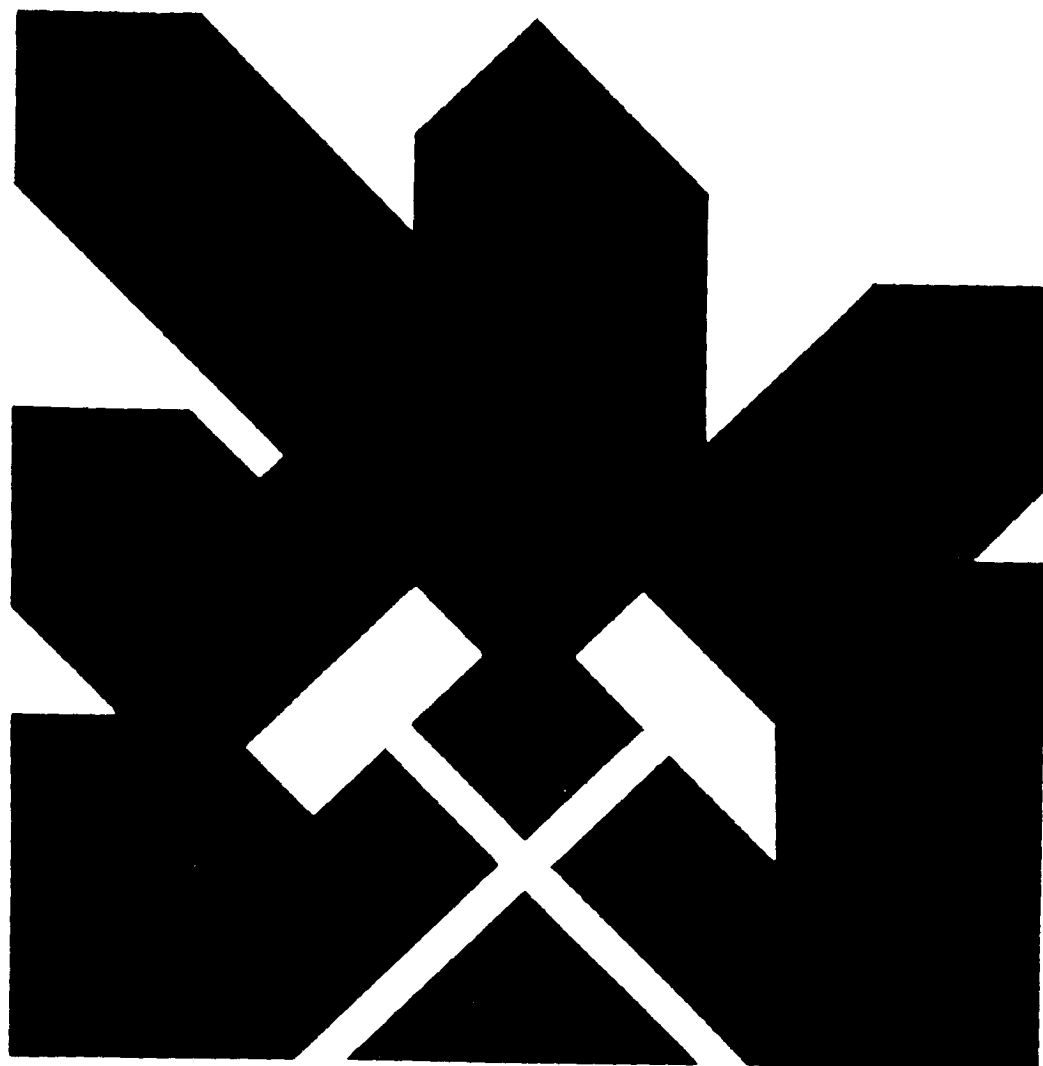


MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

ESTUDIOS DE INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA PARA
LA REGULACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUBTE-
RRANEOS DE LA DIVISORIA GUADALETE-GUADIARO.

MEMORIA Y PLANOS



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

35778

I N D I C E

I N D I C E

	<u>Pags.</u>
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y DE LOS OBJETIVOS	1
1.1. Introducción	1
1.2. Método de trabajo y labores realizadas	4
2. DESCRIPCION DEL MEDIO FISICO	7
2.1. Situación Geográfica	7
2.2. Características Fisiográficas	8
2.3. Geografía Humana	10
3. DEMANDAS ACTUALES Y FUTURAS	13
3.1. Demanda Urbana e Industrial	13
3.2. Abastecimiento a la zona gaditana	17
3.3. Demanda agrícola	18
3.3.1. Regadíos actuales	18
3.3.2. Regadíos futuros	21
3.4. Resumen demandas actuales (Plan Hidrológico 83)	22
4. GEOLOGIA	24
4.1. Introducción	24
4.2. Encuadre Geológico Regional	25
4.3. Estratigrafía	27
4.3.1. Trías germano-andaluz	27
4.3.2. Subbético ultrainterno	28
4.3.3. Subbético interno	33
4.3.4. Subbético medio	41
4.3.5. Unidades terciarias tipo flysch	42
4.3.6. Materiales Postmanto	46
4.4. Tectónica	48

.../...

.../...		<u>.Págs.</u>
5. CLIMATOLOGIA		52
5.1. Precipitaciones		52
5.1.1. Distribución de las precipitaciones ...		54
5.1.2. Precipitaciones correspondientes a años secos, medios y húmedos.....		54
5.1.3. Isoyetas		58
5.2. Temperaturas		58
5.2.1. Red termométrica		58
5.2.2. Temperaturas medias		59
5.3. Evapotranspiración y Lluvia Util		60
5.3.1. Evapotranspiración potencial		60
5.3.2. Evapotranspiración real		61
5.3.3. Lluvia útil		64
5.3.4. Cálculo de la infiltración por el método de Kessler		64
6. RECURSOS HIDRICOS TOTALES		69
6.1. Hidrología Superficial		69
6.2. Aportaciones naturales		71
6.3. Contraste precipitación-aportaciones		73
6.4. Año Hidráulico 1983-84		76
6.4.1. Escalas y aforos directos		76
6.4.2. Contraste precipitación-aportaciones ..		82
6.4.3. Aportaciones y Déficits de escorrentía..		84
6.4.4. Hidrogramas. Escorrentía subterránea ...		87
6.4.5. Curvas de agotamiento		90

.../...

.../...

	<u>.Págs.</u>
7. REGULACION ACTUAL Y FUTURA. BALANCE HIDRICO	95
REGULA	
7.1. Regulación actual	95
7.2. Regulación Futura	100
7.2.1. Río Guadalete	100
7.2.2. Río Guadiaro	102
7.3. Regulación Natural	104
7.4. Balance Hídrico	106
8. HIDROGEOLOGIA	108
8.1. Esquema hidrogeológico general	108
8.2. Unidad de Zafalgar-Labradillo	114
8.3. Unidad de El Bosque	125
8.4. Unidad de Sierra del Pinar-Monte Prieto	130
8.5. Unidad de Silla	140
8.6. Unidad Sierra Alta-Peñón Grande o del Hondón .	146
8.7. Unidad Sierra del Endrinal	153
8.8. Unidad de Ubrique	156
8.9. Unidad Montejaque-Cortes	173
8.10. Otras Unidades	184
9. RECURSOS SUBTERRANEOS	187
9.1. Modelo Matemático de Simulación	187
9.2. Funcionamiento Hídrico. Recursos Subterráneos.	192
9.3. Zonas de Explotación	192
10. CONCLUSIONES	205
11. RECOMENDACIONES	220
12. BIBLIOGRAFIA	214

.../...

I N D I C E D E F I G U R A S

- 2.1. Plano de Situación
- 5.1. Distribución interanual de las precipitaciones
- 5.2. Curva infiltración kesler
- 7.1. Curvas de regulación R.Guadalete en E. Bornos
- 7.2. Curvas de regulación R.Majaceite en E. Hurones
- 7.3. Curvas de regulación R. Majaceite en E. Guadalcaçín.
- 8.1. Esquema de Unidades Hidrogeológicas
- 8.2. Hidrograma 1.983-84. E-6. Bocaleones
- 8.3. Gráfico precipitación/caudales E -18. El Chorreadero
- 8.4. Diagrama Triangular de Pípper. Unidad de Zafalgar-Labradillo
- 8.5. Diagrama Triangular de Pípper. Unidad de El Bosque
- 8.6. Hidrogramas 1.983-84 E-4 y E-5. Arroyomolinos 1 y 2
- 8.7. Gráfico precipitación/caudales.E-2. El Martinete
- 8.8. Gráfico precipitación/caudales.E-1. R. Bosque
- 8.9. Hidrogramas 1.983-84. E-7. R. Guadalete. Puente Zahara
- 8.10. Diagrama Triangular de Pípper. Unidad Pinar-Monte Prieto
- 8.11. Hidrogramas 1.983-84 E-22. La Esparragosilla
- 8.12. Diagrama Triangular de Pípper. Unidad de Silla
- 8.13. Gráfico precipitación/caudales.E-16. Benafeliz
- 8.14. Hidrogramas 1.983-84. E-17. Río Ubrique
- 8.15. Hidrogramas 1.983-84. E-3. Río Tavizna
- 8.16. Diagrama Triangular de Pípper U. Sierra Alta.
- 8.17. Gráfico precipitación/caudales. E-19. El Saltadero
- 8.18. Hidrogramas 1.983-84. E-15. Cornicabra
- 8.19. Diagrama Triangular de Pípper. U. de Ubrique
- 8.20. Gráfico precipitación/caudal. E-11. Cueva del Gato
- 8.21. Gráfico precipitación/caudal. E-13. El Ejido
- 8.22. Diagrama Triangular de Pípper. Unidad Montejaque-Cortes
- 8.23. Diagrama Triangular de Pípper. Otras Unidades.

.../...

.../...

- 9.1. Esquema del funcionamiento hidráulico del acuífero
- 9.2. Entrada en el embalse de Bornos
- 9.3. Entrada en el embalse de los Hurones
- 9.4. Gráficos de Precipitación/caudal Río Tavizna.E-10.Guadiaro Corchado.
- 9.5. Graficos de Precipitación/caudal Río Guadiaro en Buitreras
- 9.6. Graficos de Precipitación/caudal Río Guadiaro en Corchado

P L A N O S

1. ISOYETAS MEDIAS (Período 1.962-63 a 1.982-83)
(1:100.000)
2. ISOYETAS AÑO 1.983-84
(1:100.000)
3. MAPA GEOLOGICO
4. CORTES GEOLOGICOS
5. PLANO HIDROGEOLOGICO. INVENTARIO DE PUNTOS ACUIFEROS
6. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO
(1:100.000)
7. PLANO DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA.
Diagramas de Stiff
8. PLANO DE RECURSOS { - Subterráneos
- Hidráulicos

A N E J O S

ANEJO 1. INVENTARIO DE PUNTOS ACUIFEROS. ANALISIS QUIMICOS
Y BACTERIOLOGICOS. FICHAS DE ABASTECIMIENTOS.

