

ACUIFEROS COSTEROS DE LOS RIOS ALGARROBO Y VELEZ

Resumen

1. Introducción

2. Usos del agua en relación con las aportaciones

3. Red de sondeos y pozos – características del acuífero

4. Balance por zonas

4.1. Hidrogeología del Algarrobo

4.2. Hidrogeología del río Vélez

5. Zonas de los deltas – relación acuífero – mar

5.1. Río Algarrobo

5.2. Río Vélez

6. Conclusiones

TIAC'88. Tecnología de la Intrusión en Acuíferos Costeros
Almuñécar (Granada, España). 1988

ACUIFEROS COSTEROS DE LOS RIOS ALGARROBO Y VELEZ.

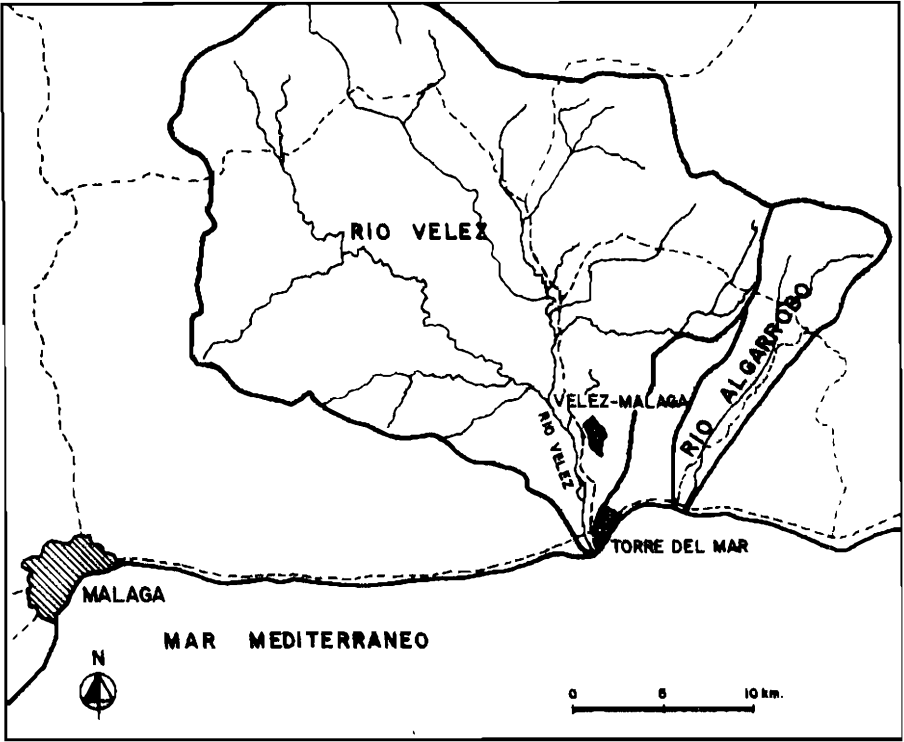
Autor: Agustín ESCOLANO BUENO: Confederación Hidrográfica del Sur de España.
Jose A. GARCIA PEÑA, Confederación Hidrográfica del Sur de España.

RESUMEN.- Las cuencas de los ríos Vélez y Algarrobo, muy distintas en su tamaño y funcionamiento, han sido estudiadas, a lo largo de un período de 20 años, por la Confederación Hidrográfica del Sur de España. Las hipótesis hechas el año 1.970 para el río Algarrobo están en situación de contrastación en estos momentos, en los que se estudia su regulación superficial, mediante una Presa. En el Río Vélez, la necesidad de hacer el Estudio Hidrológico se hizo necesario cuando se incrementó la explotación de los recursos, pero se volvió imprescindible cuando se comenzó a proyectar la Presa de la Viñuela. En ambos casos, la relación acuífero costero-mar, es una condición de borde determinante de la explotación de los recursos hídricos.

1.- INTRODUCCION.-

Dentro de la cuenca del Sur de España, al Este de Málaga, y dentro de la cuña apuntada hacia la Costa del Sol Granadina, limitada por el espinazo de las Sierras Tejeda y Almijara y el mar, se encuentra la comarca de la Axarquía, con características peculiares, que resumimos así:

- Geológicamente, la región está dividida en dos por una línea inclinada de dirección NO-SE. Al Norte de ella, se encuentran los macizos bicarbonatados, calizos o dolomíticos, con una buena infiltración, formando una zona de abundantes recursos subterráneos, que se drenan a lo largo del contacto con la zona inferior, paleozoica, impermeable y fértil, que llega prácticamente hasta el mar.



Los cauces de los ríos importantes así como la costa en la zona de deltas están ocupados por depósitos aluviales y de piedemonte, donde se acumulan los drenajes de las cuencas superiores.

-Desde el punto de vista de la población, esta se distribuye preferencialmente a lo largo de la franja costera de 1 Km. de fondo, entre Málaga y Nerja, con acumulaciones hacia el interior de los valles del Vélez, Algarrobo y Torrox.

-La economía asentada sobre el Sector Primario, es agrícola casi exclusivamente, con una agricultura que ha ido pasando con ritmo creciente, de unos cultivos tradicionales de la vid y el olivo en las cuencas altas y el monocultivo de la caña de azúcar en los deltas y valles, a cultivos modernos de cítricos, subtropicales y en invernadero, en toda la cuenca.

-El sector Servicios, ha tenido un desarrollo fulgurante, comenzando por la zona costera y penetrando hacia el interior, donde ha proliferado una población estable foránea, de alto nivel de vida.

-La demanda de agua ha crecido espectacularmente, aunque por suerte esta demanda que antes era estacional, se ha repartido a lo largo del año en virtud de la rotación de cultivos, del uso de invernadero y de la tendencia a ir a cultivos de productos fuera de temporada.

Hidráulicamente, la región que nos ocupa, se resume en; una región elevada que es el depósito de acumulación de los recursos, una región intermedia o litoral que presenta una exigencia creciente de estos recursos, y una digitaciones o valles de ríos, que conectan ambas zonas, y donde se sitúan los aprovechamientos más importantes del recurso hidráulico.

Para completar el panorama, añadiremos que la región que nos ocupa, constituye el único activo hidráulico con el que cuenta la Costa del Sol Oriental de Málaga, ya que sus vecinas, Málaga y la Costa del Sol Granadina, presentan ellas mismas una demanda cuya satisfacción es problemática.

Dentro de la Amargura hemos recogido las actuaciones en las cuencas muy distintas, aunque próximas, a lo largo de un período de unos 20 años, ya que el Estudio de los recursos del Rio Algarrobo se inició el año 1.968, y el Estudio Hidrológico del Vélez y Benamargosa se acaba de terminar. Pensamos que el repaso a esos dos estudios tan separados en el tiempo, puede tener interés.

La razón de iniciar estos estudios fué en cada caso la siguientes:

En el rio Algarrobo, en 1.968, existían unos aprovechamientos de aguas superficiales (6 comunidades de Regantes, con 420 Ha. que utilizaban las aguas por medio de acequias, y unos cuantos pozos en la desembocadura.

La escasez de recursos superficiales en verano, y el incremento creciente de las demandas en la zona del delta, surgiría la necesidad de hacer el estudio para evaluar los recursos excedentes disponibles, que se iban al mar.

En el caso del Vélez, en 1.982 fecha de propuesta del Estudio, se había producido un descenso importante del freático de la zona del delta, donde están los pozos más importantes de abastecimiento a Torredelmar y Costa del Sol Occidental de Málaga y por otra parte se habría iniciado la construcción de la Presa de la Viñuela y de los tres vases de los afluentes del rio Vélez, con afección evidente a los recursos del delta.

2.- USOS DEL AGUA EN RELACION CON LAS APORTACIONES.

Se sintetizan en el siguiente cuadro:

(Se ha supuesto una pluviometría media de 760 mm/año)

U S O S

				Abastecimiento			U. Agrícolas		
CUENCA	Sup. Km ² .	Apor. Tot. Hm ³ .	Escorr. Hm ³ .	Población		Total Hm ³ .	Sup. Ha.	Aguas Sup. Hm ³ .	Aguas Sub. Hm ³ .
				T. Alta	T. Baja				
ALGARROBO	60	46	12	$\frac{20.000}{0,5}$	$\frac{40.000}{1,0}$	1,5	750	6,2	3,1
VELEZ	600	460	123	$\frac{60.000}{2}$	$\frac{120.000}{4}$	6,0	3150	6,1	34

Llama la atención la gran proporción que representan las aguas subterráneas dentro de la demanda total, en el río Vélez, y la irregularidad de las escorrentías según sea el año, seco o húmedo. La relación Aportación máxima/Aportación mínima = 14,2, para el río Vélez.

Lógicamente, al construir la presa de la Viñuela sobre el río Guaro, se retendrán un 30% de las escorrentías, es decir 37 Hm³., con lo cual la relación aguas superficiales/aguas subterráneas será igual a 1,27.

3.- RED DE SONDEOS Y POZOS - CARACTERISTICAS DEL ACUIFERO.

El inventario de pozos existentes y la ejecución de nuevos sondeos permitió caracterizar el acuífero así:

	Puntos Inventariados	Sondeos efectuados	Superficie Estudio de Km2.	Volumen acuífero saturado hm3.	
				Inferior	Superior
ALGARROBO	29 pozos	43 sondeos 4" (2.500 m.l.) 9 sondeos 10" y 12" (450 m.l.)	1,2	120	10
VELEZ	429 pozos y acequias	92 sondeos 4" (3.400 m.l.)	16,0	20	280

Llama la atención la distinta distribución del acuífero en los dos niveles inferior y superior.

En el río Algarrobo el inferior tiene una gran importancia, y en el río Vélez es el superior el más importante.

