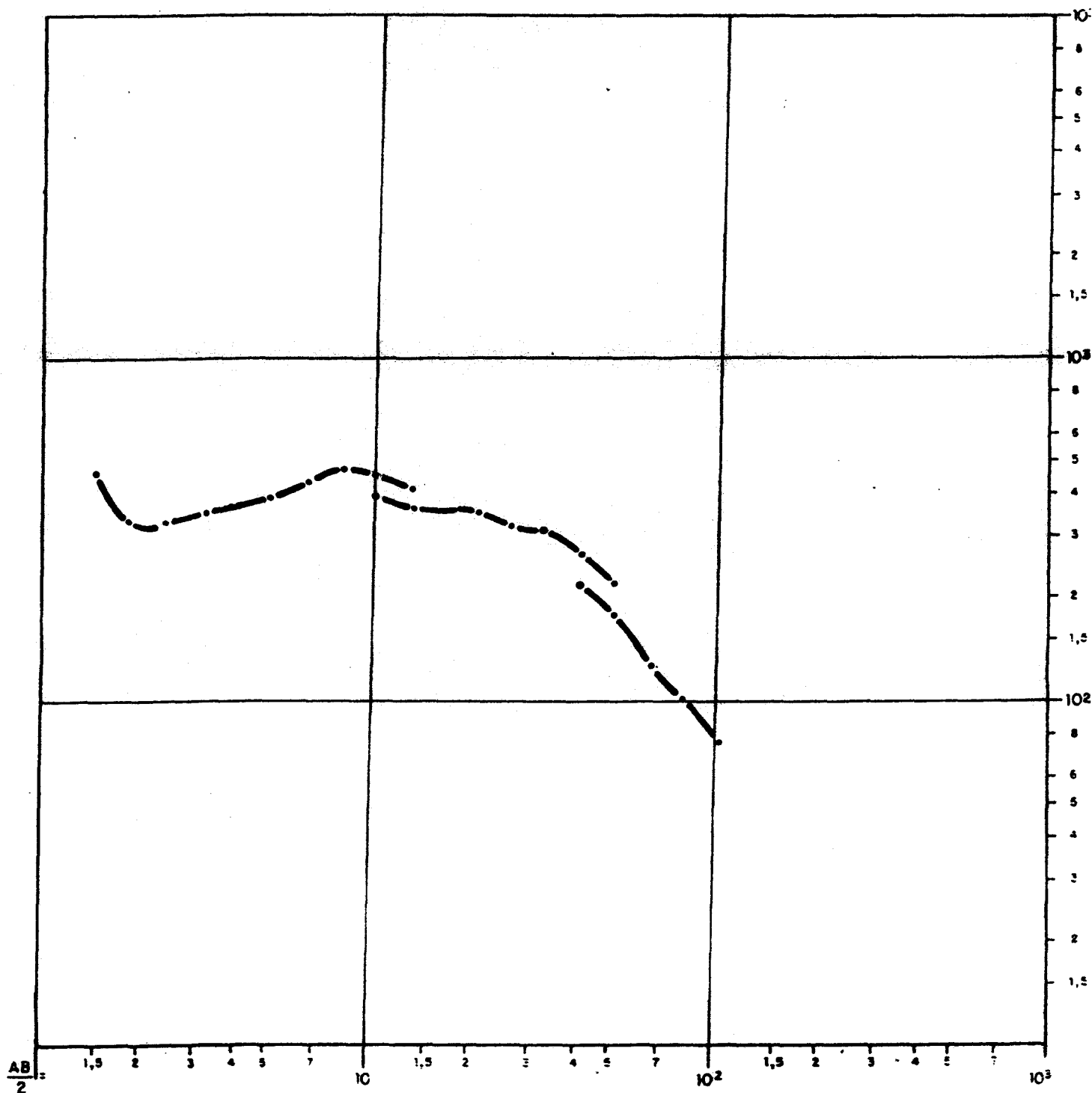
S.E.V. 12.
(PARAMETRICO)

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 -- 3,8	310
3,8 - 5,4	1085
5,4 - 26	286
26 -	43,5

PROYECTO:

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)**

FECHA: Febrero 1982



**MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**



INTERPRETACION

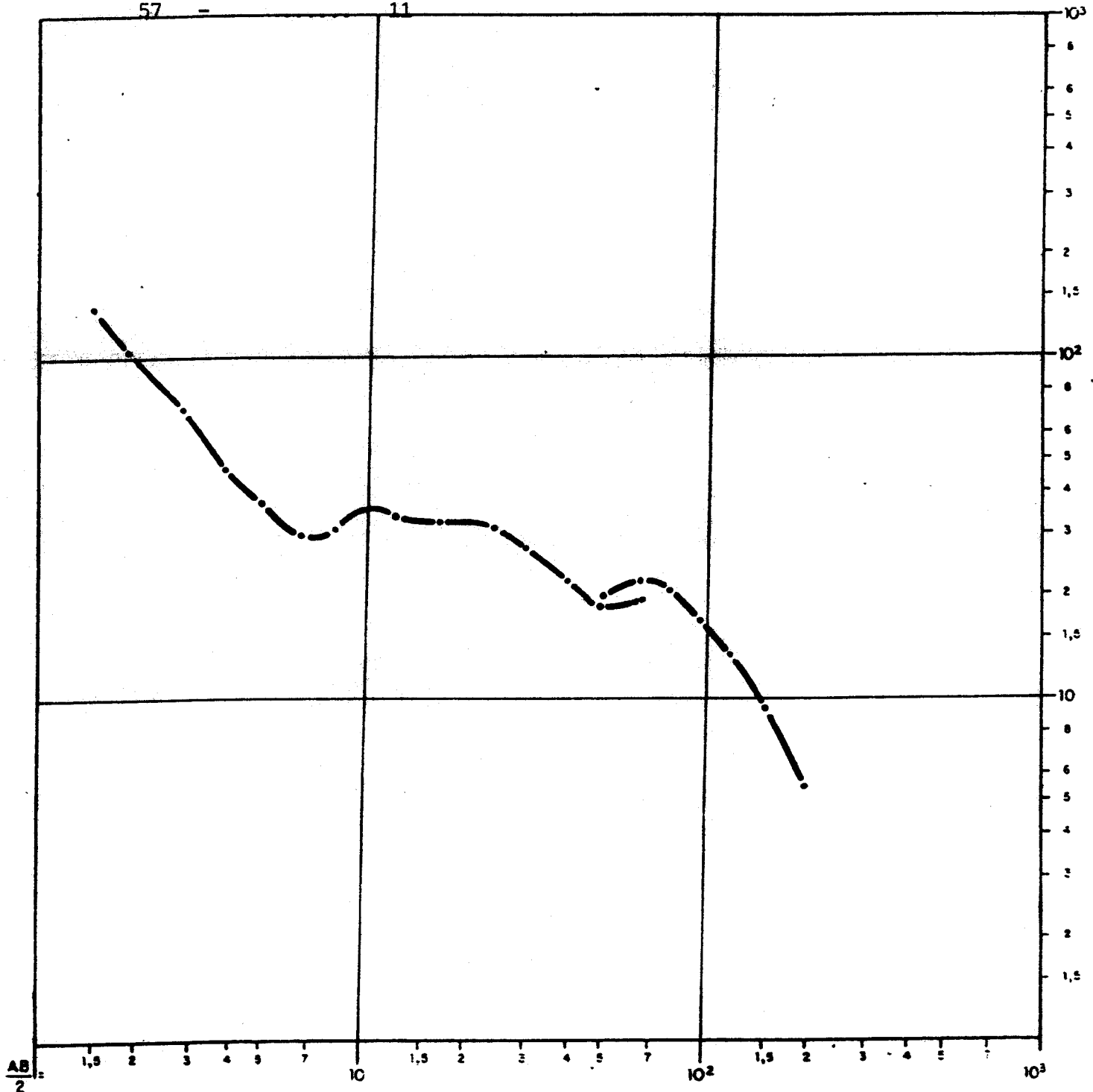
S.E.V. 13.

Profundidad (metros)		Resistividad (Ohm.m)
0	- 1	 1850
1	- 5	 277
5	- 20	 363
20	- 29	 68
29	- 57	 300
57	-	11

PROYECTO:

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)

FECHA: Febrero 1962



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



INTERPRETACION

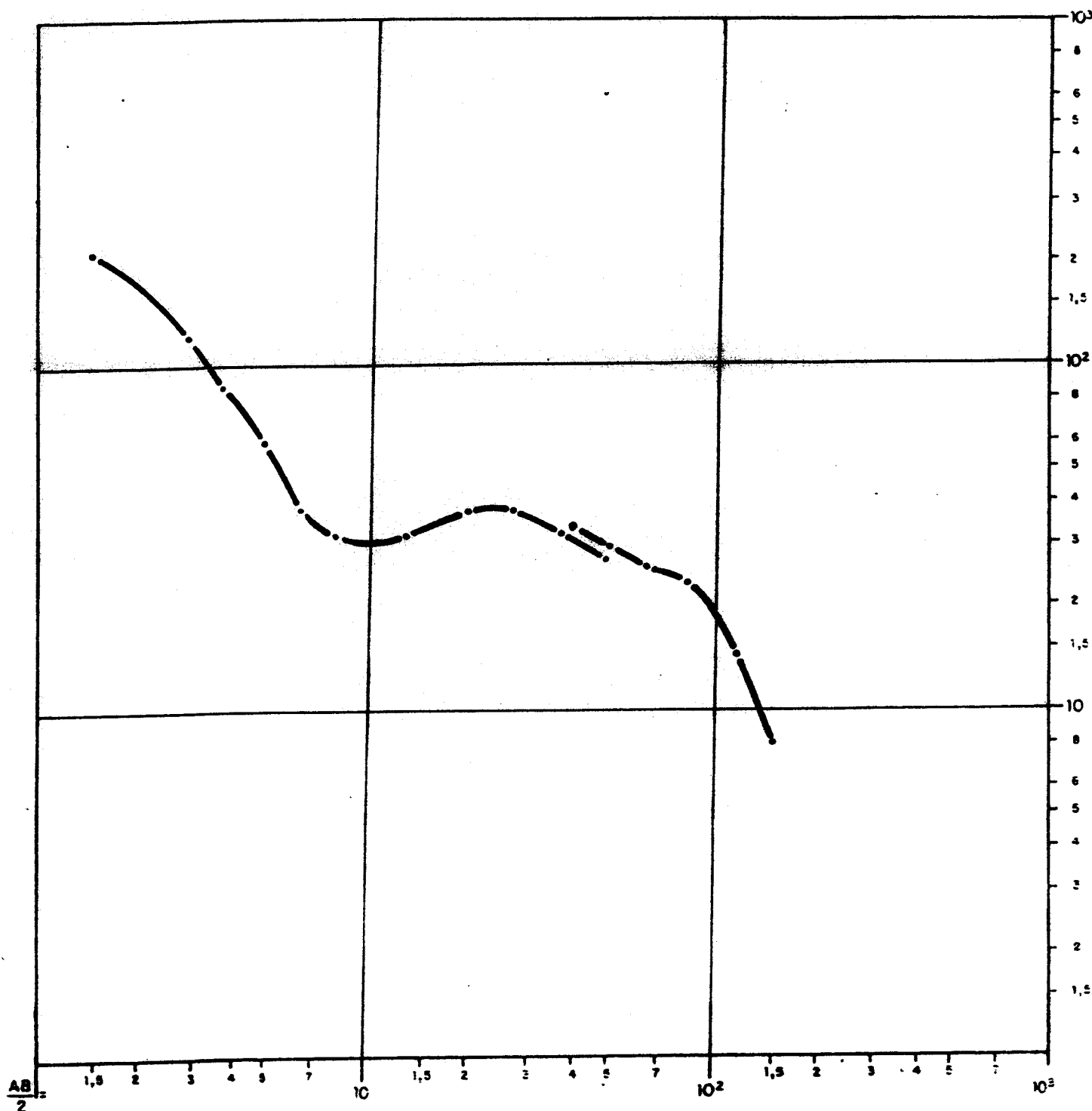
S.E.V. 14.