ANEJO 2. MAFOROS DIRECTOS.
CALCULOS

ANEJO 3. TABLAS DE GASTOS
CURVAS DE GASTOS
MEDIDAS DE CAUDAL EN LAS ESCALAS

ANEJO 4. PRECIPITACIONES MENSUALES 1.952-1984
CURVAS DE FRECUENCIA
PRECIPITACIONES DIARIAS 1.983-84
APORTACIONES DIARIAS 1.983-84
CONTRASTES PRECIPITACION-APORTACIONES
CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACIONES
HIDROGRAMAS 1.983-84. CALCULO DE LA APORTACION
SUBTERRANEA.
CURVAS DE AGOTAMIENTO
CURVAS DE REGULACION NATURAL

ANEJO 5. MODELO MATEMATICO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y DE LOS OBJETIVOS

1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y DE LOS OBJETIVOS

1.1.- INTRODUCCION

En la Ley de 15 de Julio de 1.953 se aprueba el "Plan de Ordenación de los ríos Guadarranque, Hozgarganta y Guadiaro". Tiene como finalidad la transformación de secano en regadío, la producción de energía eléctrica y el abastecimiento de la zona industrial del Campo de Gibraltar y de varios municipios de los que constituyen la zona: Algeciras, Los Baños, San Roque, La Línea, Castellar y Jimena de la Frontera.

Como parte del Plan se contempla el trasvase de unos 200 Hm³/año de la cuenca excedentaria del Guadiaro a la deficitaria del Guadalete.

Hasta el momento el Plan solo se ha llevado a cabo en su primera parte (Plan Guadarranque) lo que representa un 25% de lo inicialmente proyectado y no incide en el proyectado trasvase. Las obras realizadas (Presas de Guadarranque ya en uso y de Charco Redondo todavía sin inaugurar) regulan los recursos de Cuencas pequeñas, del Guadarranque y del Palmones y distribuyen el agua en la comarca del Campo de Gibraltar.

Para consumir el proyecto de trasvase son necesarias obras de gran envergadura que se inician en la regulación del río Guadiaro (Presa del Guadiaro de 400 Hm³ de capacidad), el canal de trasvase que incluye un importante túnel y la presa recipendaria en el río Majaceite, afluente del Guadalete (recrecimiento del embalse del Guadalcacín hasta 800 Hm³ de capacidad).

Si bien las obras se hallan muy retrasadas, seguramente en función de previsión de demandas que no se han producido, de la vigencia del Plan nos da idea el que el recrecimiento del Guadalcacín tiene ya Proyecto definitivo y se ha incluido en la previsión de obras del MOPU para los próximos años. Paralelamente el SGOP está finalizando el estudio de viabilidad del túnel de trasvase para lo que ha realizado una serie de sondeos de reconocimiento hidrogeológico.

El tiempo transcurrido desde la concepción y aprobación del Plan, así como los distintos planteamientos a considerar en el momento actual aconsejan una revisión en el sentido de tener en cuenta la existencia de una importante aportación subterránea, cuya explotación mediante sondeos podría incorporarse o no a los esquemas de regulación.

El presente estudio tiene pues como objetivo principal el analizar las posibilidades de extracción de aguas subterráneas en la zona de la divisoria entre las cuencas del Guadalete y del Guadiaro con el doble fin de:

- Incrementar la regulación y/o la garantía de los caudales regulados por los embalses actuales, con la explotación estratégica de las aguas subterráneas.
- Replantear la necesidad actual del trasvase Guadiaro-Guadalete por lo menos en el sentido convencional.

Como es obvio, todo se reduce a un problema económico de satisfacer la demanda al menor coste posible. Si con la explotación de aguas subterráneas se consigue reducir la capacidad de los embalses previstos (Guadalcacín II y Guadiaro), eliminar el túnel de trasvase o retrasar las obras un plazo considerable el estudio habrá adquirido toda su justificación.

1.2.- METODO DE TRABAJO Y LABORES REALIZADAS

El Plan de trabajo ha tenido que basarse en una toma de datos de la que se carecía en el momento de plantearse el estudio. Fundamentalmente han sido la colocación de una serie de escalas para medida de caudales diarios en ríos y manantiales.

Paralelamente se han realizado los trabajos convencionales de los estudios hidrogeológicos: cartografía hidrogeológica, inventario de puntos acuíferos, aforos y análisis químicos.

La necesidad de disponer de un año hidrológico completo de medidas y la duración del Proyecto (11 meses) han hecho que muchas veces la redacción del estudio y el análisis de los datos haya tenido que hacerse paralelamente.

Como antecedentes hay que citar el estudio de la Sierra de Grazalema para el abastecimiento de esta población y las de Benaocaz y Villaluenga del Rosarío, donde se incluye cartografía, un primer inventario y algunos aforos.

Ha sido también de mucha utilidad el disponer de las Hojas MAGNA de la zona, todavía sin editar, pero ya realizadas por la División de Geología del IGME.

Los datos meteorológicos, fundamentalmente la pluviometría, proceden del Servicio Meteorológico Nacional y de la Confederación Hidrográfica del Sur de España.

Los datos de Hidrología y regulación tienen un origen diverso. En cuanto ha sido posible se han considerado los del Plan Hidrológico redactado en 1.983-84. En otros casos se considera el Avance 80.-

Los datos de partida de aportaciones naturales y regulación sucesiva han sido los del Inventario de Recursos Hidráulicos y los de aforos convencionales - los recogidos en los Anuarios del MOPU.

Los trabajos realizados a lo largo del Proyecto han sido los siguientes:

- Recopilación y síntesis de todos los estudios anteriores.
- Colocación de 17 escalas en ríos y manantiales.
- 250 Aforos de caudal en ríos y manantiales.
- Lectura diaria de las escalas a todo lo largo del Proyecto (11 meses).
- 600 km² de cartografía hidrogeológica.

- 103 puntos acuíferos inventariados
- 91 recogidas de muestras de agua y análisis químicos de las mismas.
- Estudio climático-hidrológico con datos medios y propios del período 1.983-84.
- Evaluación de recursos subterráneos y realización de balances medios y del año hidrológico 1.983-84..

El equipo de trabajo que ha realizado el Proyecto ha sido formado por los técnicos siguientes:

- | | |
|-------------------------------------|------------------------|
| - D. Alberto Batlle. | Responsable |
| - D. Ramón Mantecón. | Hidrogeólogo |
| - D. Julián Solesio. | Hidrólogo-Agrónomo |
| - D. Luis Virgos. | Ingeniero de Minas. |
| - D. Jose I. López. | Cebólogo |
| - D. Rafael Anglada. | Ing. Técnico de Minas. |
| - D. Gerardo Salazar. | Ing. Técnico de Minas. |
| - D. Joaquín Galache. | Ing. Técnico de Minas. |
| - Dña.M ^a Carmen García. | Ing. Técnico de Minas. |

Además en las Sierras del Pinar y Grazalema se ha contado con la colaboración de los Hidrogeólogos de IN - GEMISA D. Emilio Castillo y D. Javier Gollonet.

El Director del Proyecto ha sido D. Miguel Martín Machuca, Jefe de la Oficina de Proyectos del IGME en Sevilla.

2. DESCRIPCION DEL MEDIO FISICO

2.- DESCRIPCION DEL MEDIO FISICO

2.1.- SITUACION GEOGRAFICA

El área estudiada ocupa una extensión de --
605 Km², de los que 425 pertenecen al sector noro-
riental de la provincia de Cádiz y los 180 restantes
al extremo suroccidental de la provincia de Málaga. -
Incluye de modo total o parcial los diez términos mu-
nicipales que a continuación se relacionan:

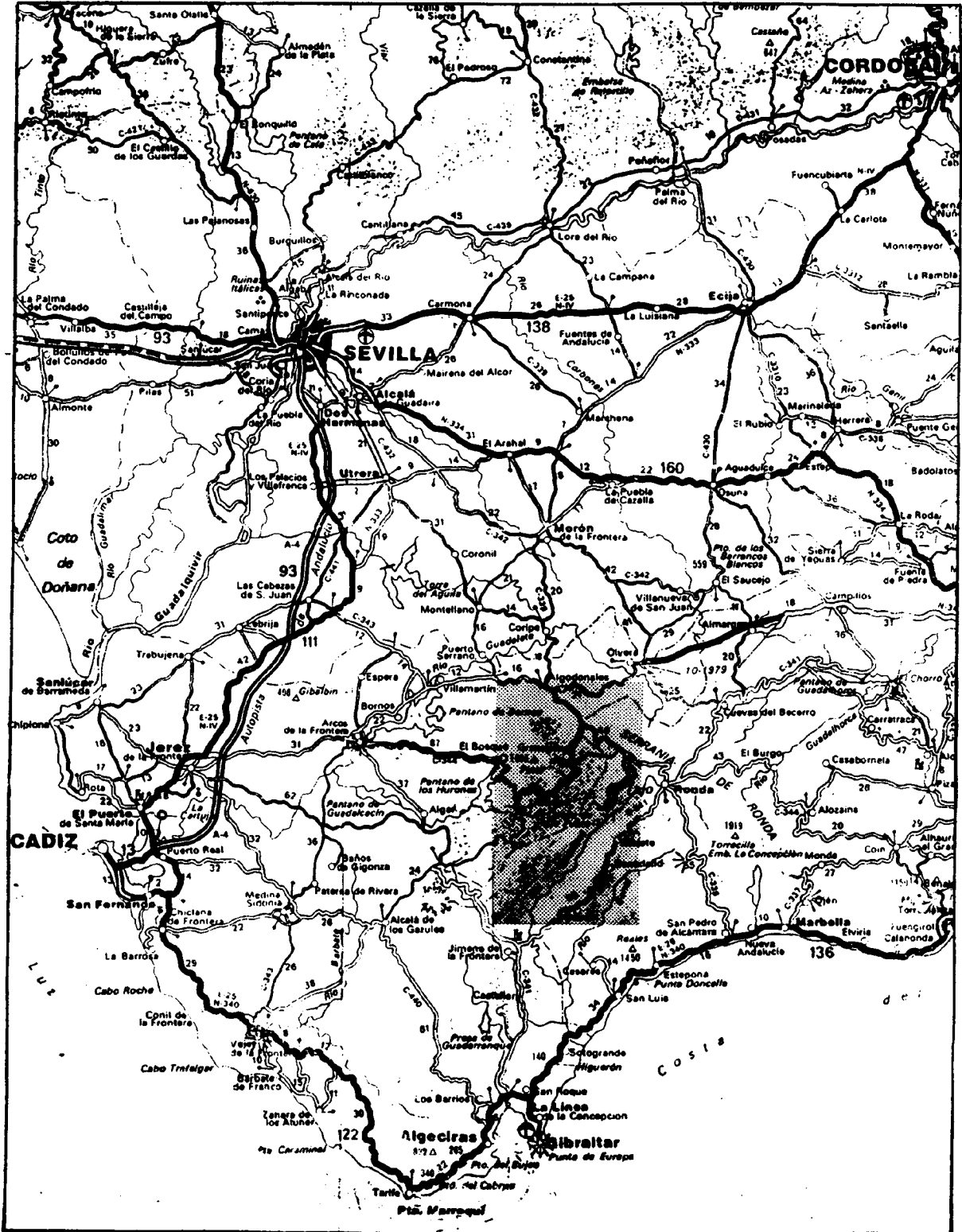
<u>Término Municipal</u>	<u>Comarca</u>	<u>Provincia</u>
- Benaocaz		
- El Bosque		
- Grazalema	La Sierra	Cádiz
- Ubrique		
- Villaluenga del Rosario.		
- Zahara de la - Sierra.		
<hr/>		
- Benaoján		
- Cortes de la Fra.	Ronda	Málaga
- Jimera de Líbar		
- Montejaque		

ESTUDIO PARA LA REGULACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS
SUBTERRANEOS DE LA DIVISORIA GUADELETE-GUADIAIRO

PLANO DE SITUACION

ESCALA 1:1.000.000

FIG.2.1.