4.- BALANCE POR ZONAS.

En el río Algarrobo, por el ámbito a que se ciñe el estudio, la zona es única, y abarca una superficie de 2 Km2. aproximadamente. Esta superficie coincide con la extensión del acuífero inferior. En el caso del Vélez, dada la gran extensión de la zona a la que se contráe el estudio, se ha dividido en 12 zonas, de las cuales, la 11 es una de las de mayores recursos explotados, y la 12 es la limítrofe con el mar, donde se producen los fenómenos de intrusión salina.

En general los perfiles transversales elegidos para perforar

los sondeos, son separación entre zonas. Se ha procurado definir las zonas y por tanto los perfiles, por una de estas razones.

a).- Para agrupar aprovechamientos importantes o similares dentro de la misma zona.

b).- Porque la división coincidía con un elemento geográfico o geológico importante que convenía resaltar (planos 2 y 3).

4.1.- Hidrogeología del Algarrobo.-

Se desarrollaron los siguientes trabajos:

- Control de pérdidas durante la perforación.
- Medida de flujos verticales y horizontales con trazados radiactivos por el sistema de pozo único, y de pozo a pozo.
- Ensayos de bombeo.
- Datación de aguas de los acuíferos inferior y superior.

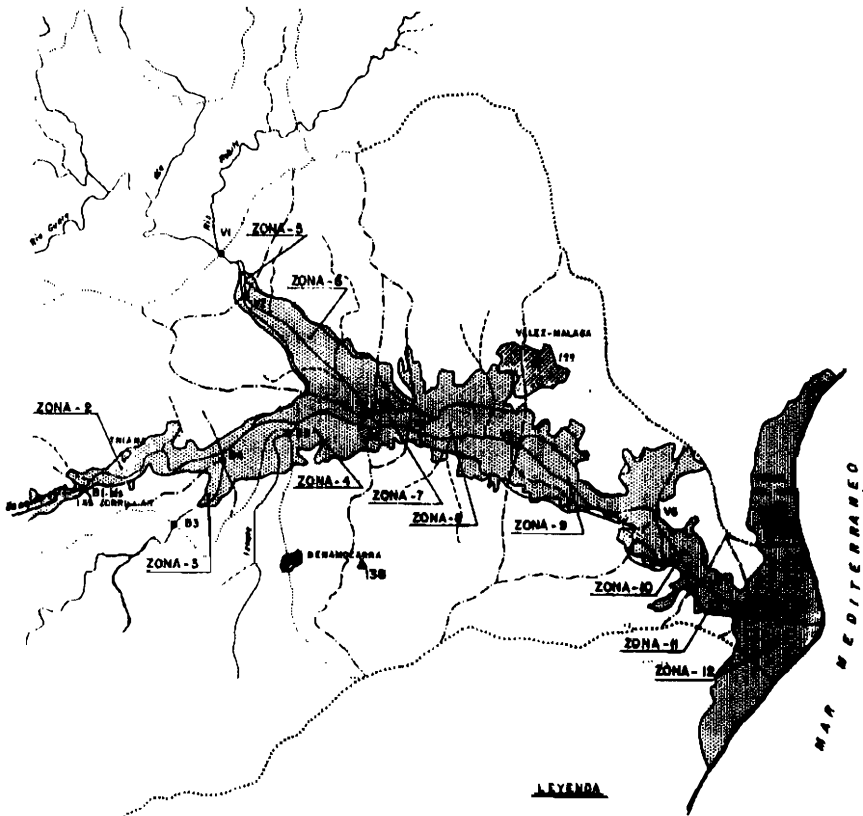
Las medidas de flujos fueron desarrolladas por el Gabinete de Aplicaciones Nucleares del C.E.H. utilizando ^{131}I como trazador, con técnicas desarrolladas por el Gabinete.

La porosidad eficaz fué determinada midiendo el tránsito del trazador entre dos pozos determinados.







La datación del agua de ambos acuíferos se llevó a cabo a través de la medida de Tritio de origen termonuclear.

La permeabilidad se determinó a partir de los ensayos de bombeo de los pozos de explotación.

El resumen de los resultados se reflejó en el cuadro siguiente:



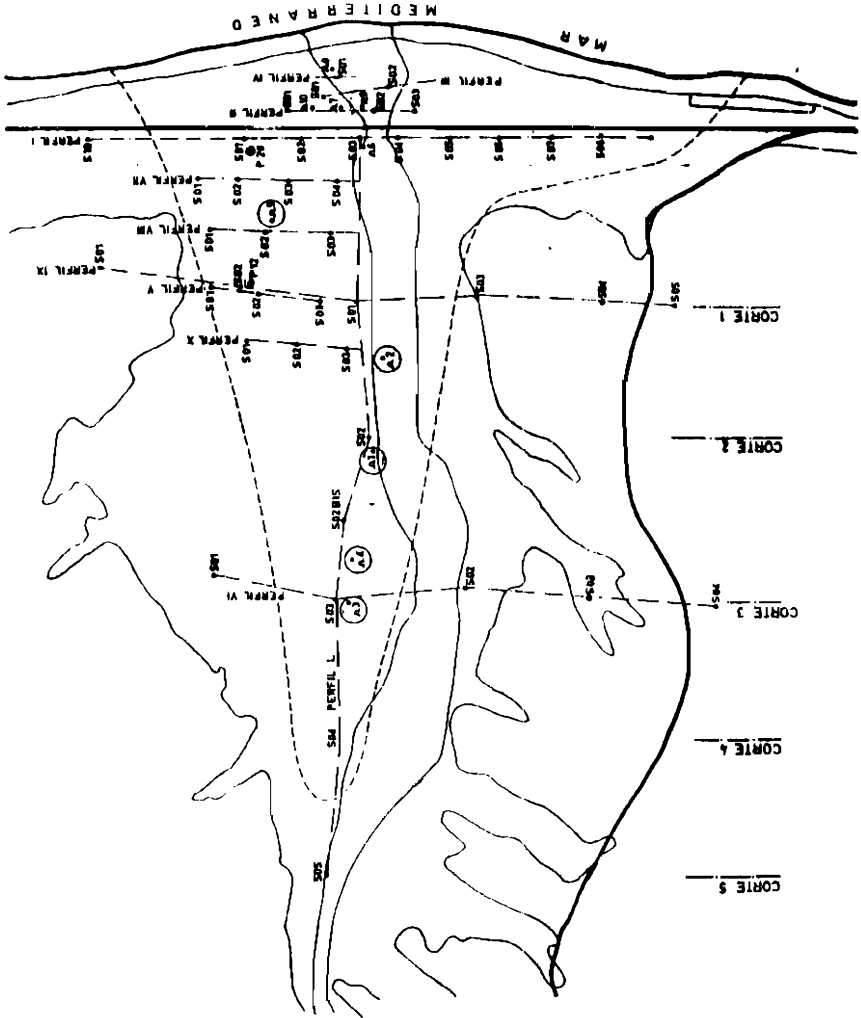
LEYENDA

-  ALUVIAL
-  OROGRAFIA DE BARRAS
-  LIMITE DE CUENCA
-  LIMITE DE DESCUENSA
-  CANAL DE REGO
-  PUNTO DE APOYO
 - Y-7, Vélez
 - B-2, Benamargosa

0 1 2 3 4 km.

**ESTUDIO HIDROLOGICO DE LOS RIOS
VELEZ Y BENAMARGOSA
ZONAS DEL BALACE REAL Y PUNTOS DE APOYO**

**PLANO DE SITUACION DE
LOS CORTES GEOLÓGICOS**



	<u>Acuífero Sup.</u>	<u>Acuífero inf.</u>
Porosidad eficaz	0,12	0,075
Permeabilidad horizontal (m/d)	32	3
Flujos horizont.medios (m/d)	5	0,35
Datación del agua (años)....	3 - 4	ant. a 1954
Potencia media acuífero (m)	15	55
Superf.frente de descarga (m ²)	1,3 x 10 ⁴	1,5 x 10 ⁵
Veloc. desplazam. agua (m/d) (para $\alpha = 0,015$)	5	0,35
Caudal drenado al mar (m ³ /d)	7,8 x 10 ³	3,9 x 10 ³
Recursos drenado al mar (l/seg)	90	45

Hay que aclarar que los recursos estimados se refieren a la finalización del estudio, en Abril de 1.972. Esto se ha modificado hasta el día de hoy, ya que como consecuencia de aquel estudio se autorizaron nuevos aprovechamientos.

4.2.- Hidrogeología del río Vélez.

Se ha efectuado en las siguientes fases:

- Inventario de puntos de agua. Comprende el censo de 531 puntos de explotación o control, de los cuales 76 son sondeos realizados para el propio estudio y otros 16 piezómetros fueron realizados por el S.G.O.P. anteriormente.

- Establecimiento y medición de una red de control piezométrico de calidad y aforos de la red superficial (24 puntos).

- Estudio de flujos subterráneos con trazadores radiactivos ejecutados por el Servicio de Aplicaciones Nucleares del CEDEX, en aguas altas y bajas (3 campañas).

- Ensayos de bombeo, con 2 campañas en aguas altas y bajas.

- Control de aprovechamiento, mediante la correlación entre la energía consumida y los caudales bombeados.

- Establecimiento de una red de nivelación, con 492 puntos nivelados.

Los resultados se reflejan en el cuadro siguiente:

	<u>Acuífero sup.</u>	<u>Acuífero inf.</u>
Porosidad eficaz (media)	5,7	4
Permeab. horiz (m/d) (media).....	159	154
Superficie (Km ²)	16	
Volumen acuífero (Hm ³)	280	18
Vol. Acuíf. saturado aguas altas (Hm ³)..	240	18
" " " " bajas (Hm ³)..	170	18
Vol. agua embalsada en el acuífero (Hm ³)		
- Durante el estiaje	5,5 a 7,6	
- En aguas altas	8,0 a 11,0	

Destaca la mucha mayor importancia del acuífero superficial con respecto al profundo, que demuestra una conexión muy directa de las aportaciones superficiales del río con aquel acuífero.