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 1,3	2100
1,3 - 10	210
10 - 16	725
16 -	200

PROYECTO:

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)**

FECHA: Febrero 1982



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



INTERPRETACION

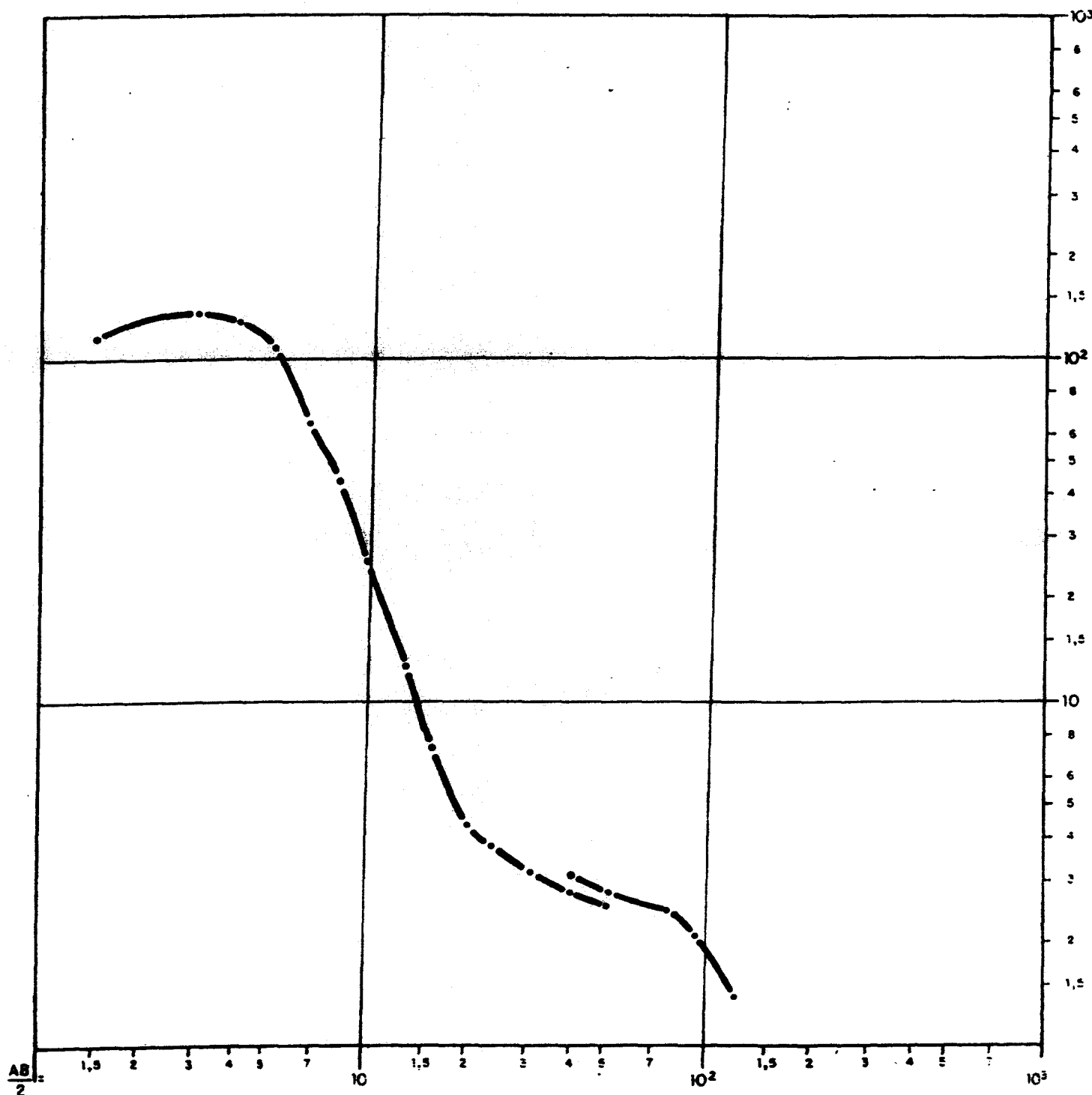
S.E.V. 15.