Sus límites, como puede verse en el plano de situación, se han definido atendiendo a criterios puramente geológicos y por ello solo quedan bien identificados los límites Norte (carretera nacional 339) y Este (cauce del río Guadiaro).

La zona queda comprendida dentro de las siguientes hojas, a escala 1:50.000, del Mapa Topográfico Nacional:

- 14-43(1036) - Olvera
- 14-44(1050) - Ubrique
- 14-45(1064) - Cortes de la Frontera.

2.2.- CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS

Desde el punto de vista geomorfológico, la zona presenta un caracter eminentemente montañoso con formas propias de relieve de plegamiento. La altitud media es de 960 metros s.n.m. con la siguiente distribución orográfica.

Altitud (m.s.n.m.)

< 400	55,2 Km ²	(10,9% del total)
400 - 800	224,7 "	(44,5% del total)
800 - 1200	201,1 "	(39,8% del total)
> 1200	24,5 "	(4,8% del total)
	<hr/>	
	505,5 Km ²	

Las máximas elevaciones se sitúan en la Sierra del Pinar (Pinar:1654 m.) y en la Sierra del Endrinal (Reloj: 1539) siendo asimismo significativas una serie de elevaciones con altitudes superiores a los 1.250 metros (Palo: 1401 m., Navazo Alto 1397 m., los Pinos 1397 m., Coros 1331 m., y Ventana 1298 m.).

Las menores cotas coinciden con el embalse de los Hurones (212 m.)

Los ríos más importantes del sector son el Guadiaro (Cuenca Sur) y el Guadalete (Cuenca Atlántica). De menor importancia son el Gaduares o Campobuche, afluente del Guadiaro tras un recorrido subterráneo desde el embalse de Montejaque hasta la Cueva del Gato y Tavizna, Bosque y Ubrique, afluentes del Maja ceite, que lo es a su vez del Guadalete.

El resto de los ríos son estacionales, de carácter torrencial y recorridos cortos.

El río Guadiaro no se encuentra regulado por ningún embalse a lo largo de todo su recorrido, aunque está en estudio por el MOPU la realización de una presa, a la altura de Colmenar, para el transvase de agua al Majaceite.

El río Guadalete se encuentra regulado mediante los embalses de Bornos y Arcos, estando además en construcción, aguas arriba de estos el de Zahara-El Gastor.

El río Majaceite posee en cabecera los embalses de Los Hurones y Guadalcacín, sobre este último existe un proyecto definitivo de recrecimiento.

2.3.- GEOGRAFIA HUMANA

Como ya se ha indicado anteriormente el área estudiada ocupa la totalidad o parte de diez términos municipales, de los que seis pertenecen a la provincia de Cádiz y cuatro a la de Málaga. Según encuestas elaboradas en enero de 1.984 la población de hecho de estos municipios es de 32.724 habitantes.

Si se considera que la extensión total de los términos municipales asciende a 713 kms², resulta una densidad de población de 45,9 hab/km², cifra muy por debajo de la media nacional (75 hab/km²) y Andalucía (71 hab/km²).

El principal núcleo de población de la zona corresponde a Ubrique con 17.235 habitantes, mientras que Villaluenga del Rosario (580), Jimera de Libar, (615) y Benaocaz (646), constituyen las localidades con menor población.

En el cuadro 2.1 se sintetizan los datos referentes a evolución de población desde 1.960 hasta la actualidad.

La distribución espacial de la población es, como se deduce del cuadro 2.1, muy irregular, ya que más del 50 % de la misma (el 52,7) se concentra en Ubrique que con una densidad de población muy elevada (248,5) es además, el único municipio de la zona que en los últimos 25 años ha experimentado un incremento poblacional.

CUADRO N°2.1 EVOLUCION DE LA POBLACION DE HECHO Y DENSIDAD DE POBLACION.

MUNICIPIO	Extensión Km ²	Población de hecho				Densidad Población Hab/km ²	Indice demográfico P 84/60x100	
		1960	1970	1980	1984			
CADIZ	Benaocaz	69,70	1605	592	590	646	9,2	40,2
	El Bosque	30,63	2009	2010	1742	1774	57,9	88,3
	Grazalema	122,39	3234	2555	2111	2236	18,3	69,1
	Ubrique	69,36	9669	13166	16322	17235	248,5	178,2
	Villaluenga	59,89	689	623	558	580	9,7	84,2
	Zahara	71,30	2954	2742	1891	1900	26,6	64,3
MALAGA	Benaoján	31,93	2195	1811	1781	1781	55,8	81,1
	Cortes de la Fra	173,63	4764	4468	4233	4233	24,3	88,8
	Jimera de Libar	27,11	983	886	615	615	22,6	62,6
	Montejaque	57,11	1809	1838	1724	1724	30,2	95,3
TOTAL/MEDIA	713,05	29911	30699	31567	32724	45,9		

Villaluenga del Rosario y Benocaz poseen la densidad de población más baja, no llegando a alcanzar la cifra de 10 hab/km².

Al considerar el índice demográfico correspondiente al período 1.984/1.960, se observa que los municipios de Benaocaz, Grazalema, Zahara de la Sierra y Jimera de Libar son muy regresivos; El Bosque, Villaluenga del Rosario, Benaoján y Cortes de la Frontera son regresivos, Montejaque presenta un caracter estacionario y Ubrique es muy progresivo.

3. DEMANDAS ACTUALES Y FUTURAS

3.- DEMANDAS ACTUALES Y FUTURAS

3.1.- Demanda Urbana e Industrial

Es difícil separar ambas demandas puesto que en muchos casos las industrias se abastecen directamente de las redes urbanas.

En el Plan Hidrológico 83 se establece el siguiente cuadro de demandas netas, incluyendo en la demanda industrial la abastecida también por las redes urbanas.

<u>DEMANDA</u>	<u>1.983</u>
- URBANA.....	63 Hm ³ /a
- INDUSTRIAL....	35 Hm ³ /a

Por una parte la demanda en la propia zona del estudio es muy poco importante, si tenemos en cuenta los términos municipales afectados, la población conjunta es de tan solo 66.666 habitantes.

Para una demanda unitaria media elevada, que se puede cifrar en 200 l/hab/día la demanda de toda la población sería de tan solo 4.86 Hm³/año.

Esto se refiere a la demanda teórica. El consumo real se habría calculado en el Plan Hidrológico, a partir de consumos reales en los Ayuntamientos afectados en las siguientes cifras, que a su vez se comparan con los obtenidos en una encuesta realizada a lo largo del año 1.984 (Cuadro nº 3.1.)

La dispersión en estos resultados es achacable a que en los datos de encuestas no se contabilizan las pérdidas en las conducciones y las redes de distribución, (evaluadas en más de un 30%), ni el caudal que no pasa por contador.

CUADRO 3.1.: HABITANTES ZONA DE ESTUDIO (No incluye Cuenca del Guadalporcún)

MUNICIPIO	POBLACION		DIFERENCIA	CONSUMO REAL (m ³ /a)	
	1.970	1.984		P.H.Avance 80 (Datos 1.970)	Encuesta directa (datos-1.984) (*)
Algodonales	6617	5910	- 707	414.598	299.300
Benaocaz	592	646	+ 54	48.180	27.740
Bornos	7150	7879	+ 729	479.829	365.000
Bosque, El	2010	1774	- 236	75.190	139.795
Espera	4353	4049	- 304	315.675	122.275
Gastor, El	2829	2112	- 717	58.817	39.785
Grazalema	2555	2236	- 319	182.780	98.550
Prado del Rey	4655	5346	+ 691	473.040	279.955
Puerto Serrano	5203	5780	+ 577	223.590	138.700
Ubrique	13166	17235	+ 4069	1.556.762	903.375
Villaluenga	623	580	- 43	23.725	35.395
Villamartín	11554	11837	+ 283	877.962	463.550
Zahara	2742	1900	- 842	99.316	78.475
T O T A L	64049	67284	+ 3235	4.909.464	2.991.895

DOTACION MEDIA 210 l/hab/día 122 l/hab/día

(*) Corresponde a los m³/año facturados. No se contabilizan las pérdidas

CUADRO N°3.2. DOTACIONES Y CAUDALES

MUNICIPIO	DOTACION (l/hab/día)		CAUDAL (l/seg)	
	Avance 80	Encuesta 84	Avance 80	Encuesta 84
Algodonales	200	150	15,51	10,26
Benaocaz	200	117	1,53	0,87
Bornos	150	127	14,00	11,58
Bosque (El)	100	215	2,38	4,41
Espera	200	83	9,14	3,90
El Gastor	56	50	1,46	1,22
Grazalema	200	150	3,94	3,88
Prado del Rey	266	106	15,00	6,43
Puerto Serrano	106	66	6,63	4,41
Ubrique	300	143	49,65	28,52
Villaluenga	100	90	0,75	0,60
Villamartín	200	107	26,74	14,66
Zahara	68	114	1,50	2,51
			148,23	93,25

3.2.- El abastecimiento de agua a la zona gaditana

El abastecimiento moderno a la zona gaditana, sustituyendo con aguas superficiales reguladas todo un entramado de captaciones antiguas, se inició con la Ley de 31 de Diciembre de 1.945 que concedía un caudal de 1500 l/seg. derivados del río Majaceite.

El Plan de obras se iniciaba con el embalse de Los Hurones, capaz de regular el doble del caudal concedido, unos 3000 l/seg. Sin terminar esta presa el abastecimiento se inauguró en 1.957 con aguas elevadas de la presa del Guadalcazín.

En función del aumento de la demanda surgió la necesidad de ampliación y se aumentó la concesión hasta 3 m³/seg. en 1.972.

La zona abastecida abarca a todos los núcleos urbanos enclavados en un radio de 45 kms. con centro en Cádiz con la excepción de Vejer y con la inclusión posterior de Algar.

La población abastecida fue de 656.000 personas en 1.981 a la que habría que añadir el incremento de habitantes en verano. De hecho se ha constatado que en la época estival los caudales servidos superan en un 35% a los de invierno.

El consumo medio por habitante y día ha crecido desde 61 litros en 1.957 a 295 litros en 1.981 lo que da idea del desarrollo urbanístico alcanzado en la zona.

Los caudales suministrados han pasado de 6,2 Hm³/a. en 1.957 a los 70,6 de la actualidad (1.981).