5.- ZONAS DE LOS DELTAS - RELACION ACUIFERO - MAR.

5.1.- Río Algarrobo.

Ya he los dicho que el caso del Algarrobo, la zona del estudio se concreta al delta

Ya vimos en el epígrafe 4.1. que la estimación de los recursos circulantes por la sección transversal del acuífero contiguo al mar era de 135 l/seg.

Desde aquella fecha se siguen controlando los aprovechamiento

de las zonas Ω -1, Ω -2, Ω -4, Ω -5, Ω -6, que forman la zona deltaica donde se encuentran los pozos más importantes.

De los histogramas mensuales de usos de agua, se deduce que en el mes de Septiembre de 1.987, el caudal continuo medio aprovechado fué de 101 l/sg.

Desde Abril de 1.972 hasta hoy, no es aventurado estimar que aguas arriba de la zona del delta se está aprovechando un caudal superior a los 34 l/seg. por lo que en Mayo de 1.988 podemos asegurar que en la época de mayor aprovechamiento, no solo no se escapa agua subálvea al mar, sino que puede producirse intrusión salina.

El control de las demandas, niveles y salinidad se efectuó por medio de los sondeos Ω -1, Ω -2, Ω -4, Ω -5, Ω -6, que son los representantes de la zona. De estos, solo el Ω -1, es un sondeo en explotación, que solo suministra volúmenes bombeados.

En las figuras siguientes, se pueden observar el histograma de caudales bombeados, niveles piezométricos y Cloruros.

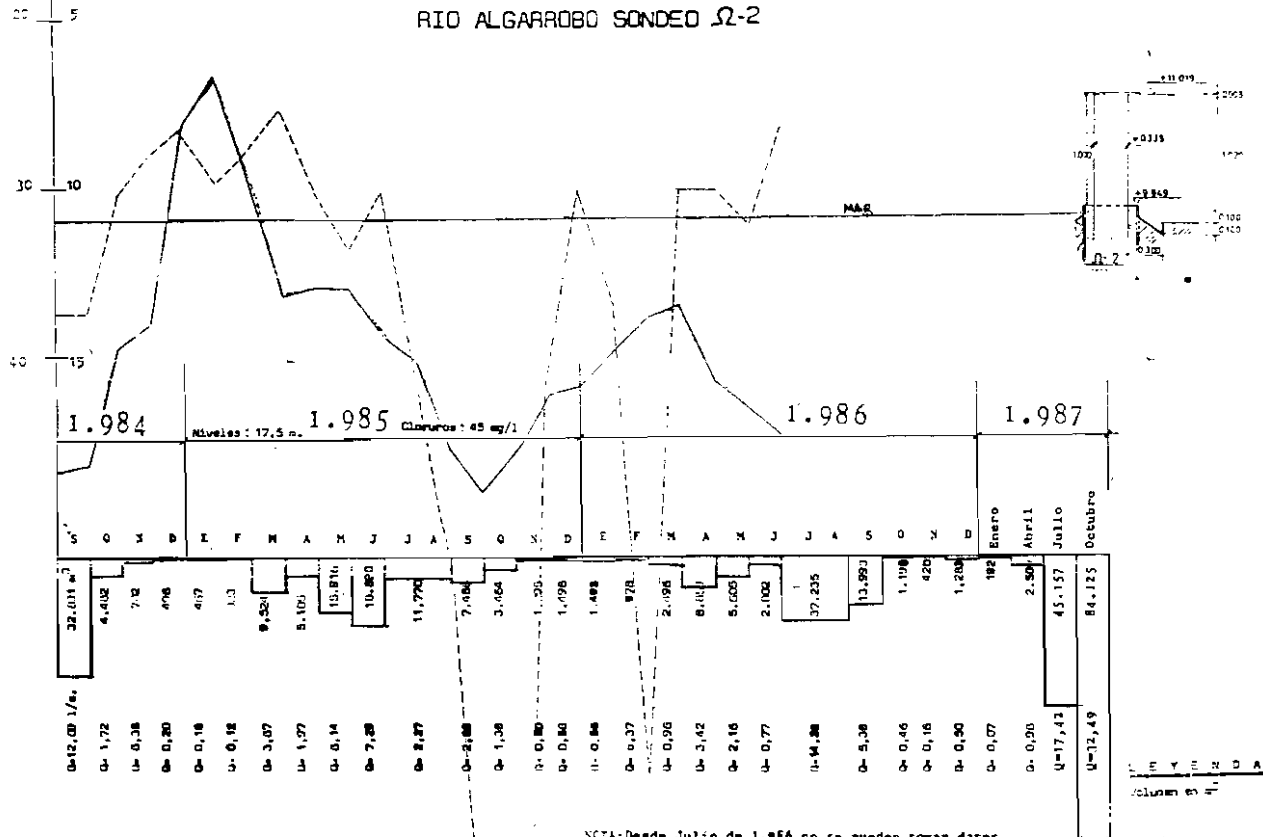
En ellas se puede observar como, durante el período seco de 1.982 a 1.985, los niveles han ido bajando de año en año. Incluso en el Ω -2, se ha detectado un fenómeno de intrusión clásico en campana, al poner en explotación dicho sondeo.

5.2.- Río Vélez.

Aprovechando los sondeos efectuados en el delta se han levantado 5 perfiles transversales al cauce (A, B, C, D, y E.) y 6 perfiles paralelos, (F, G, H, I, J, J).

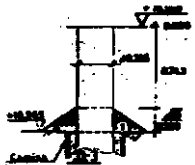
El examen de estos perfiles muestra la tectónica de esta zona, donde se pueden apreciar unas fallas paralelas a la costa, formando una plataforma escalonada, que facilita la formación del delta, y una falla longitudinal en tijera, que sigue el cauce del río, y se amortigua al comienzo del delta.

started PreFund 1984

RIO ALGARROBO SONDEO Ω -2

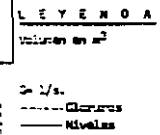
NOTA: Desde Julio de 1.986, no se pueden tomar datos relativos a la salinidad y altura del agua, debido a las obras en este sondeo para destinarlo al aprovechamiento para los Ay^{tos} de Algarrobo y V&Málaga.

R.L.U ALGARROBO SONDEO Ω-3



470

Year	Month	Day	Value
1.981	J		33.348
	J		32.430
	A		48.171
	S		50.331
	C		26.960
	F		26.818
	D		26.416
	E		43.846
	F		27.776
	N		36.888
	A		29.088
	N		31.181
1.982	J		46.846
	J		104.206
	A		63.612
	S		51.200
	O		6.406
	N		0,00
	D		6.944
	F		0,00
	N		0,00
	A		0,00
	N		8.088
	J		6.000
1.983	J		28.311
	J		58.267
	A		41.883
	S		38.261
	O		18.740
	N		18.843
	D		51.707
	F		69.450
	F		78.781
	M		99.170
	A		84.900
	1.984	J	
J			76.116
A			104.206
S			63.612
O			51.200
N			6.406
D			6.944
F			0,00
N			0,00
A			0,00
N			8.088
1.985		J	
	J		58.267
	A		41.883
	S		38.261
	O		18.740
	N		18.843
	D		51.707
	F		69.450
	F		78.781
	M		99.170
	A		84.900
	1.986	J	
J			76.116
A			104.206
S			63.612
O			51.200
N			6.406
D			6.944
F			0,00
N			0,00
A			0,00
N			8.088
1.987		J	
	J		58.267
	A		41.883
	S		38.261
	O		18.740
	N		18.843
	D		51.707
	F		69.450
	F		78.781
	M		99.170
	A		84.900