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 0,2	 3000
0,2 - 2,5	15000
2,5 - 14	 325
14 - 64	 272
64 -	 17

PROYECTO:

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)

FECHA: Febrero 1962



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



INTERPRETACION

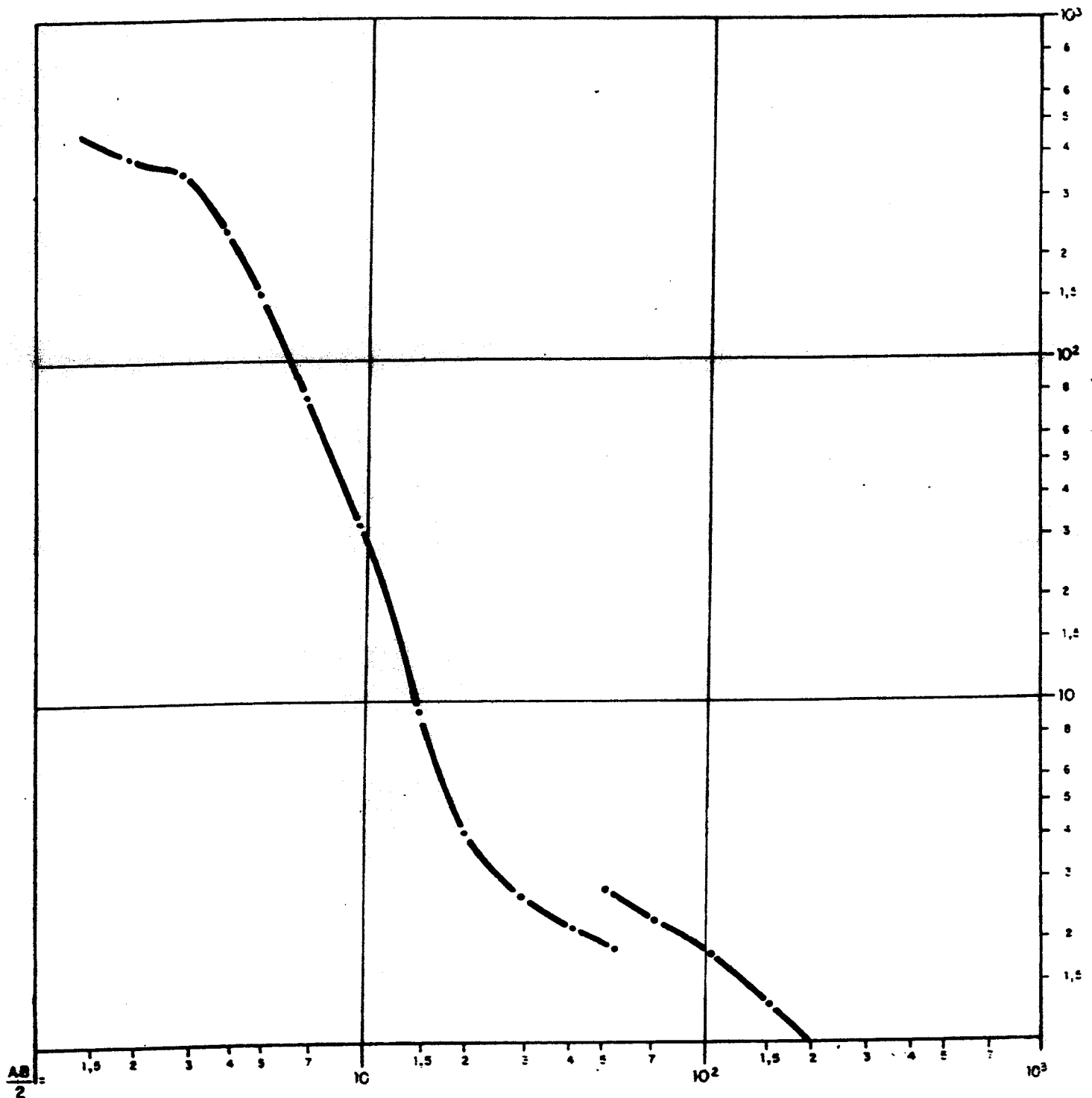
S.E.V. 16 -

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 1,2	44000
1,2 - 3	22000
3 - 10	600
10 - 61	195
61 -	40

PROYECTO:

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)

FECHA: Febrero 1982



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



INTERPRETACION

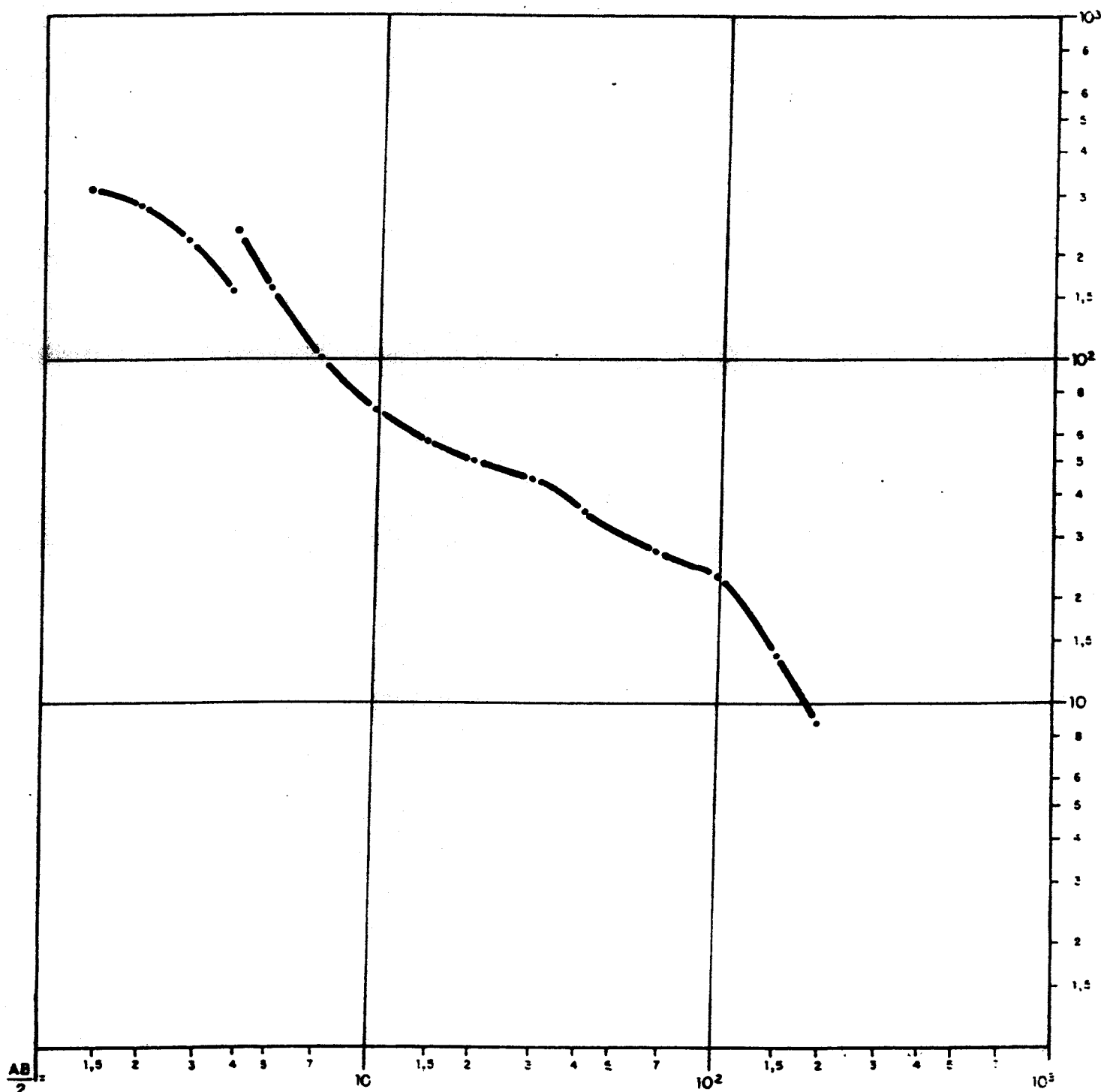
S.E.V. 17.