El precio del m³ de agua en origen es de 7,50 pts . Las tarifas de los distintos Ayuntamientos oscilan entre 11 y 27 pts/m³ para el uso doméstico y entre las 14,55 y 28,13 pts/m³ para uso industrial.

Hay que destacar, por sus implicaciones con las aguas subterráneas la importancia de las estaciones elevadoras que hacen posible el suministro. En conjunto hay 12 estaciones elevadoras que totalizan 38 grupos con una potencia global de 12775 CV.

3.3.- Demanda agrícola

3.3.1.- Regadíos actuales

Las concesiones actuales en la zona de cuenca considerada, hasta la confluencia del Guadalete y el Majaceite, alcanzan 16.640 Has.

de las que 11.043 corresponden a los riegos del Guadalcaacín (Comunidad de regantes del río Maja ceite) y 4506 a riegos del río Guadalete regulado en el embalse de Bornos.

El resto son regadíos pequeños, de magnitud entre 1 Ha. y 247 Has.

En los ríos de más influencia en la zona de estudio los regadíos alcanzan la siguiente magnitud:

- Arroyomolinos..... 68 Has.
- Bocaleones..... 39 Has.
- R. Tavizna..... 248 Has.
- R. Ubrique..... 13 Has.

En el Plan Hidrológico 83 las Has. regadas que se consideran serían algo mayores (cosa lógica si se concluye que las concesiones no están completas):

REGADIO ACTUAL

INICIATIVA ESTATAL

- Guadalcaacín : 11.700 Has.
- Bajo Guadalete (marismas): 1.752 " (1)
- Guadalete. Bornos m.i. : 1.900 "
- Coto de Bornos : 625 "
- TOTAL.....15.977 Has.

INICIATIVA PARTICULAR : 9.120 Has.

TOTAL..... 9.120 Has.

T O T A L 25.097 Has.

(1) *La cifra es la señalada por IRYDA, aunque la concesión es mayor (5.824 Has.), estando prevista su reducción.*

Las dotaciones que se consideran son las siguientes --
(en m³/Ha/año):

	<u>AÑO MEDIO</u>	<u>AÑO SECO</u>
- Riegos estatales	8.980	10.600
- Riegos particulares	3.944	5.104

Según ello la demanda de riegos se fija en la actualidad en 223 Hm³/año para un año medio y - en 262 Hm³/año para un año seco.

3.3.2.- Regadíos Futuros

Los planes de riego futuro tienen distintas - posibilidades de viabilidad. Seguramente el Plan más factible es el de los Llanos de Villamartín puesto que la construcción del embalse que lo po sibilita (Zahara) ya se ha iniciado. El resto - constituye un horizonte difícil de conseguir con los ritmos de crecimiento actuales.

En cualquier caso están previstos los siguien tes nuevos regadíos:

- Llanos de Villamartín....	3.788 Has.
- Bornos. Margen derecha...	8.979 Has.
- Rincón de Jerez.....	3.000 Has.
- Costa NW.....	8.432 Has.
- Marismas del Guadalete...	<u>5.825 Has.</u>

T O T A L 30.024 Has.
=====

Estos regadíos producen una demanda conjunta - de 270 Hm³ en año medio y de 318 Hm³ en año seco.

Ello unido a los regadíos actuales arroja una cifra techo de riegos para el horizonte 2.010 de unas 55.000 Has. y una demanda media de cerca de 500 Hm³/año.

En un plano más conservador, la demanda a corto plazo (1990) incluiría únicamente los regadíos de los Llanos de Villamartín con una demanda media de unos 34 Hm³/a.

Con todos los datos anteriores se puede establecer el siguiente cuadro para la demanda de regadíos en un año medio.

	<u>ACTUAL</u>	<u>MEDIO PLAZO</u> <u>(1990)</u>	<u>LARGO PLAZO</u> <u>(2010)</u>
Nº de Has.	25.097	28.885	55.121
Demanda (Hm ³ /a)	223	257	494

3.4.- Resumen Demandas Actuales (Plan Hidrológico 83)

Dado que la Cuenca del Guadalete se considera excedentaria a largo plazo solo se tienen en cuenta las demandas de la Cuenca del Guadalete.

La demanda conjunta de la cuenca ha sido elaborada dentro del Plan Hidrológico 83 y se cifra a corto plazo (1990) en las siguientes magnitudes:

	AGRICOLA		URBANA	INDUSTRIAL	TOTAL
	ESTATAL	PRIVADA			
- Año normal :	210.8	83.2	95.0	77.5	466.5
- Año crítico:	237.1	117.3	95.0	77.5	526.9

A esta demanda habrá que añadir la demanda ecológica, muy difícil de cuantificar. En el avance 83 del Plan Hidrológico se considera que para el mantenimiento de unas condiciones mínimas de calidad en el tramo bajo del Guadalete serían necesarios 80 Hm³/año, sin embargo y por insuficiencia de recursos, se atiende en la actualidad en solo un 10% de su valor.

Por otra parte la demanda propia de la zona estudiada (aguas arriba de los embalses) es muy poco importante.

4. GEOLOGIA

4.- GEOLOGIA

4.1.- Introducción

Desde el punto de vista geológico los antecedentes bibliográficos de la zona se encuentran fundamentalmente en los trabajos de Macpherson, Gavala y Laborde, este último plasmado en su mapa geológico de la provincia de Cádiz, de indudable valor. Posteriormente Blumenthal, entre 1.935 y 1.937 realizó una cartografía geológica de las Sierras de Grazalema en la que se diferencian ya diferentes dominios.- En las tres últimas décadas diferentes autores de las escuelas alemana (Hope, Durr) y francesa (Bourgois, Chauve) centran sus trabajos en diferentes aspectos geológicos de localidades comprendidas en el área de estudio y sectores próximos.

Para el presente estudio ha sido posible disponer de las cartografías geológicas del MAGNA a escala 1/50.000 realizadas por el IGME (aún inéditas), correspondientes a las hojas:

- 1036 (Olvera)
- 1050 (Ubrique)
- 1064 (Cortes de la Frontera)

que abarcan toda el área de estudio, y aportan una infraestructura geológica fundamental para los fines que se persiguen. Dicha cartografía se ha utilizado como documento básico para la realización de la car-

tografía hidrogeológica del Proyecto una vez contrastada suficientemente en el campo en los aspectos que afectan a los objetivos del estudio (límites y condiciones de borde, posición relativa de las diferentes unidades, etc.).

El capítulo de Geología es, por consiguiente, una síntesis de los conocimientos actuales, que no aporta nuevos datos desde el punto de vista estrictamente geológico, y necesariamente simplificada.

4.2.- Encuadre Geológico regional

El área de estudio está enclavada íntegramente en el ámbito de Las Cordilleras Béticas, en su porción occidental.

En el estado actual de conocimientos se diferencian, dentro de las Cordilleras Béticas, dos grandes conjuntos de rango mayor:

- Las zonas externas : que comprenden la zona prebética y la zona subbética.
- Las zonas internas : también denominadas zona Bética.

Además de estas dos grandes zonas existe una "Zona Media", compuesta por un conjunto de unidades que se denominan "Unidades autóctonas del Campo de Gibraltar" o "Unidades del Flysh del Campo de Gibraltar", entre otras, cuya posición paleogeográfica es -

intermedia entre ambos conjuntos. Algunos autores -
prefieren encuadrarlas dentro de la denominada zona
Circumbética, dentro de las zonas internas.

Las cabeceras de las cuencas del Guadalete y
Guadiaro están conformadas, en esencia, por abruptos
macizos calcáreos de la zona subbética, cuyos fondos
de valle ocupan materiales generalmente arcillosos
también subbéticos y unidades tipo flysch similares -
a las definidas en el Campo de Gibraltar. Estas últi-
mas configuran asimismo, en general, los relieves de -
altitud media en la zona. La mayor parte de los auto-
res coinciden, en mayor o menor medida, en lo relati-
vo a la afinidad paleográfica de las unidades calcá -
reas subbéticas, no ocurriendo lo mismo con las unida
des tipo flysch, cuya paleografía y evolución tectóni
ca son más complejas y discutidas.

A grandes rasgos y con un carácter eminentemen
te práctico, los materiales presentes en el área del
proyecto se pueden agrupar en los siguientes conjun -
tos o unidades, tal como se refleja en el mapa geoló-
gico adjunto (plano n° 3)

* Unidades Subbéticas

- Trías germano andaluz
- Subbético ultrainterno (en el que se inclu-
yen por su afinidad de flysch cretácicos del
corredor del Boyar y de Ubrique, y las esca
mas del corredor del Boyar).

- Subbético interno
- Subbético medio

* Unidades Terciarias tipo flysch

- Areniscas de Aljibe
- Flyschs margo-arcillosas y formación de - arcillas con bloques.

Las unidades subbéticas presentan series más o menos completas, o fragmentarias desde el Trías - hasta el Mioceno inferior, mientras que las unidades tipo flysch abarcan edades comprendidas entre el Eoceno y el Mioceno inferior.

Hay que considerar por último la existencia de materiales postorogénicos, esencialmente sedimentos detríticos de la cuenca miocena de Ronda y de depósitos cuaternarios, que recubren discordantemente a las diversas unidades subbéticas y de tipo flysch.

Se describe a continuación la estratigrafía - de las diversas unidades agrupadas en los conjuntos ya indicados.

4.3.- Estratigrafía

4.3.1.- Trías Germano-Andaluz

Aflora en los bordes occidental y septentrional del área, alrededor de los materiales del subbético

tico Medio sobre los que se apoya, o cabalgado localmente por éstos en el retrocabalgamiento de la Sierra de Zafalgar.

Aparece constituido fundamentalmente por arcillas rojas y grises, con yesos muy abundantes, a veces masivos. Presenta un aspecto caótico y desordenado con excepcionales rasgos de la estratificación original.

Englobados en la masa arcillo-yesífera se encuentran masas aisladas de calizas negras y fétidas, carniolas y areniscas micáceas todas ellas triásicas y con escasa continuidad lateral, y fragmentos sueltos de rocas ígneas de color oscuro (ofitas), a veces de gran tamaño.

Esta extrema desorganización se debe a la dislocación de diferentes niveles litológicos producida durante su traslación tectónica, acrecentada por procesos posteriores de erosión y resedimentación.

4.3.2. Subbético ultrainterno

Está representado en el área del proyecto esencialmente por las sierras de Silla y del Pinar, con series que abarcan desde el Triás al Cretácico inferior, y por las series cretácico-paleocenas del flysch de Ubrique y del corredor del Boyar (que po -

drían constituir en buena lógica la cobertura de las anteriores, aunque no está demostrada su continuidad estratigráfica). Las escamas del corredor del Boyar presentan series fragmentarias con analogías a una u otra de las anteriores, por lo que se incluyen en este dominio.

La serie representativa de las Sierras de Silla y del Pinar sería, de más antiguo a más moderno:

- Triásico. Aflora escasamente en las laderas meridionales de la sierra del Pinar, constituido por arcillas rojas y verdes, yesos y carniolas.