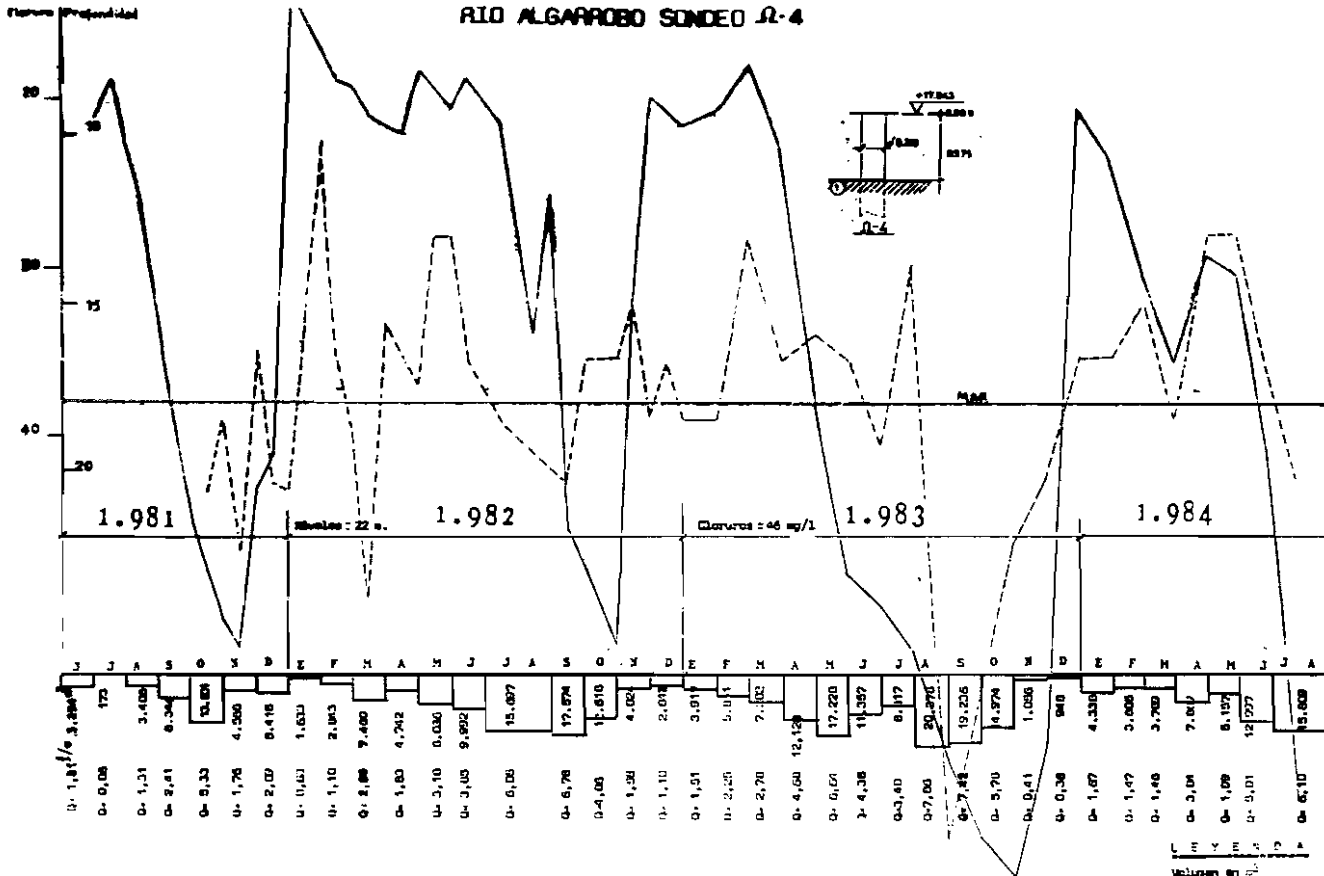
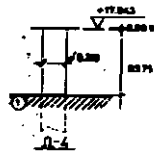


55,51=0

RIO ALGARROBO SONDEO $\Omega-4$

Curva Preferencial

471

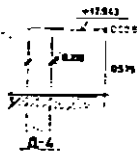
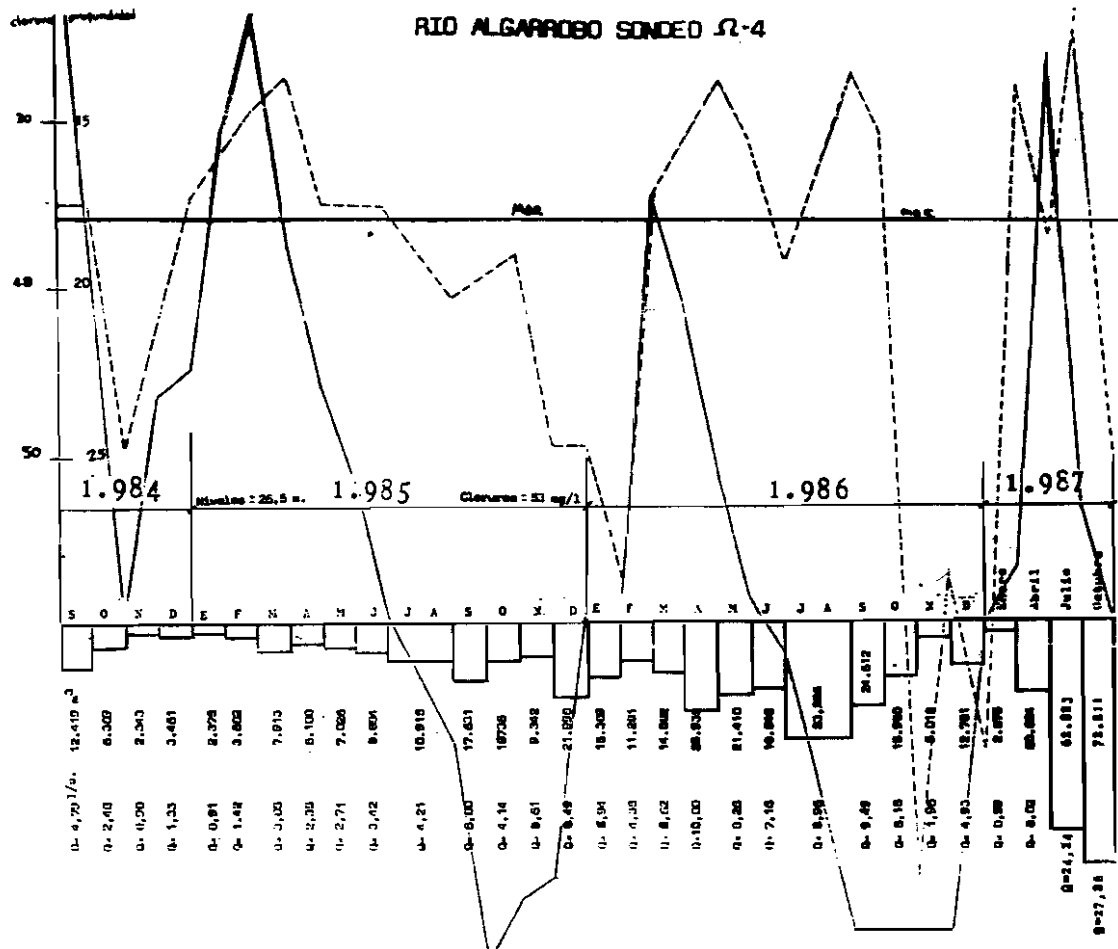


Year	Month	Value
1.981	J	1.18
1.981	F	3.28
1.981	M	1.02
1.981	A	1.71
1.981	M	3.02
1.981	J	1.34
1.981	J	1.78
1.981	A	1.32
1.981	S	3.22
1.981	O	7.20
1.981	N	1.76
1.981	D	2.00
1.981	E	1.41
1.981	F	1.63
1.981	M	2.03
1.981	A	7.40
1.981	M	4.72
1.981	J	0.03
1.981	J	3.10
1.981	A	3.05
1.981	S	9.82
1.981	O	15.87
1.981	N	17.87
1.981	D	15.61
1.981	E	4.02
1.981	F	2.01
1.981	M	3.91
1.981	A	5.11
1.981	M	2.25
1.981	J	7.02
1.981	J	12.12
1.981	A	17.22
1.981	S	11.87
1.981	O	8.17
1.981	N	20.27
1.981	D	19.23
1.981	E	4.87
1.981	F	1.05
1.981	M	9.0
1.981	A	1.67
1.981	M	3.00
1.981	J	3.78
1.981	J	7.07
1.981	A	8.12
1.981	M	12.77
1.981	J	15.03