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 1,6	 3200
1,6 - 14	 640
14 - 74	 270
74 -	 27

PROYECTO:

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)**

FECHA: Febrero 1982



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



INTERPRETACION

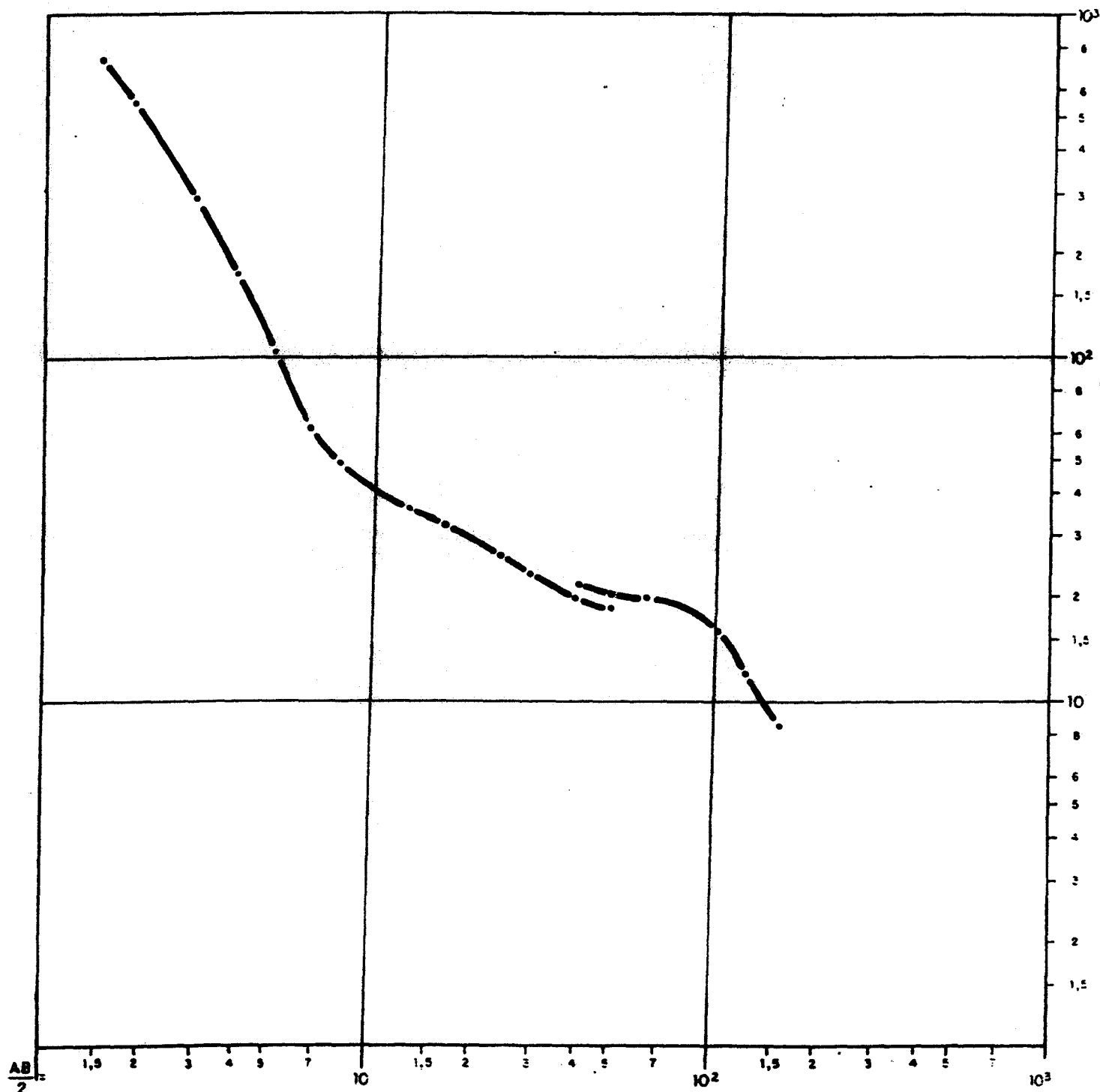
S.E.V. 18

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 1,2	 9000
1,2 - 10	 450
10 - 17	 180
17 - 75	 184
75 -	 13