Con mayor profusión aflora alrededor de la sierra de Silla, a la que prácticamente rodea, siendo observables en algunos puntos más de 100 m. de arcillas verdes, grises y rojas alternando con calizas oscuras, calizas amarillentas, niveles carniolares y areniscas.

Como rasgos distintivos con las facies del Trías germano-andaluz cabe mencionar la mayor desorganización y aspecto caótico de éste último, además de un menor contenido en yesos, calizas negras y ofitas y mayor abundancia de areniscas en el Trías ultrainterno.

- Jurásico. Se pueden diferenciar dos grandes conjuntos:

- * Uno inferior, eminentemente carbonatado, de espesor próximo a 700 m. y atribuible al Lías inferior.

* Un tramo superior, asimismo carbonatado aunque con intercalaciones margosas, datado como Lías superior-Dogger y que supera los 300 metros de potencia.

En el Lías inferior se diferencian:

- 400-500 m. de dolomías masivas
- 30-40 m. calizas grises en bancos gruesos
- 250 m. de calizas grises y rosadas con nódulos y niveles continuos de sílex, e intercalaciones centimétricas arcillo-margosas.

El Lías superior-Dogger presenta:

- 150-200 m. de margocalizas que alternan con margas y arcillas grises (Toarcense medio-Bajocense inferior)
- 40-50 m. calizas nodulosas rojas (Toarcense sup. Aalenense)
- 100 m. alternancia de calizas, calizas margosas y arcillas rojas con niveles radioláricos.

Es de resaltar la ausencia del resto del Jurásico medio-superior y el carácter erosivo de la base del Cretácico.

- Cretácico inferior. Está escasamente desarrollado en las sierras de Silla y del Pinar y es en esta última, en el pequeño afloramiento situado al oeste del frente de Boyar, donde está el corte más representativo aunque incompleto. En cualquier caso su interés para los objetivos del estudio es solo testimonial.

En dicho corte se observan, en contacto normal algo mecanizado sobre el jurásico:

- 15-20 m. de turbiditas, olistostromas y slumps en calcarenitas, margocalizas, margas rojas (Valanginiense)
- 50-60 m. margocalizas y margas rojas que hacia el techo presentan calizas con silex y microbrechas calizas con abundantes *Apthycus* (Valanginiense).
- 20-30 m. arcillas rojas y verdes y radiolaritas.

Hasta aquí la serie representativa de las Sierras de Silla y del Pinar. El resto de los términos ligados al subbético ultrainterno, entre el Cretácico y el Paleoceno, aparecen solo representados en dos conjuntos desconectados tectónicamente de dichas sierras y entre sí, pero que podrían constituir como se ha dicho la continuación estratigráfica de esta serie: se trata de los flyschs cretácicos del corredor del Boyar y de Ubrique.

En el flysch del corredor del Boyar se diferencian:

- 100-150 m. de arcillas rojas y verdes con escasas capas de areniscas oscuras (Aptiense) -
- 150-200 m. alternancia de areniscas ocreas con estructuras turbidíticas y arcillas (Albense-Turonense)
- 50-100 m. arcillas, margas negras y grises y microbrechas calizas (Campaniense sup-Maestrichtiense).

En el Flysch de Ubrique, que aflora en ventana tectónica bajo el triás ultrainterno al Oeste de Ubrique se pueden diferenciar:

- 300 m. areniscas de grano fino micáceas y arcillas marrones y verdes (Albense sup-Cenomanense)
- 150-200 m. margas y arcillas grises con delgadas capas de biomáritas, y algunos niveles de arcillas negras bituminosas (Cenomanense). -
Hacia el techo aparecen niveles de microbrechas calizas (Campaniense sup-Maestrichtiense).

El flysch de Ubrique y del corredor del Boyar presentan, en resumen, series similares, con potentes tramos flyschoides arcillo-arenosos de 400-500 m. de espesor y tramos de microbrechas calizas al techo.

Cabe hacer mención por último, dentro de este dominio, de las escamas del corredor del Boyar. Dichas escamas se superponen unas a otras en el sector meridional del estrecho corredor que forman la sierra del Pinar y la sierra del Peñón Grande. Los diversos autores han encontrado afinidad con materiales del subbético medio, interno o ultrainterno según los casos, aunque parece más lógica su pertenencia a este último por su posición y mayor similitud de facies en todas las series parciales observables, desde el Triásico hasta el Eoceno, con las series ya descritas de Sierras de Silla y del Pinar o de los flyschs cretácicos. Para los objetivos del Proyecto cabe resaltar su desconexión con las series jurásicas carbonatadas tanto de sierra del Pinar como del subbético interno que a continuación se verá, lo que unido a su compartimentación tectónica y escasa extensión reduce enormemente su interés hidrogeológico.

4.3.3. Subbético interno

Este dominio, cuya nomenclatura proviene de los autores españoles, es equivalente al "Penibético" usado por los autores de la escuela francesa (Blumenthal, 1.927). Dentro del mismo se pueden distinguir tres sectores bien diferenciados:

- Sector meridional - Caracterizado por una mayor proporción de dolomías en la base de la serie jurásica y mayor potencia de los distin

tos tramos.

- Sector central. - En el que el Jurásico superior llega a estar incompleto.
- Sector septentrional - en el cual o no existen dolomías basales o son muy poco potentes y el jurásico superior alcanza las mayores - potencias registradas en el dominio.

En conjunto estas diferencias se deberían a la existencia en el subbético interno de una cuenca con un umbral central (que justificaría el adelgazamiento de las series del Jurásico superior) y sendos sectores subsidentes al norte y sur de dicho umbral. Existe asimismo un desarrollo diferencial en las series cretácicas respectivas.

El dominio subbético interno es el más extensamente representado en el área del proyecto, correspondiendo al mismo las series mesozoicas de las sierras del Caillo, El Endrinal, sierra de Ubrique y sierras - de Montejaque-Cortes (Los Pinos, Libar, Mojón Alto, - Montalate, Blanquilla, El Palo y Juan Diego).

A pesar de las posibles diferencias en la potencia del Jurásico y Cretácico entre los distintos sectores ya aludidas, se ha tratado de proporcionar una serie suficientemente representativa del conjunto subbético interno a efectos hidrogeológicos.

Tan solo en el caso de la "Unidad del Peñón - Grande" se ofrece una descripción estratigráfica por separado, por considerar que sus diferencias con las restantes series del subbético interno son más sensibles.

La serie general del subbético interno presenta la siguiente secuencia, de más antiguo a más moderno:

- Triásico: Constituido por un tramo basal de arcillas, margas y limos de colores abigarrados, localmente con algunos niveles de areniscas y a techo y de forma local intercalaciones de calizas oscuras tableadas. Por tránsito gradual se pasa a carnio las con intercalaciones de margas y arcillas blancas, rojas y verdes, apizarradas. El conjunto puede superar en ocasiones los 350 m. En el área del Proyecto, no obstante, los únicos afloramientos existentes son los de la Sierra del Caillo, en los que se observan solo 50-100 m. de arcillas rojas, rosadas y verdes, con yesos poco abundantes e intercalaciones de areniscas amarillentas discontinuas.

- Jurásico: El Jurásico del subbético interno es fundamentalmente calizo y da lugar a las importantes alineaciones montañosas ya reseñadas, entre las que se encajan estre-

chos valles que suelen corresponder a los tramos margosos del Cretácico. La mayor parte de estas series calizas ha perdido sus planos de estratificación y presentan aspectos masivo y homogéneo.

- El Lías: aparece representado por un tramo basal de dolomías (100-150 m) y un conjunto de calizas micriticas y calizas oolíticas de color beige, masivas, cuya edad puede llegar al límite superior del Dogger. (350-400 m). Este conjunto inferior calizo-dolomítico puede presentar por tanto una potencia comprendida entre 450 y 550 m. Su nivel basal dolomítico solo aflora en el sector, de forma incompleta, junto al Trías de la Sierra del Caíllo y en las inmediaciones de la Cueva de la Pileta.

- El Jurásico Superior: Está representado por 50-150 m. de calizas nodulosas rojas y grises y calizas micriticas beige.

La estratigrafía de estos niveles varía según las distintas zonas, tal como se adelantó. Así, 2 km. al E de Villaluenga del Rosario aparecen los siguientes tramos:

- Mas de 60 m. de calizas grises masivas con crinoides y calizas oolíticas blancas (Dogger).

- 10 m. calizas nodulosas brechoides y rojas (Malm)
- 15 m. calizas grises en bancos (Malm)
- 5 m. calizas brechoides y nodulosas (Malm-Cretácico inferior)
- 10 m. calizas brechoides y nodulosas (Cretácico inferior).

En la mayor parte de los sectores restantes en las que aflora el techo del Jurásico -- (sierras de Montejaque, Libar, Benaoján...) la serie jurásica finaliza con un único tramo de 10 m. de calizas nodulosas (Malm) y calizas brechoides rojas y blancas, al cual se superpone un tramo de 10-30 m. de calizas grises micríticas (con superficies de hard ground a techo) que pueden llegar hasta el Cretáceo inferior.

En definitiva las series del Jurásico superior de Villaluenga del Rosario constituyen una singularidad en el Subbético interno, y podrían representar el subdominio septentrional antes aludido, en el que una mayor subsidencia habría posibilitado mayor desarrollo de la serie Jurásica.

- Cretácico: Dentro de este dominio el Cretácico inferior aparece escasamente desarrollado, limitándose la mayor parte de las veces al tramo de 10-30 m. de calizas brechoides y micríticas -

cas solidario de la serie Jurásica. Solo en ocasiones aparece un tramo de 0-60 m. de margocalizas, calizas y margas blancas (Albense-Cenomanense), que se acuña de las regiones surorientales a las Noroccidentales, llegando a desaparecer en el sector de Villaluenga del Rosario, donde las capas rojas descansan directamente sobre calizas nodulosas del Neocomiense.

El Cretácico superior se encuentra representado por la formación denominada "capas rojas", de potencia variable pero con gran constancia de facies, cuya edad puede abarcar desde el Cretácico hasta el Eoceno. En los afloramientos existentes en el área no llega a observarse la serie completa por estar limitada por contactos mecánicos a techo y/o muro. Cerca del sector, al suroeste de Ronda, llega a superar los 300 m. de potencia, constituida por cinco tramos de calizas y margocalizas rosadas y grises de 15-20 m. de espesor cada uno, separados por otros tantos tramos arcillo-margosos de colores similares y 30-60 m. de espesor.

- Terciario: Como ya se ha dicho las capas rojas se prolongan hasta el Eoceno. El resto de la serie terciaria del subbético interno es poco conocida y existen escasas referencias en es

te sector.

La serie del Suroeste de Ronda ya mencionada, se continua con los siguientes términos, de muro a techo:

- 40-50 m. de margas blancas y grises -
(Eoceno)
- 30 m. de margas y arcillas verdes y rojas (Eoceno)
- 15 m. de flysch arenoso con bancos de areniscas amarillenta (Oligoceno)
- 30-40 m. de arcillas rojas y verdes

En las proximidades de Villaluenga del Rosario afloran los tramos basales de esta serie, en posición estratigráfica claramente superior a las "capas rojas" aunque no hay continuidad de afloramientos entre ambos conjuntos.