L M J J A S
 Volumen en m³
 - - - - - Cloruro
 - - - - - Nivel

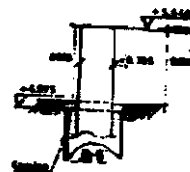
RIO ALGARROBO SONDEO Ω -4

472

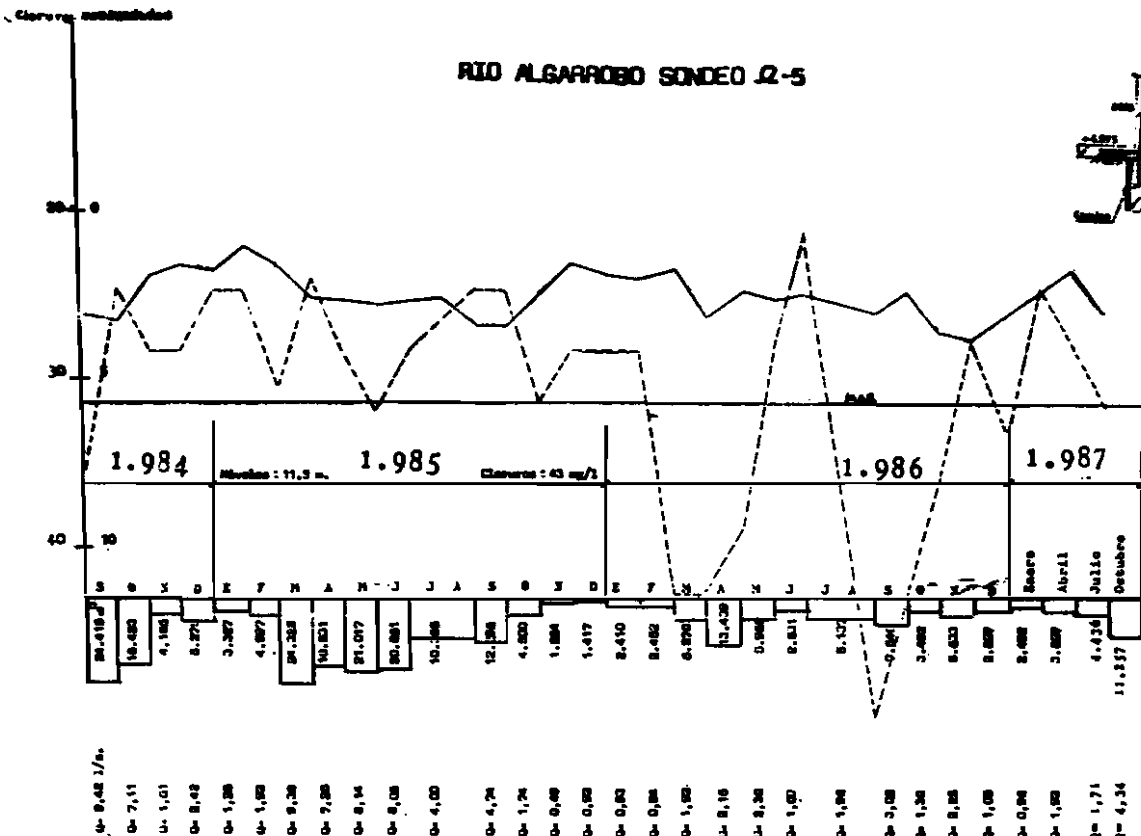


LEYENDA
 Volumen en m³
 --- Cloruro
 — Discharge

RIO ALGARROBO SONDEO Q-5



474



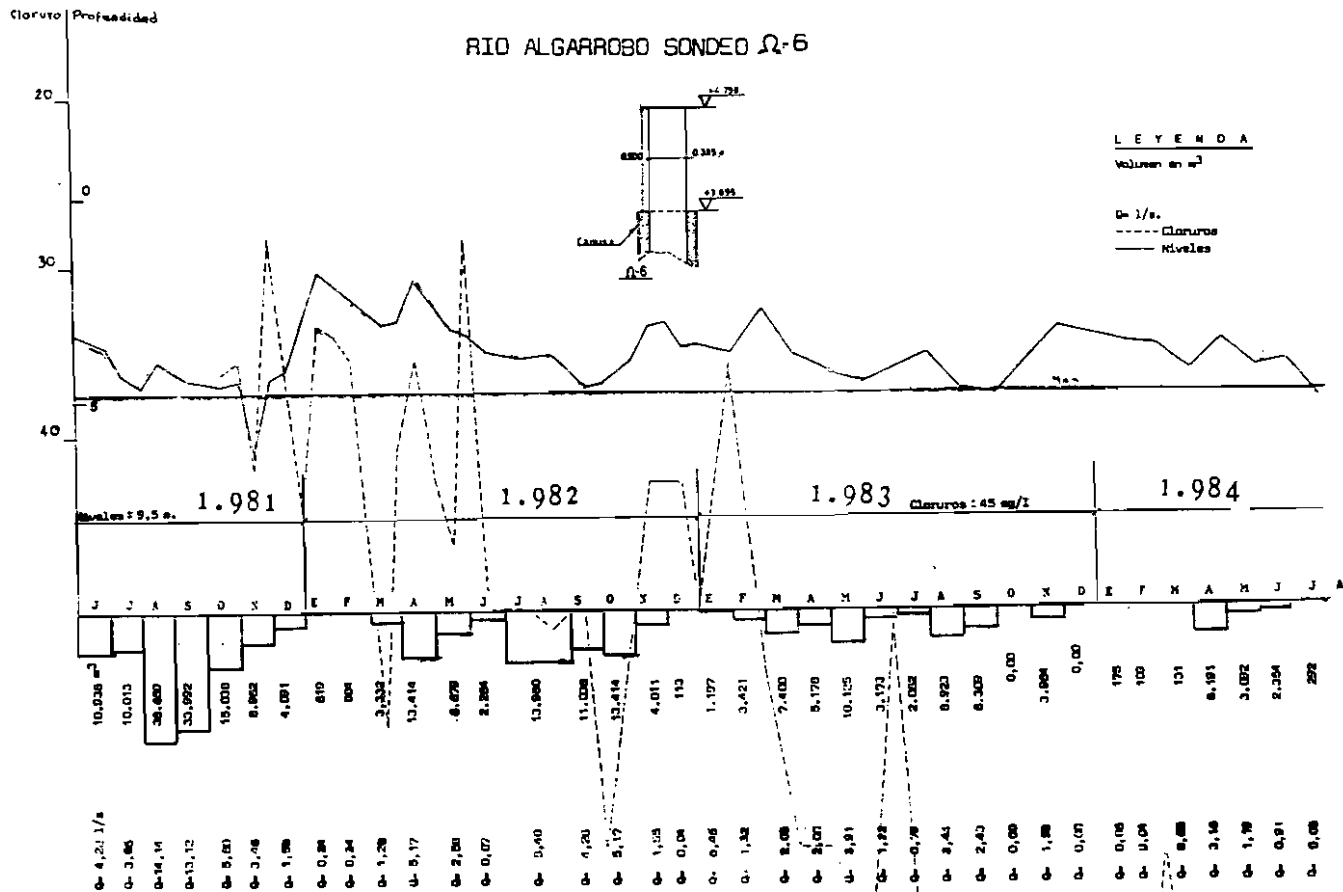
LEYENDA

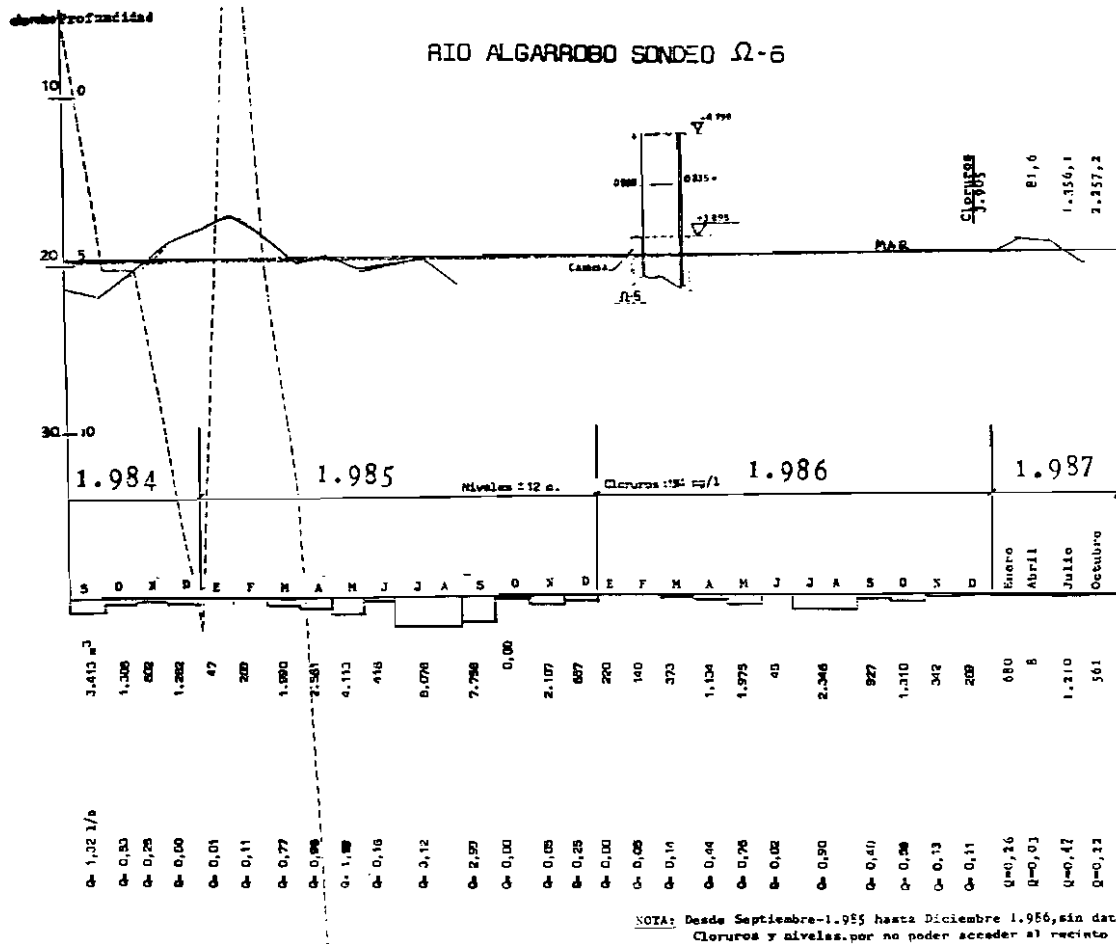
----- m

0- 1/2.

----- Cloruro

NOTA: Este sondeo cesa de medirse y sellado con hormigón desde Octubre-1.987, por los Servicios Municipales del Aytº de Algarrobo (Situado dentro del Colegio)





NOTA: Desde Septiembre-1.985 hasta Diciembre 1.986, sin datos de Cloruros y niveles, por no poder acceder al recinto