PROYECTO:

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)

FECHA: Febrero 1982



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



INTERPRETACION

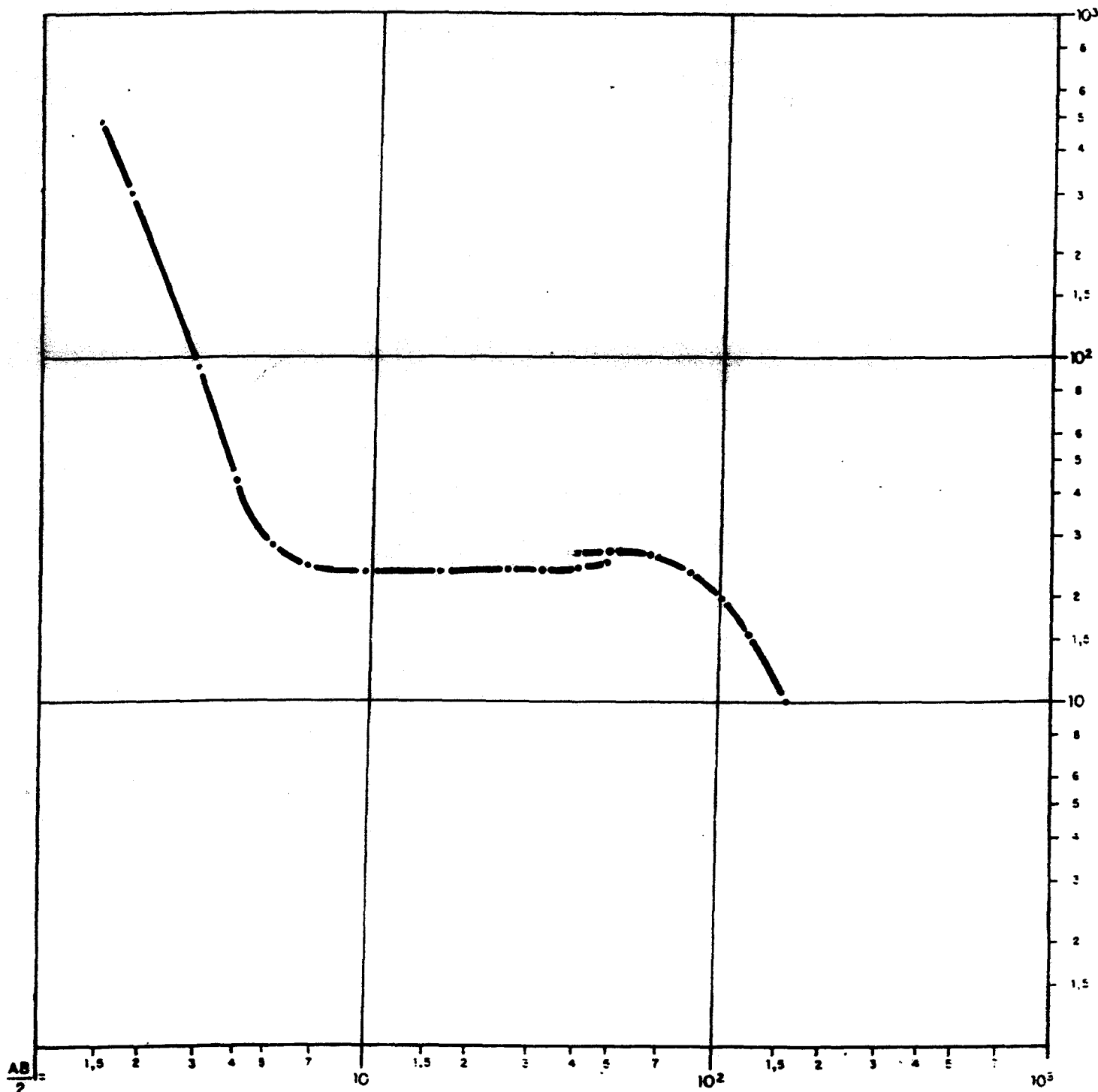
S.E.V. 19.

	Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0	- 1	10000
1	- 20	250
20	- 64	300
64	-	15

PROYECTO:

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)