Al SW de Jimera de Líbar y al E de Cortes de la Frontera se encuentran, a techo de las margas eocenas, areniscas groseras de color pardo-rojizo y arcillas multicolores, de características flyschoides, cuya edad puede llegar del Oligoceno al Mioceno inferior.

Se definen a continuación los rasgos estratigráficos más sobresalientes de la Unidad del Peñón Grande que como se dijo es análoga a la del Subbético interno pero con ciertas variaciones.

Los materiales triásicos de su base afloran al pie de los relieves del Peñón Grande y del Salto del Cabrero, con facies análogas a las del Subbético interno ya descritas.

El lías presenta un potente tramo basal de dolomías (se han observado más de 200 m.) y el resto de la serie Jurásica está constituida por calizas masivas, micríticas u oolíticas similares a las del Subbético interno.

Bajo la superficie de cabalgamiento de la Sierra del Endrinal se observan, sobre los niveles anteriores, unos 60 m. de calizas bechoi-des y nodulosas, calizas micríticas con silex abundante y calizas esparíticas, entre las -- que se intercalan a techo diversos tramos margosos de 2-3 m. de espesor, de edad Jurásico superior-Cretácico inferior. Sobre estos niveles se superponen directamente, por último:

- Más de 100 m. de arcillas y margas rojizas y verdes, que comprenden edades desde el - Cretácico superior al Oligoceno, aunque con facies algo distintas a las típicas capas rojas.
- 60-80 m. de flysch arcillo-arenoso, con - predominio de arcillas marrones y capas o bancos de areniscas marrones o amarillen - tas.

4.3.4.- Subbético Medio.

Constituye los relieves carbonatados que afloran en el sector Noroccidental de area estudiada desde el Sur de El Bosque hasta el suroeste de Zahara (Sierras de Albarracín, Zafalgar, Labradillo y Margari - ta), con la siguiente serie estratigráfica:

- Triásico: Arcillas rojas y verdes con masas dispersas de carniolas y yesos, que afloran al Este de la sierra del Labradillo y aparecen en pequeños retazos ligados a la base de un manto retrocabalgante hacia el sur (al pie de la sierra de Zafalgar) sobre el Trías germano-andaluz.

- Jurásico: Destaca un potente tramo basal calizo-dolomítico del Lías y un tramo así mismo carbonatado aunque con intercalaciones margosas, del Dogger-Malm. En esencia comprende de muro a techo:
 - 250 m. de dolomías breñificadas grises y blancas (Lías)
 - 100-150 m. de calizas oolíticas y micíticas con incrustaciones de sílex y superficie de hard ground a techo (Lías)
 - 100-200 m. de calizas grises-azuladas, margas y margocalizas (Dogger)
 - 30 m. margas y nivelillos de calizas con sílex con nivel de calizas nodulosas rojas a techo. (Malm).

En la sierra de Albarracín el conjunto Dogger-Malm no supera los 200 m. mientras que en las de Labradorillo y sierra Margarita puede superar los 350- / 400 m. y presenta además mayor abundancia de niveles margosos y margocalizos y una menor proporción de calizas nodulosas.

- Cretácico-Paleoceno: El resto de la serie del Subbético medio es un conjunto muy potente con predominio netamente arcillo-margoso, que con 700-850 m. de espesor aflora extensamente en las laderas occidentales de las Sierras de Albarracín y Margarita. Se distinguen los siguientes tramos:

- 400-500 m. calizas margosas, margocalizas y margas blanco-amarillentas en superficie y grises en corte fresco (Cretáceo inferior)
- 150-200 m. Arcillas, margas y niveles de margocaliza gris-azuladas (Cretáceo superior)
- 150-200 m. Calizas detríticas y margocalizas grises (Paleoceno)

4.3.5.- Unidades terciarias tipo Flysch.

Estas unidades presentan secuencias más o menos complicadas de margas, arcillas, calizas y areniscas, con carácter flyschoides.

La descripción detallada de cada una excede los objetivos de este estudio pero conviene resaltar algunas características comunes a todas ellas:

- Los niveles competentes (calizas y areniscas) son minoritarios con un claro predominio espacial y vertical de materiales lutíticos. Los escasos bancos calcáreos no superan espesores de 1-2 m. y alternan con tramos mucho más potentes de arcillas y margas.
- La estructura interna de estas unidades es compleja, y sus relaciones entre si difíciles de establecer y discutidas por los diversos autores, pero siempre quedan en el área a techo o en contacto lateral respecto a las series mesozoicas carbonatadas.
- Abarcan edades comprendidas entre el Eoceno y Mioceno inferior.

Estos rasgos permiten agruparlas en un solo conjunto a efectos de cartografía hidrogeológica, tal como se ha hecho.

Asimismo se incluye la formación de arcillas con bloques, de origen bien diferente, pero que por sus rasgos estructurales, litológicos y de posición relativa tiene las mismas implicaciones hidrogeológicas que el Flysch terciario.

La única unidad con cierta abundancia de niveles competentes es la de Areniscas de Aljibe, que por ello y por su interés relativo en áreas próximas se diferencia del resto en la mencionada cartografía hidrogeológica.

A continuación se resúmen las distintas series de los dos grandes conjuntos diferenciados en la cartografía como "Unidades Terciarias tipo Flysch": Areniscas de Aljibe y Flysch margoarcillosos-Formación de arcillas con bloques.

* Areniscas de Aljibe

Presentan en el área más de 500 m. de espesor, que puede aumentar por repeticiones tectónicas localmente.

Aparecen capas y bancos de hasta 6 m. de areniscas silíceas ocre-amarillentas masivas, con intercalaciones de arcillas marrones que a veces llegan a ser predominantemente (Oligoceno-Mioceno inferior).

* Flysch margo arcilloso y Formación de arcillas con bloques.

El conjunto así denominado en cartografía puede corresponder, según los sectores, a cualquiera de las siguientes unidades:

- Unidad de Algeciras:

Al NE de Montejaque, presenta de muro a techo:

- . Margas y arcillas rosadas y verdes (Eoceno inferior)
- . 150-200 m. de arcillas rojas y verdes con capas de hasta 1 m. de calizas (Eoceno)
- . 100-150 m. arcillas y margas verdes y rojas con niveles de caliza de 0,2-0,5 m. (Oligoceno)
- . Más de 300 m. de arcillas ocre y grises con capas de areniscas de 0,1-0,3 m. (Oligoceno-Mioceno inferior).

- Serie de base de Aljibe:

Aparece en general bajo las areniscas de Aljibe, y presenta 300 m. (que se reducen a veces a unos pocos metros por adelgazamientos tectónicos) de arcillas grises y verdes con capas de calizas detríticas de 0,3-0,5 m. (Eoceno).

- Unidad del arroyo del Marroquí

Consta de dos términos:

- . Margas blancas y grises con niveles de biocalcarenitas de hasta 0,1 m. (Eoceno-Oligoceno)
- . Arcillas y areniscas (Mioceno inferior)

- Formación de arcillas con bloques

Se presenta en varios afloramientos desconectados entre sí, con las siguientes características en los principales:

- . Extremos del corredor del Boyar y N de Grazalema: -
Arcillas rojas , verdes y violáceas, con bloques -
de calizas detríticas, areniscas de Aljibe y arc_i -
llas del Trías germano-andaluz.
- . Inmediaciones de Zahara: arcillas grises y verdes, -
a veces rojas y violáceas, con bloques calcáreos del
Subbético Medio.
- . Este de Villaluenga y E y SE de Montejaque: arcillas
de color marrón y bloques de arenisca marrón y de -
areniscas de Aljibe.

Hay que indicar que mientras algunos autores -
consideran esta formación como un gran complejo tec -
tónico sedimentario que llegaría hasta los olistostro -
mas detectados en sondeos en la fosa del Guadalqui -
vir, otros mantienen una procedencia más local, más
verosimil por contener bloques del entorno regional.
Su edad está comprendida entre el Oligoceno y el -
Mioceno inferior.

4.3.6.- Formaciones postmantos

- Mioceno Superior: Aflora solamente en el sector no -
rorienta, compuesto por conglomerados de cantos y
cemento calcáreos de aspecto masivo, areniscas, cal -
carenitas, arcillas y limos, que se interdentan y -
cambian lateralmente de facies.

Corresponden al relleno de la cuenca miocena - de Ronda, que ha sido objeto en otros proyectos de estudios hidrogeológicos específicos.

- Cuaternario: Se pueden diferenciar varios tipos de sedimentos del Cuaternario, aunque sin entidad para su distinción cartográfica en función de los objetivos del Proyecto.

Cabe destacar dentro del Cuaternario antiguo - las terrazas, ligadas a los cauces de los ríos principales (Guadiaro, Guadalete, El Bosque, Tavizna y Ubrique), en general de poca entidad y diversos afloramientos de travertinos con mayor desarrollo en las laderas occidentales de Sierra Margarita, Albarracín y Silla así como en las septentrionales de Monte - Prieto.

Al Cuaternario reciente pertenecen los numero - sos caudales relacionados con los macizos carbonatados Jurásicos (algunos de ellos espectaculares), coluviones y suelos sobre rocas más blandas y los abundantes deslizamientos de ladera que se observan fundamentalmente en las formaciones arcillosas del Mioceno y en las también arcillosas del Trías, Terciario y Terciario alóctono.

4.4.- Tectónica

En el presente epígrafe se tratan de exponer - los principales rasgos tectónicos y estructurales de - las diversas unidades descritas y sus relaciones en - tre si.

Lo más característico del Triás germano-andaluz es su desorganización interna producida en su desplazamiento por deslizamientos tectónicos gravitacionales. Esta unidad aparece claramente superpuesta por cabalgamiento al N y W del sector sobre las series mesozoicas del Subbético medio y sobre los materiales del Subbético ultrainterno de Sierra del Pinar. Aparece también - bajo serie liásica del Subbético medio, de forma local en el retrocabalgamiento de la Sierra de Zafalgar.

Entre los materiales correspondientes al Subbético ultrainterno destacan las siguientes estructuras:

- El gran anticlinorio incompleto de Sierra del Pinar, convergencia sur y cuyo flanco meridional se halla intensamente fallado y con numerosas escamas de vergencia al sur.
- El sinclinal de la Sierra de Silla, en cuyos extremos N y S la serie carbonatada liásica - aparece volcada hacia el interior de la estructura en forma de hongo invertido. Dicha - disposición puede deberse a procesos diapíricos de la potente serie triásica infrayacente que rodea esta sierra.

- La falla inversa de vergencia sur que desconecta tectónicamente la sierra del Pinar del Flysch del Boyar.

Las sierras de Silla y del Pinar presentan, además importantes fracturas, con dirección predominante ONO-ESE que cuartea en bloques al conjunto carbonatado. El Subbético ultrainterno debió de pasar en su desplazamiento por encima del Subbético interno para posarse entre éste y el subbético medio, siendo posteriormente retrocabalgado por el Subbético medio tal como se observa en la actualidad.