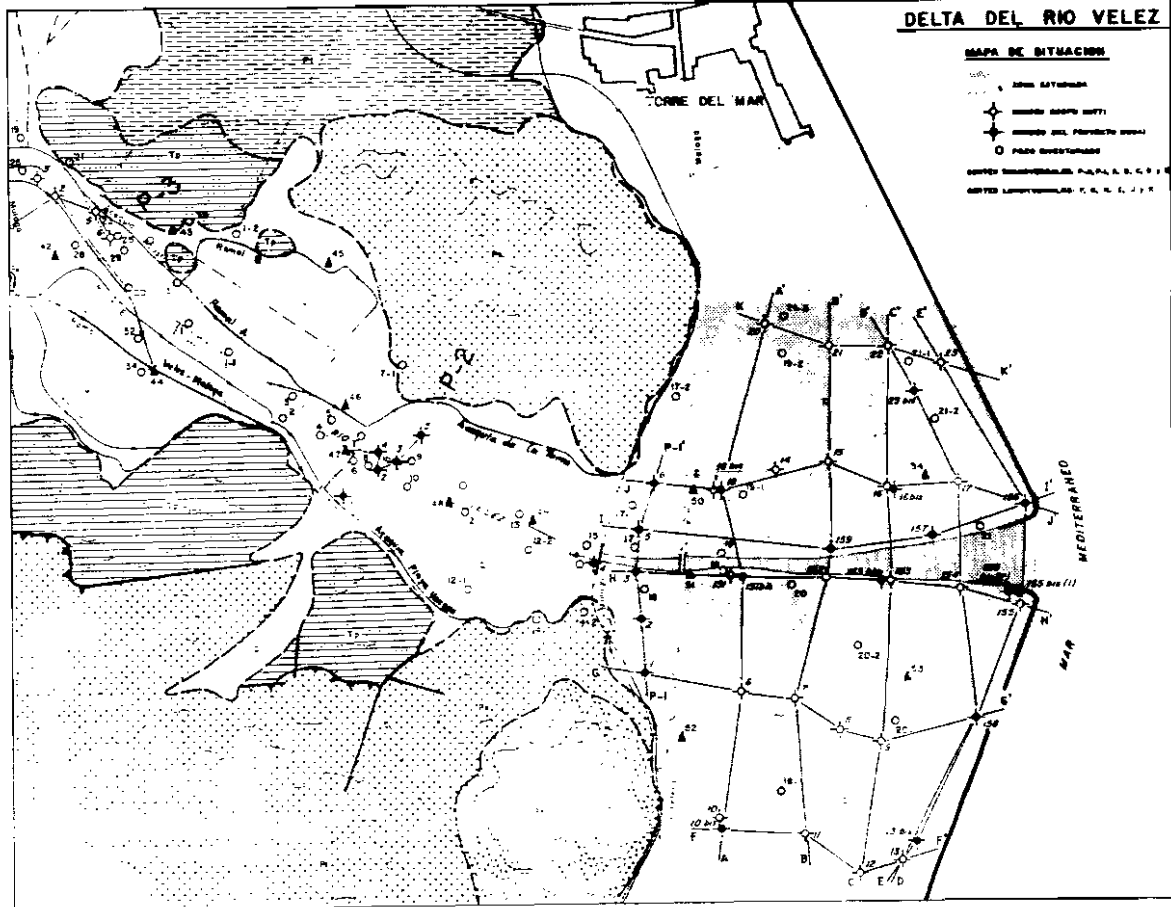
LEYENDA
 Volúmenes en m³
 --- Cloruros
 — Niveles
 Q= l/s.

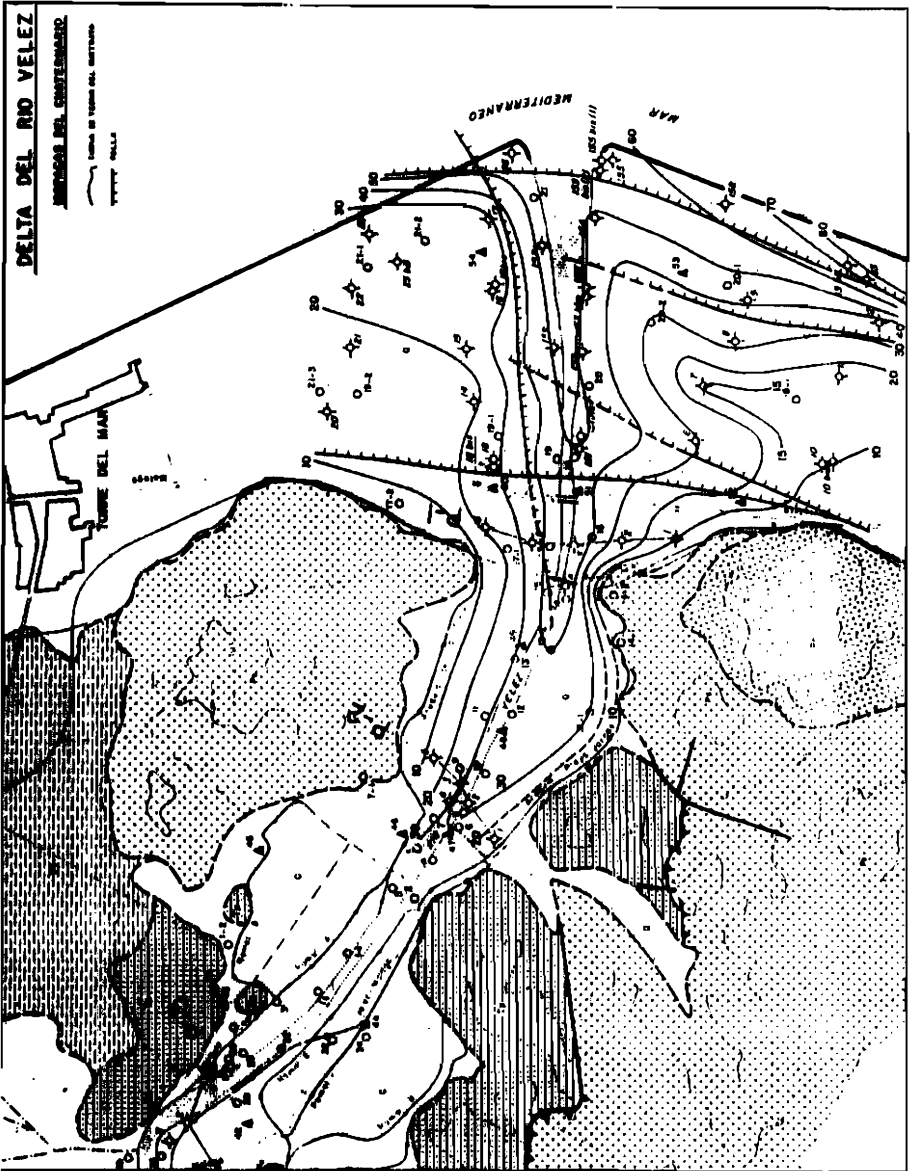
DELTA DEL RIO VELEZ

MAPA DE SITUACION

- Zona Satuada
- Zona de Campo Alto
- Zona de Campo Bajo
- PAGO INVESTIGADO

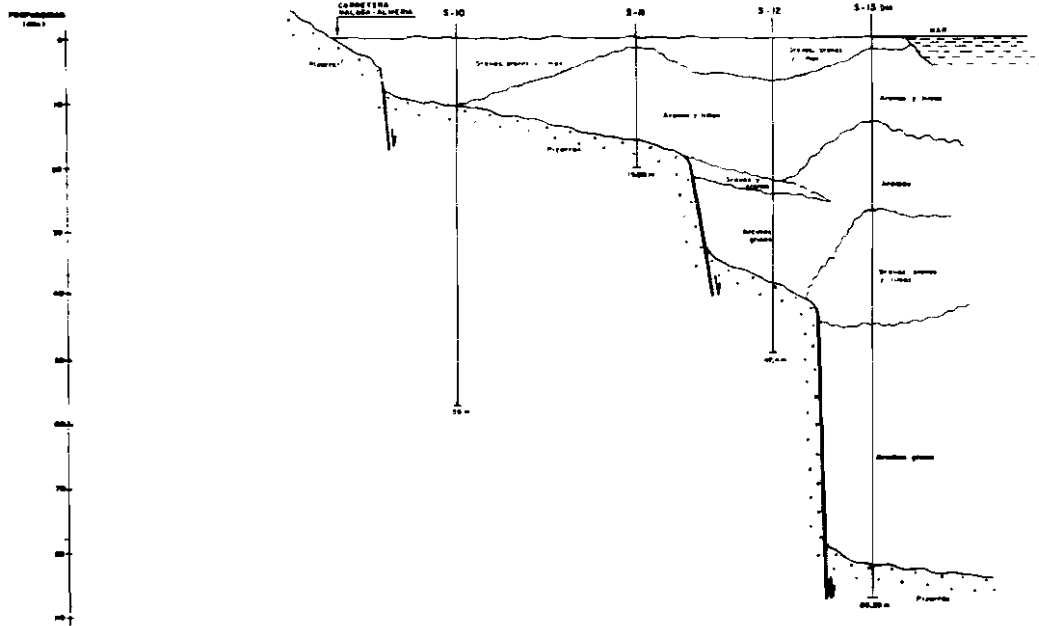
COPIA REPRODUCIDA DEL P.A.L.A. 8.001
SERIE LINGÜÍSTICA - C. 8. 0. 1. 2. 3.





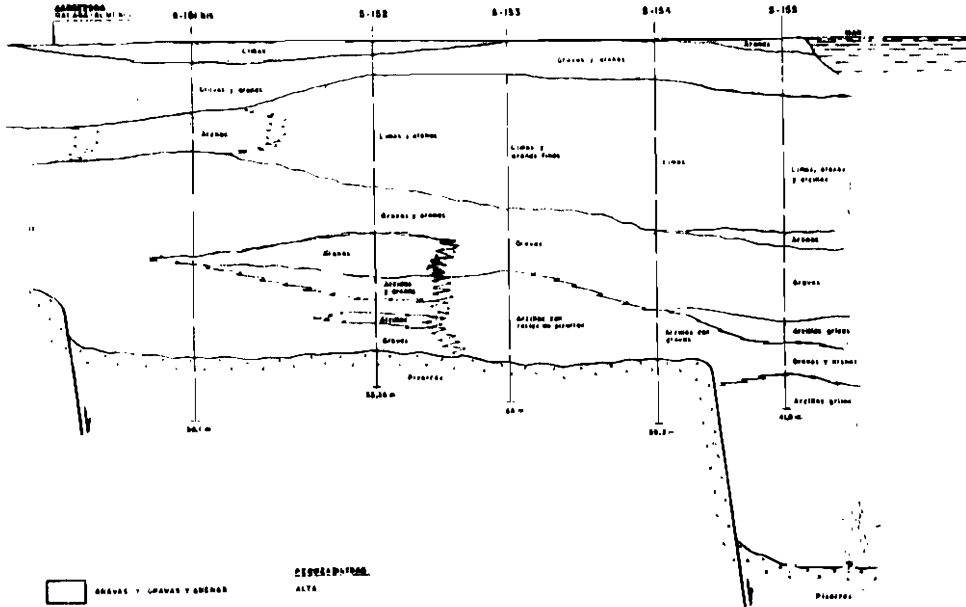
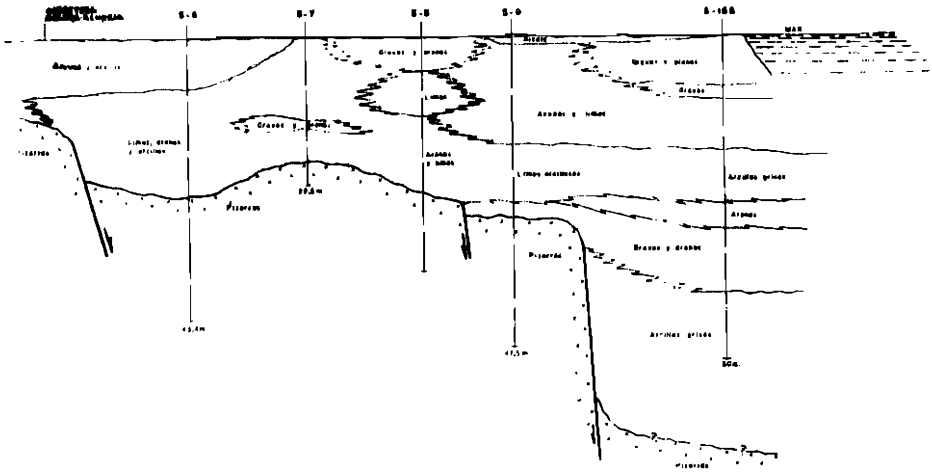
P - F