FECHA: Febrero 1962



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



INTERPRETACION

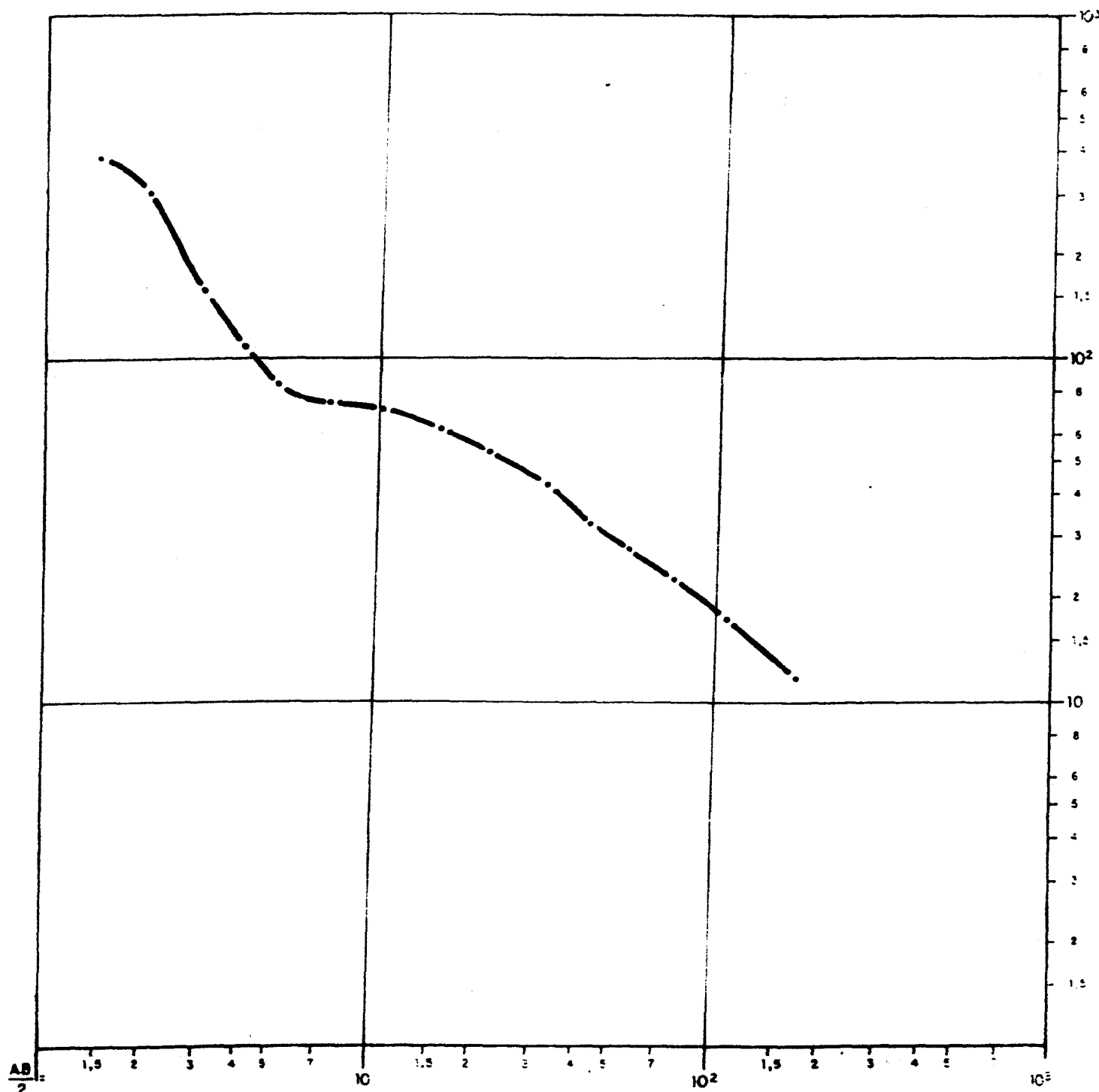
S.E.V. 20-

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 0,8	 6300
0,8 - 15	 670
15 - 85	 201
85 -	 70

PROYECTO:

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)**

FECHA: **Febrero 1982**



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



INTERPRETACION

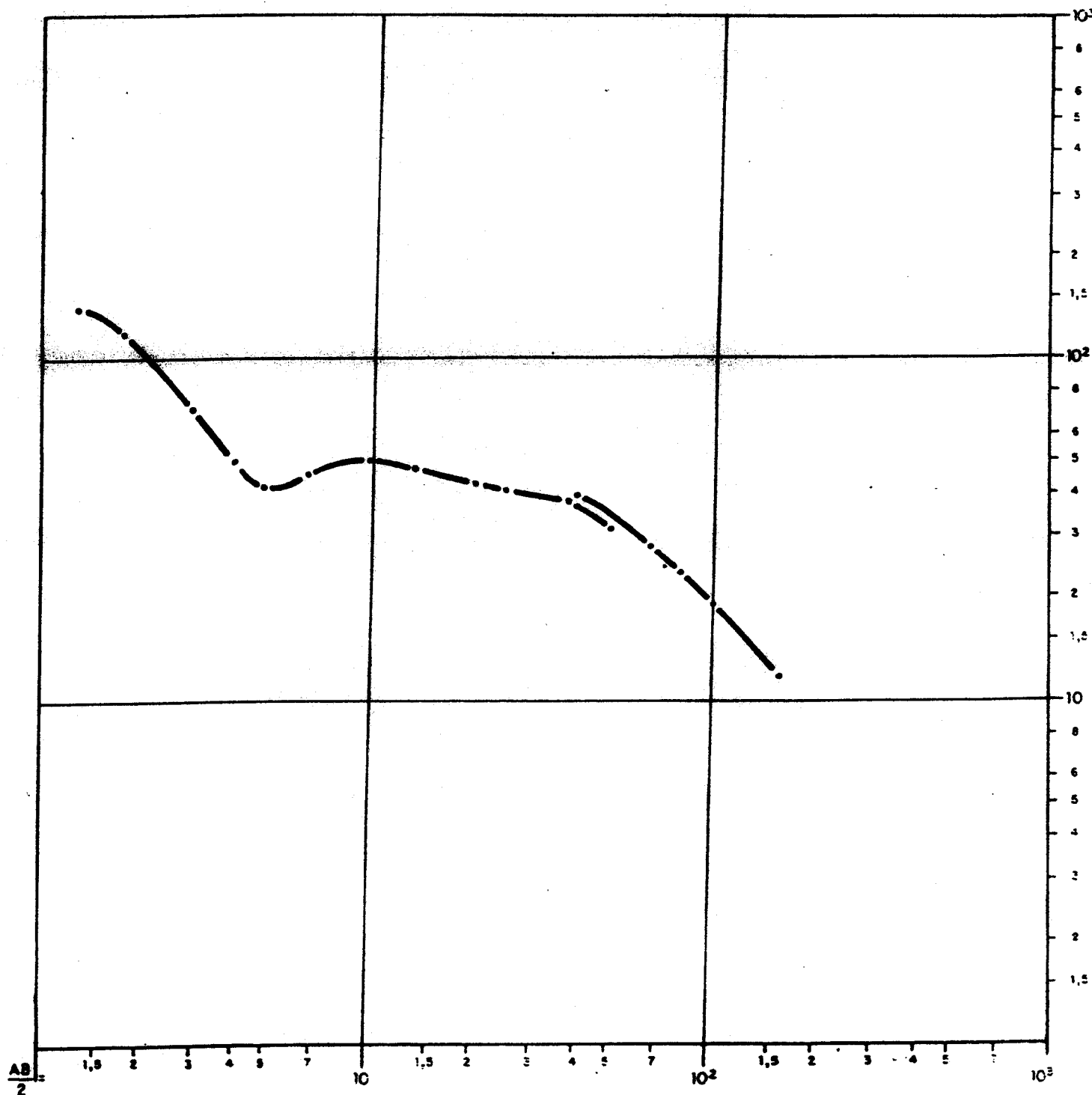
S.E.V. 21

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 1,1	 1800
1,1 - 4	 270
4 - 6	 1650
6 - 45	 325
45 -	 34

PROYECTO:

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)

FECHA: Febrero 1962



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



INTERPRETACION

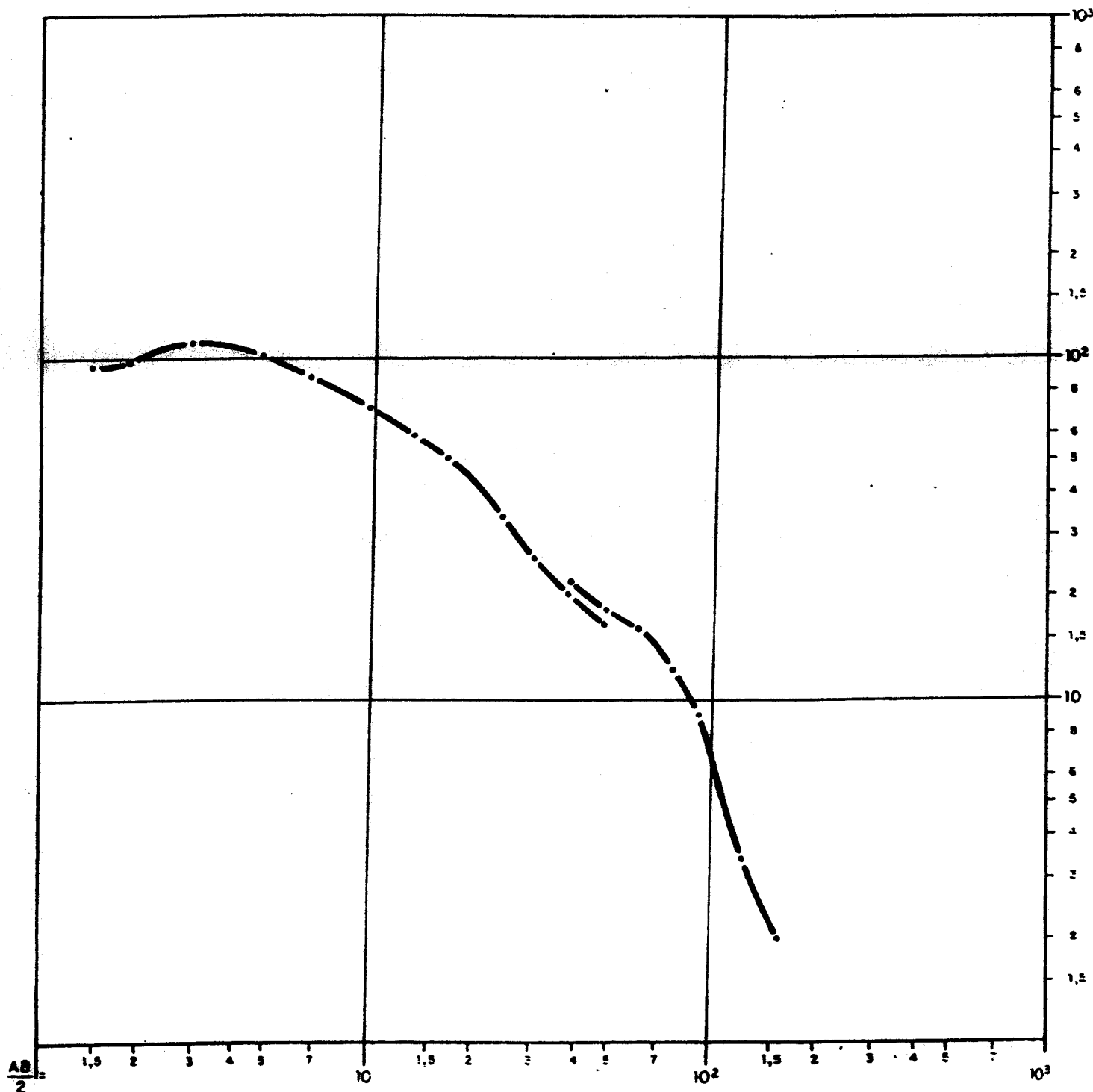
S.N. 22

Profundidad (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0 - 1,5	 850
1,5 - 3	 2125
3 - 16	 480
16 - 50	 150
50 -	 0

PROYECTO:

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PALOS - MOGUER (Huelva)

FECHA: Febrero 1982



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