Al Subbético interno corresponden los macizos calcáreos de la mitad suroriental del sector, cuya estructura relativamente sencilla presenta sucesivos pliegues anticlinales y sinclinales orientados de NE a SW, con desarrollo longitudinal de varios kilómetros: sinclinal del río Guadiaro, anticlinal de Montejaque, sinclinal del corrector de Villaluenga, etc.

Dichos pliegues están asociados en sus etapas finales de formación con fallas inversas de vergencia sur (observables, al menos localmente, en algunos sectores del mencionado corredor de Villaluenga), que reflejan fielmente los pequeños pliegues de los niveles plásticos cretácicos en determinados sectores.

El desarrollo de los grandes pliegues queda a su vez trastocado e interrumpido por la fracturación de una etapa distensiva posterior. Estas fracturas - delimitan de una etapa distensiva posterior. Estas - fracturas delimitan en muchos casos los distintos ma_ucizos carbonatados. Así, el extremo noroccidental de la Sierra del Endrinal corresponde a un juego de fallas normales en graderío que hunde el Jurásico bajo materiales terciarios flyschoides. De igual forma el Jurásico del Saltadero se sumerge bajo la localidad de Ubrique con un vistoso sistema de fallas abiertas, perpendiculares a los pliegues. Otras familias de fa_ullas son las de dirección N-S, de gran evidencia car_utográfica, y las de gravedad paralelas a los pliegues que ocasionan numerosas fosas y poljes tectónicos en cuyo fondo afloran las series margosas del Cretácico.

Destaca por último en este dominio la imbrica_ución y cabalgamiento de la Sierra del Endrinal y del Caíllo sobre la Unidad del Peñón Grande.

La estructura del Subbético medio presenta cierta complejidad por la existencia de dos superficies - de retrocabalgamiento al sur de las sierras de Labradillo y Zafalgar, sobre el Subbético ultrainterno de Sierra del Pinar, jalonadas por arcillas triásicas de típica facies germano-andaluza. Las dolomías que se su_uperponen en el pico de Albarracín y en la Sierra del - Labradillo a los materiales del Subbético medio están ligados a estos retrocabalgamientos. Destaca asimismo

la existencia en la Sierra de Albarracín de dos pliegues tumbados vergentes al NW y el gran anticlinorio de Sierra Margarita, en cuyo extremo noroccidental las capas del Jurásico llegan a invertirse.

En el resto de las Unidades tipo Flysch la estructura más destacada son los apilamientos de mantos de corrimiento, cuyo emplazamiento tuvo lugar por tectónica gravitacional, que producen escamaciones y repeticiones de series, superficies de despegue y pliegue disarmónicos.

Con posterioridad al emplazamiento y deformación de las diversas unidades alóctonas ha existido una actividad tectónica esencialmente epirogénica y una fracturación distensiva, que causan dislocaciones en los sedimentos del Mioceno superior, con continuidad hasta el Cuaternario.

5. CLIMATOLOGIA

5.- CLIMATOLOGIA

Para llegar a evaluar los recursos hídricos subterráneos de los acuíferos de la zona, así como su funcionamiento y posible interconexión, es necesario conocer, de forma cuantitativa y cualitativa, los principales elementos climáticos, tales como precipitaciones, temperaturas...etc., a partir de las observaciones puntuales realizadas en las estaciones meteorológicas.

5.1.- Precipitaciones

Se han considerado un total de 29 estaciones pluviométricas localizadas dentro del área y en su periferia, lo que da una densidad de 1 pluviómetro cada 17,5 kilómetros, que se puede considerar satisfactoria ya que la repartición geográfica es bastante uniforme.

Los datos de base se han obtenido de los ficheros del Centro Meteorológico Nacional (Sevilla) y de la Comisaría de Aguas del Sur de España (Málaga), referidos en todos los casos a valores mensuales. Además, y a fin de establecer el balance del año hidrológico 1.983-84, se han recopilado datos de precipitación diaria de 14 estaciones de la zona.

La situación y principales características de las estaciones meteorológicas consideradas se indican en el cuadro nº5.1. La numeración de dichas estaciones se ajusta a la nomenclatura de los organismos a los que pertenecen.

CUADRO 5.1. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS.

	ESTACION		SITUACION		PERIODO OBSERVADO	Nº AÑOS
Nº	DENOMINACION	LONGITUD (W)	LATITUD (N)	ALTITUD m.s.n.m		
911	Grazalema	1°41'	36°45'	823	1960-61/1982-83	23
912	Zahara de la Sierra	1°42'	36°50'	511	"	"
913	Algodonales	1°43'	36°53'	368	"	"
919	Torreahaguime	1°33'	36°55'	484	"	"
920	Olvera	1°36'	36°56'	623	"	"
921	El Gastor	1°38'	36°51'	593	1962-63/1974-75	14
922	Algodonales"La Muela"	1°43'	36°56'	460	1960-61/1982-83	23
927	Villamartín"Sevilla na"	1°58'	36°51'	160	"	"
928	Prado del Rey	1°52'	36°47'	421	1961-62/1982-83	22
929	Arcos (Las Posadas)	1°55'	36°45'	259	1960-61/1982-83	23
931	Bornos	2°03'	36°49'	169	"	"
932	Pantano Bornos	2°05'	36°47'	80	1962-63/1982-83	21
938	Espera "El Chupón"	2°07'	36°50'	90	1960-61/1982-83	23
939	Benamahoma	1°47'	36°46'	420	1961-62/1982-83	22
940	El Bosque	1°49'	36°45'	287	1967-68/1982-83	16
941	Tavizna	1°48'	36°44'	415	1961-62/1982-83	23
943	Villaluenga	1°42'	36°42'	870	1971-72/1980-81	11
944	Benacoz	1°44'	36°42'	793	1961-62/1982-83	22
945a	Ubrique"Sevillana"	1°45'	36°41'	337	"	22
947	Pantano Hurones	1°53'	36°39'	160	1966-67/1982-83	17
032	Ronda	1°28'	36°44'	700	1964-65/1982-83	20
035	Benaoján C. de la Pileta	1°34'	36°42'	720	1960-61/1982-83	23
037	Montejaque	1°33'	36°45'	530	1964-65/1982-83	20
038	Jimera de Libar	1°35'	36°40'	390	1964-65/1982-83	20
039	Cortes"Los Bañuelos"	1°41'	36°34'	560	1961-62/1982-83	22
040	Presa Buitreras	1°42'	36°28'	210	1964-65/1982-83	20
041	Central Buitreras	1°41'	36°28'	220	"	"
042	Central Corchado	1°39'	36°35'	350	"	"
385	Cortes de la Fra.	1°39'	36°37'	623	1977-78/1979-80	3

5.1.1.- Distribución de las precipitaciones.

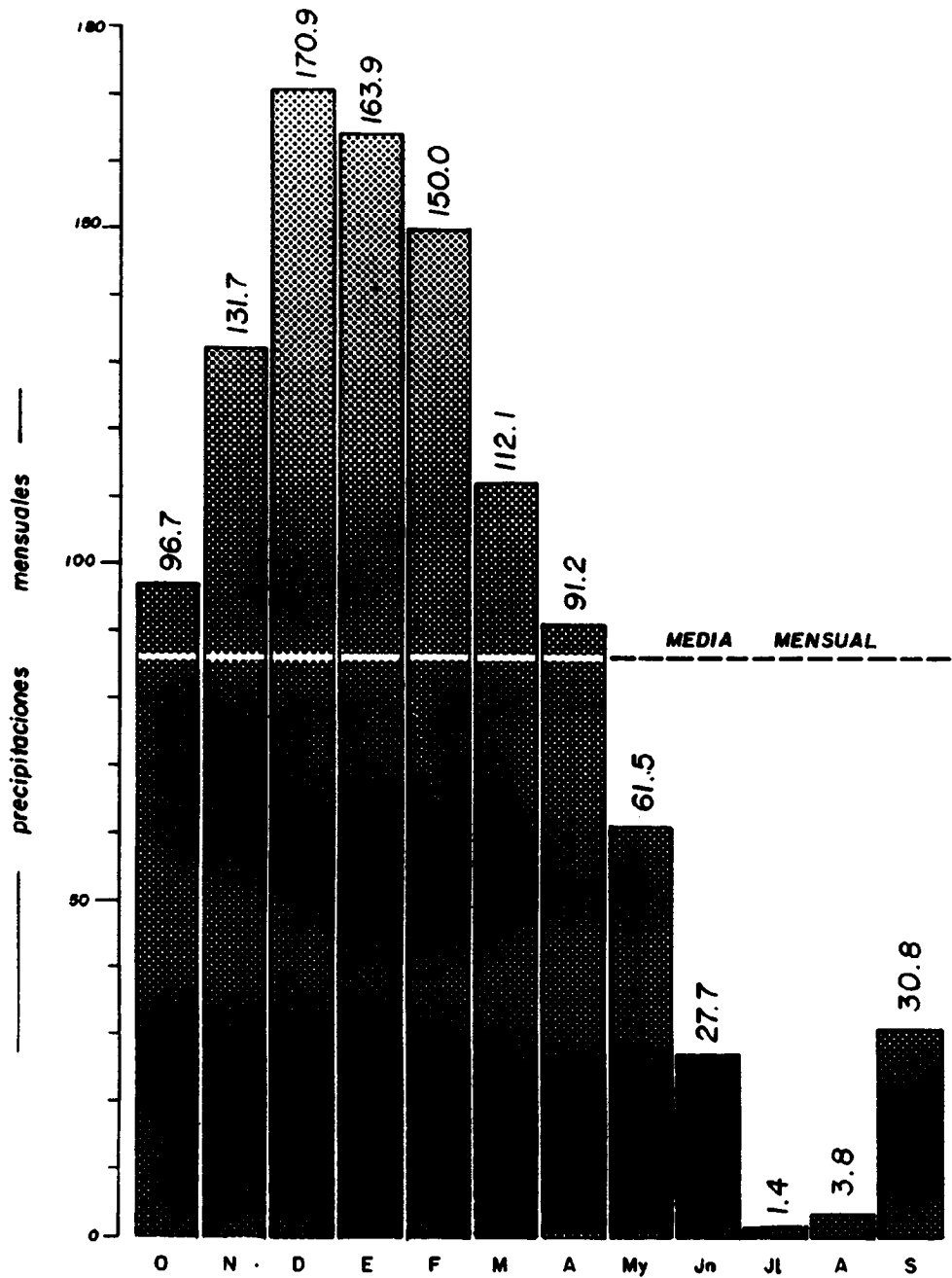
La precipitación media anual para el período considerado (1.963-64/1.982-83) oscila, en las distintas estaciones entre 513mm (Torre-Alhaquime) y 1992 mm (Grazalema).

Con los datos de las 23 estaciones más representativas (cuadro 5.2.) y por la media aritmética de las mismas, se ha calculado la distribución pluviométrica interanual representada en la figura 1.1.

La distribución pluviométrica interanual se caracteriza por la presencia de un máximo absoluto en los meses de Diciembre-Enero y mínimo en los meses de Julio y Agosto. En el primer semestre del año hidrológico tiene lugar el 79% de la precipitación media anual, mientras que entre Abril y Septiembre solo se registra el 21% restante.