P - F'



P-6

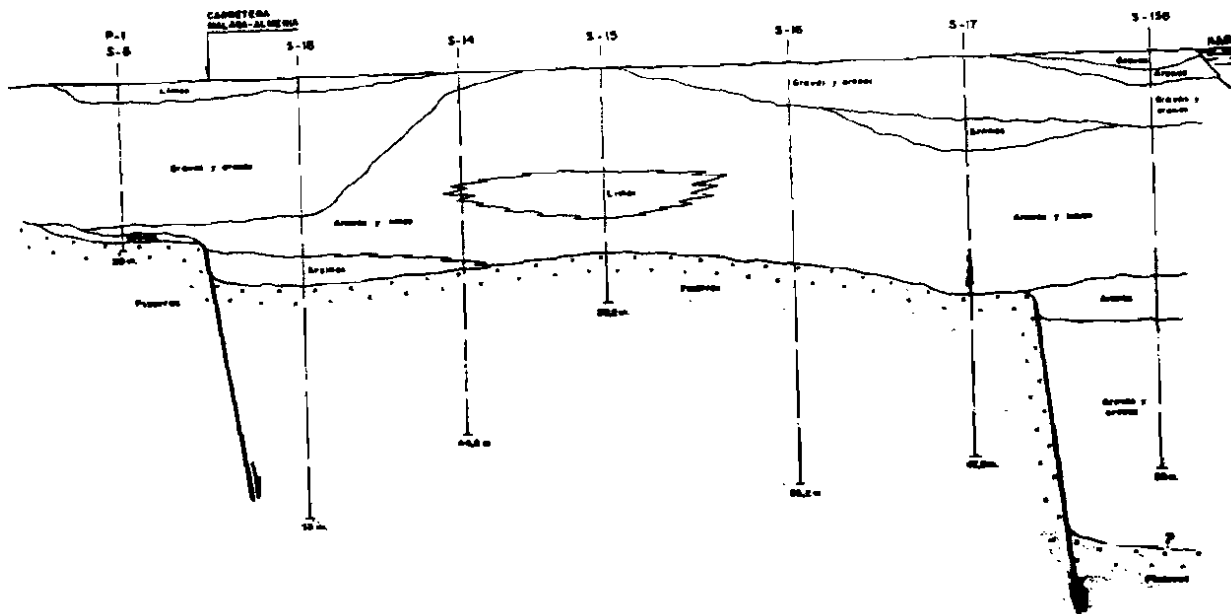
P-6'

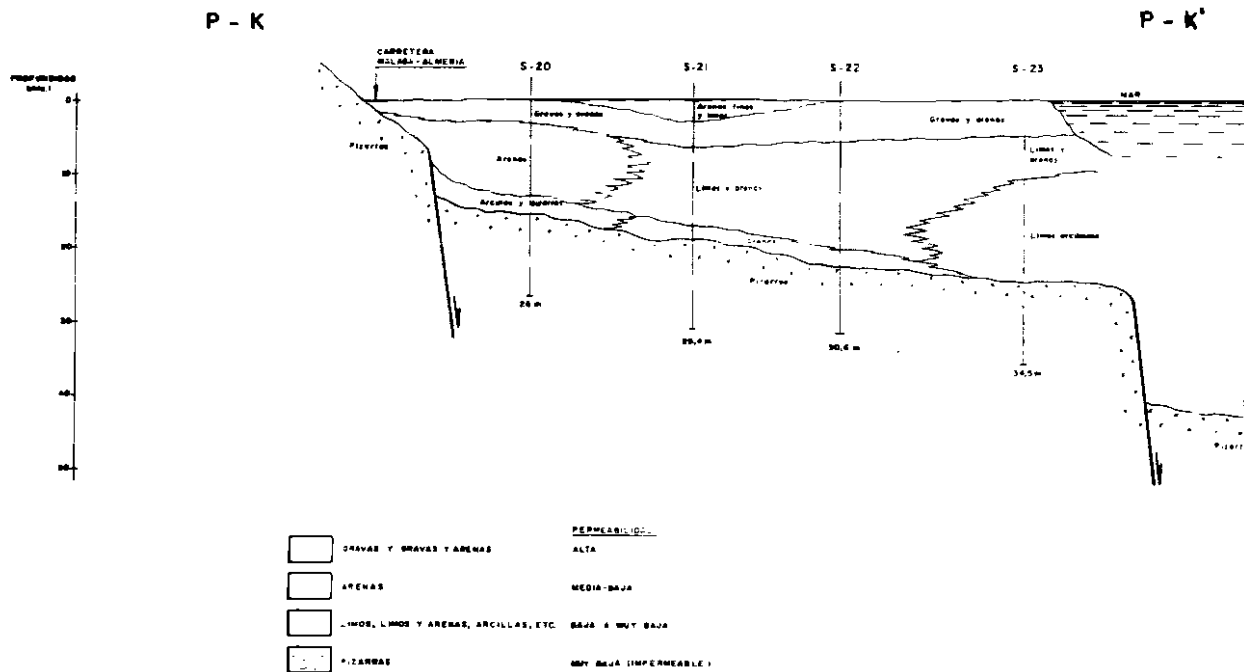


- | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| <input type="checkbox"/> | ARENAS Y GRAVAS Y GRENES | DESCRIPCIONES. |
| <input type="checkbox"/> | ARCILLAS | ALTA |
| <input type="checkbox"/> | LIMOS, LIMOS Y ARENAS, ARCILLAS, ETC | MIEDA BAJA |
| <input type="checkbox"/> | PIZARRAS | BAJA O MUY BAJA |
| | | MUY BAJA IMPERMEABLE |

P - J

P - J'





Se pueden definir dos acuíferos claramente. El profundo, constituido por gravas, está situado bajo el cauce actual, tiene una potencia de 20 a 30 metros, y su potencia disminuye hacia los bordes laterales, desaparece a unos 2 Km. de la desembocadura, y está confinado por el zócalo paleozóico, por el techo de limas arenosas y por un cierre del mismo material en la desembocadura.

Esta disposición justifica la existencia de algunos sondeos surgentes, y el poco volumen del acuífero profundo, cuya conexión con el río es difícil y de respuesta lenta.

El acuífero superficial en cambio, ya vimos que es más importante.

Para comprender mejor el funcionamiento hidrológico del delta le juxtaponemos la zona inmediatamente aguas arriba, comprendida entre los perfiles P-4 y P-1, resumiendo sus características.

ZONA	PERMEABILIDAD m/día		COEFIC. DE ALMACENAMIENTO	VOL. SATURADO Hm ³		RESERVA Hm ³ .	
				a. baj.	a. alt.	a. baj.	a. alt.
entre P4 y P1	30	60	1,5%	21,4	26,7	0,32	0,40
entre P4 y el mar (DELTA)	5	10%	5 - 10%	22,5	31,6	1,3-2,2	1,6-3,2

En la zona entre los P-1 y P-4, se encuentran situados los pozos más importantes de la zona para abastecimiento de Torre del Mar y la Costa del Sol Oriental.

Las extracciones de agua subterránea de esta zona, han sido de 5,9 Hm³. mayores que las propias reservas de las dos zonas reseñadas.

Esto quiere decir que si nos dispone de recursos superficiales aportados por las zonas superiores, el déficit de los recursos llevaría indefectiblemente a producir intrusión marina.

La intrusión se produce estacionalmente, en función de la extracciones de agua del acuífero y de la recarga producida en el mismo período. Se manifiesta en los meses que preceden a las primeras lluvias del año hidrológico.

En las figuras que se acompañan se reflejan más a más las isoconductividades del acuífero superficial y del profundo entre Agosto y Diciembre de 1.984.

En ellas se puede apreciar como, para el acuífero superficial, la curva de los 1.500 μ S/cm. avanza desde la misma desembocadura hasta sobrepasar la C.N.-340.

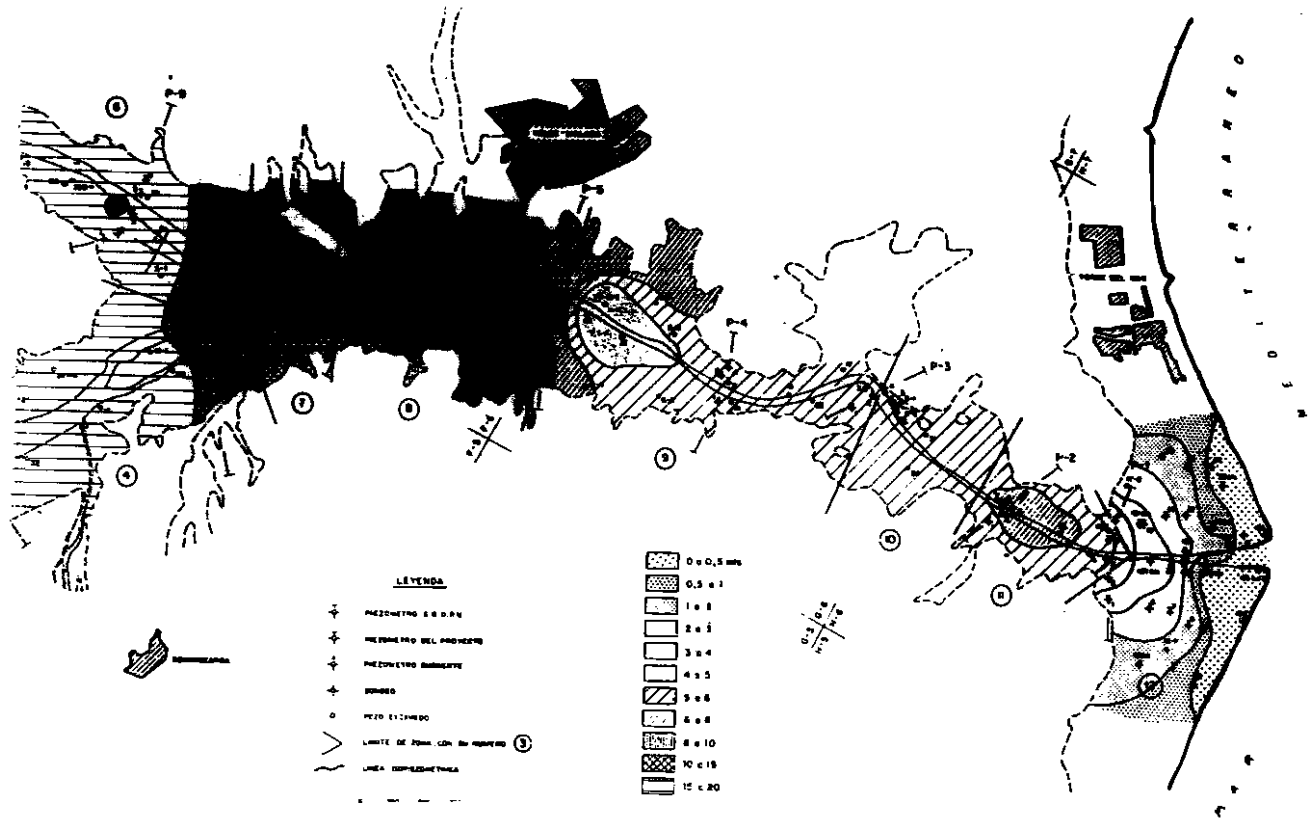
Para el acuífero profundo, la progresión es menor y las curvas de isosalinidad, no son tan nítidas; esto confirma el confinamiento parcial de este acuífero y la conexión clara entre el acuífero superficial y el río.

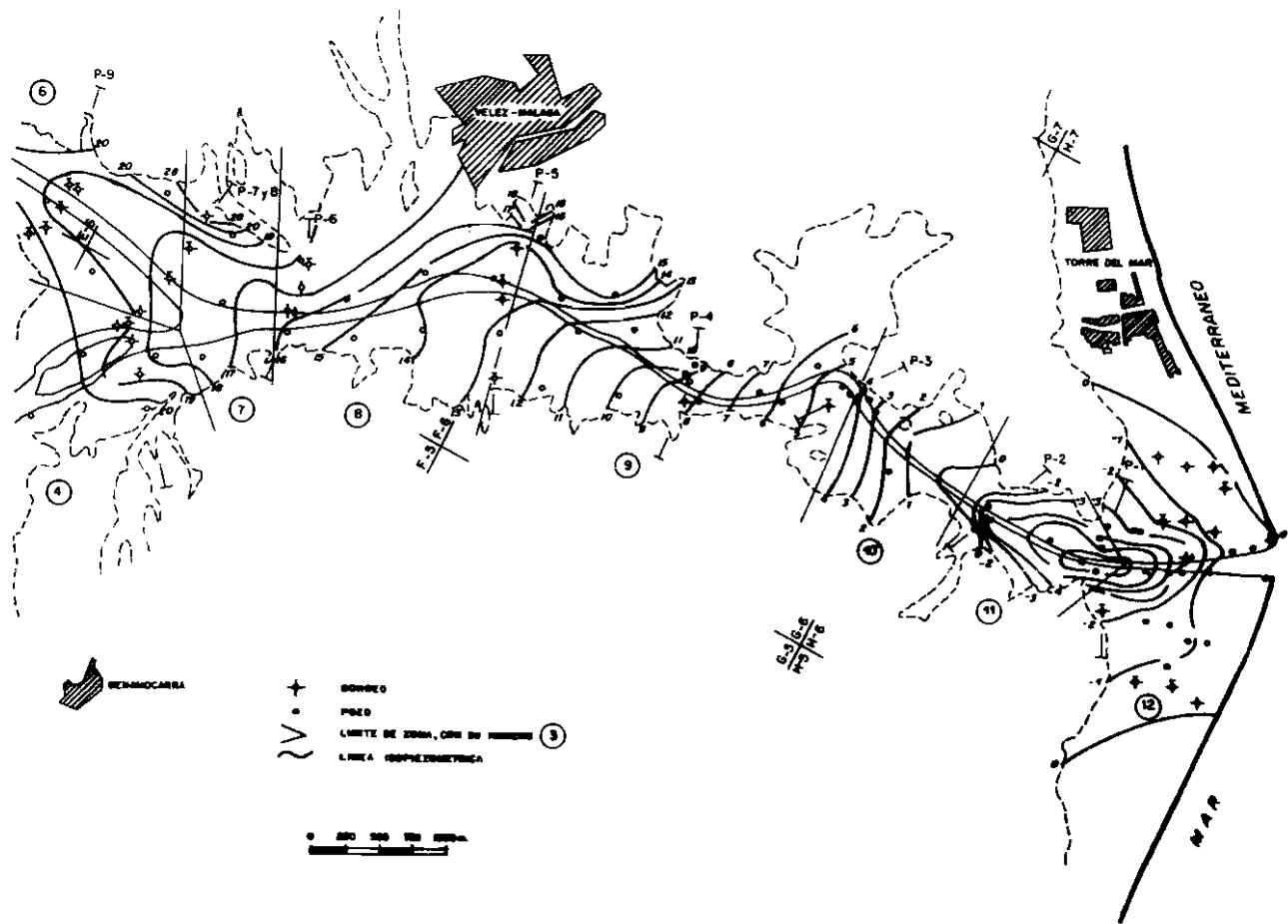
Muy ilustrativas son también las curvas isopiezas en la zona próxima al delta.

Como muestra se acompañan las correspondientes a Octubre de 1.985.

Se puede apreciar la gran sina producida en el tramo final de la zona II, como consecuencia de las extracciones de los pozos de abastecimiento. El nivel freático llega a alcanzar la cota, -6,0 a 1,20 m. de distancia al mar.

En el mismo plano se ha presentado también la curva de





los 1.500 μ S/cm. correspondiente al mismo mes, y que alcanza casi el borde la sima.

Recarga.-

Simultáneamente con el anterior estudio, se ha efectuado el análisis de la recarga del acuífero a fin de evitar la salinización de los pozos de la desembocadura.

El estudio se ha efectuado por dos métodos:

a).- Por el cálculo directo de la infiltración producida en cada tramo del río, con riadas aforadas.

b).- Por la aplicación del modelo matemático de simulación que se incluye en el Estudio. El modelo es tipo Trescott, desarrollado por el U.S. Geological Survey.

El cálculo directo daba un caudal de 6,8 m³/seg. continuo, como necesario para que el acuífero del delta se mantenga como estacionario.

El cálculo según el modelo obtenía un caudal necesario de 10 m³/seg. durante 7 a 15 días, dependiendo del coeficiente real de infiltración del cauce.

Estos caudales deberá ser aliviados por la Presa de la Viñuela.

6.- CONCLUSIONES.

De ambos estudios podemos sacar las siguientes conclusiones, en lo que se refiere a los acuíferos costeros.

14.- Los Estudios Hidrogeológicos de cuencas concretas, son siempre útiles y a veces imprescindibles para la explotación de los recursos hidráulicos de dicha cuenca, y en especial de las zonas litorales en vías de sobreexplotación.

2a.- En el caso de cuencas cuyos recursos superficiales vayan a ser regulados por una Presa, el Estudio Hidrológico ha de ser complemento necesario del de la propia Presa, ya que su olvido puede falsear la estimación de recursos disponibles para nuevos aprovechamientos.

3a.- Si no se dispone de la posibilidad de efectuar una regulación superficial, una de las soluciones podría ser el mejor aprovechamiento de los recursos de zonas con una buena infiltración, por ejemplo.

4a.- Convendría potenciar y popularizar ante los poderes públicos el interés por este tipo de Estudios, como necesarios para una correcta planificación de los recursos, contribuyendo a una distribución del agua más económica y segura.

5a.- Las secciones finales de los ríos, donde se produce la dinámica recurso al mar-intrusión salina, son determinantes de la planificación del recurso hidráulico. Convendría acentuar la importancia del estudio de estas zonas, dentro del Estudio total.