5.1.2.- Precipitaciones correspondientes a años secos, medios y húmedos.

En cada una de las estaciones se han considerado únicamente las precipitaciones anuales en aquellos años con datos pluviométricos completos, obteniéndose así una serie de valores para cada uno de ellos.



· DISTRIBUCION INTERANUAL DE LAS PRECIPITACIONES ·

(media de 23 estaciones pluviométricas)

Fig. 5.1.

CUADRO N° 5.2.

PRECIPITACIONES MENSUALES (mm)

ESTACION	N°	OCT.	NOV.	DIC.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	MEDIA ANUAL
GRAZALEMA	911	155,1	242,7	353,1	311,6	298,3	230,8	176,0	123,7	47,5	1,1	6,5	45,7	1.992,0
ZAHARA DE LA SIERRA	912	80,2	131,9	175,5	156,5	131,4	97,4	85,4	53,7	24,7	0,5	4,2	33,3	974,5
ALGODONALES	913	63,7	108,6	123,1	113,9	115,8	87,8	71,7	46,9	24,1	3,2	3,4	39,0	801,1
TORRE-ALHAQUIME	919	49,0	61,7	86,0	79,4	62,9	46,3	59,2	31,8	15,5	0,0	2,7	19,0	513,5
EL GASTOR	921	70,8	106,6	129,3	119,9	111,2	83,1	60,3	58,3	26,1	2,2	3,3	25,7	796,7
LA MUELA	922	52,6	94,6	125,4	100,1	97,2	73,7	57,0	40,1	17,5	1,1	4,3	23,2	686,8
VILLAMARTIN "Sev".	927	58,2	79,0	95,3	84,0	79,9	58,3	52,8	43,3	19,4	1,3	3,5	19,4	594,3
PRADO DEL REY	928	68,9	120,1	140,4	139,6	132,9	98,0	73,5	54,3	32,2	1,5	3,9	37,3	902,4
BENAMAHOMA	939	99,3	167,5	212,3	182,1	163,5	121,9	88,7	63,5	33,6	0,5	4,4	33,2	1170,6
EL BOSQUE	940	84,7	101,2	130,2	144,0	116,3	108,3	91,0	68,2	28,6	0,3	6,2	24,0	903,0
BENAOCAZ TAVIZNA	941	85,3	113,7	162,7	139,0	135,3	103,7	85,2	56,4	25,2	2,0	5,2	29,5	943,2
VILLALUENGA DEL R.	943	172,0	135,0	290,0	297,5	246,2	178,8	172,0	114,0	39,5	0,7	5,6	55,5	1707,3
BENAOCAZ	944	179,9	211,9	257,8	244,0	219,3	184,8	144,5	86,9	45,5	2,0	3,4	39,7	1619,7
UBRIQUE "Sevillana"	945	83,8	148,5	177,0	172,8	172,7	105,4	98,1	54,1	32,9	1,7	4,8	26,8	1078,6
HURONES E.	947	94,6	110,7	142,5	144,5	109,5	99,3	91	64,0	28,1	0,4	3,1	32,9	920,4
RONDA C.E.	032	68,0	82,0	89,0	101,0	91,0	64,0	55,0	33,0	18,0	1,0	5,0	29,0	637,0
BENAOJAN "C.Pileta"	035	133,0	212,0	270,0	245,0	234,0	195,0	114,0	77,0	34,0	2,0	2,0	31,0	1509,0
MONTEJAQUE	037	75,0	67,0	100,0	99,0	101,0	65,0	57,0	32,0	17,0	1,0	1,0	22,0	637,0
JIMERA DE LIBAR CE.	038	95,0	131,0	170,0	177,0	169,0	114,0	83,0	56,0	25,0	1,0	2,0	26,0	1049,0
PRESA BUITRERAS	040	91,0	134,0	160,0	165,0	161,0	111,0	88,0	55,0	24,0	1,0	4,0	26,0	1020,0
BUITRERAS CENTRAL	041	96,0	137,0	190,0	154,0	138,0	101,0	82,0	50,0	25,0	1,0	4,0	26,0	964,0
BAÑUELOS "CORTES"	039	178,0	214,0	256,0	247,0	238,0	201,0	132,0	93,0	36,0	4,0	4,0	40,0	1643,0
CENTRAL CORCHADO	042	91,0	119,0	137,0	152,0	125,0	89,0	79,0	61,0	19,0	2,0	3,0	24,0	902,0

Estas series se pueden ajustar según una ley de distribución, en función de la cual, y mediante la descomposición en bandas de frecuencia, pueden deducirse los intervalos de las precipitaciones anuales correspondientes a años secos, medios y húmedos.

Se han ajustado estas series mediante los métodos de Gumbel y Goodrich cuyos cálculos figuran en el anexo 4

Con los valores obtenidos según el método de Goodrich se han dibujado las curvas de frecuencias correspondientes a la función de distribución teórica de las precipitaciones anuales, para las estaciones más representativas.

En dichos gráficos se han llevado en abscisas los valores correspondientes a las precipitaciones anuales en mm. y en ordenadas las probabilidades correspondientes, tomadas ambas del anexo 4 antes citado. La nube de puntos en torno a las curvas obtenidas representan los valores muestrales de las precipitaciones en cada estación.

Los años secos, medios y húmedos se han deducido en función de intervalos de probabilidad, siendo estos intervalos los siguientes:

<u>Años</u>	<u>Probabilidad</u>
Muy seco	< 0.15
Secos	0.15 - 0.35
Medios	0.35 - 0.65
Húmedos	0.65 - 0.85
Muy Húmedos	> 0.85

A continuación se indican los intervalos de las precipitaciones en mm. anuales correspondientes a años muy secos, secos, medios, húmedos y muy húmedos deducidos del gráfico antes citado:

CUADRO 5.3.

ESTACION METEOROLOGICA	AÑO				
	Muy seco	seco	medio	Humedo	Muy húmedo
Grazalema (911)	< 1511	1511-1673	1673-2246	2246-2772	> 2772
Zahara (912)	< 746	746-832	832-1096	1096-1253	> 1253
Benamahona (939)	< 805	805-950	950-1277	1277-1667	> 1667
El Bosque (940)	< 681	681-774	774-917	917-1087	> 1087
Benaocaz (944)	< 1187	1187-1337	1337-1848	1848-2220	> 2220
Ubrique (945a)	< 716	716-872	872-1187	1187-1438	> 1438
Cueva Pileta (035)	< 997	997-1162	1162-1573	1573-2130	> 2130
Montejaque (037)	< 360	360-499	499-740	740-834	> 834
Jimera de Libar (038)	< 748	748-955	955-1120	1120-1388	> 1388

5.1.3.- Isoyetas

Una vez elaborados todos los datos pluviométricos existentes se ha confeccionado el mapa de isoyetas anuales medias (para el período 1963-83 y el correspondiente al año hidrológico 1.983-84. Partiendo de estos mapas se ha calculado la pluviometría media para el conjunto de la zona y la precipitación media sobre las diferentes unidades consideradas.

En dichos mapas, realizados a escala 1:100.000, queda patente la clara influencia de la topografía. Los máximos pluviométricos absolutos se concentran a lo largo de las elevaciones montañosas, destacando los valores de la sierra del Endrinal, donde en años medios se superan los 2000 mm., lo que supone la mayor pluviosidad de Andalucía.

5.2.- Temperaturas

5.2.1.- Red termométrica

Solo se dispone de datos de 6 observatorios que realicen control de temperaturas, en todo el área estudiada y sus bordes, y esto de forma muy irregular tanto en su distribución espacial como temporal.

En el período 1.963-83, los observatorios de -
Grazalema, Embalse de Bornos y Pantano de los Hu-
rones, son los únicos con serie completa. Los -
cuatro restantes presentan los siguientes perío-
dos de medidas:

	<u>Período</u>	<u>años</u>
- Embalse de Guadalcacín	1940-69	28
- Prado del Rey	1942-50	8
- Ubrique	1943-69	23

Las estaciones de Prado del Rey, muy incompleta,
y Guadalcacín, muy próxima a la de los Hurones, se
han desestimado, considerandose válidos los datos
de las cuatro estaciones restantes. La densidad de
la red utilizada es de 1 termómetro cada 126 kiló-
metro cuadrados.

5.2.2.- Temperaturas medias

En el cuadro 5.4. se indican las tempera-
turas medias mensuales y anuales para el período
considerado.

La temperatura media del mes más cálido -
(Agosto)varía entre 24,2 y 26,6°C, y la del mes -
más frío (Enero) entre 8,1 y 10,4°C, oscilando -
las temperaturas extremas entre 35 y 5°C.

CUADRO 5.4.

ESTACION	ALTTIUD m. s. n. m.	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	MEDIA ANUAL
GRAZALEMA	823	16.2	11.6	8.2	8.1	9.0	11.0	12.4	16.5	23.0	25.0	25.1	21.0	15.6
P. BORNOS	80	19.1	14.4	11.1	11.1	12.0	13.7	15.5	19.1	22.7	26.1	26.6	24.2	18.0
P. HURONES	160	18.0	13.6	10.3	10.2	11.0	12.4	13.8	17.3	20.6	24.4	25.0	22.2	16.6
UBRIQUE	337	18.0	13.8	10.6	10.4	10.3	13.0	14.5	17.6	20.9	24.0	24.2	21.6	16.5

Todo el área se encuentra comprendida entre las isotermas de 15 y 18°C.

5.3.- Evapotranspiración y lluvia útil

5.3.1.- Evapotranspiración potencial (ETP)

El cálculo de la evapotranspiración potencial se ha realizado, para las cuatro estaciones termopluviométricas de la zona, siguiendo el método de Thornthwaite. Los resultados obtenidos quedan reflejados en el cuadro 5.5.

CUADRO 5.5.
EVAPORACION POTENCIAL (THORNTHWAITTE)

ESTACION	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (mm)												ANUAL
	OC	NO	DI	EN	FB	MA	AB	MA	JN	JL	AG	SP	
GRAZALEMA	61	31	15	21	20	37	49	81	118	169	158	99	859
P. BORNOS	73	38	20	21	23	40	56	91	125	157	147	111	902
P. HURONES	70	36	20	23	25	34	53	83	106	145	143	102	840
UBRIQUE	67	38	22	23	23	40	53	84	111	142	137	99	839

5.3.2.- Evapotranspiración Real (ETR)

Para el cálculo de la evapotranspiración -- real se han empleado los métodos de Thornthwaite, Coutagne y Turc.

A) Método de Thornthwaite

Se basa en un balance hídrico del suelo, -- mes a mes en el que se consideran la reserva de -- agua utilizable por las plantas la precipitación - caída y la evapotranspiración potencial.

En la zona de estudio se ha calculado la ETR para los valores distintos de reserva de agua del suelo o reserva útil:

- 10 mm. - Se considera representativo de aquellos macizos calcáreos carentes de suelo.
- 50 mm. - Este valor se le asigna a los materiales con escaso desarrollo de suelos y permeabilidad baja, representados en el sector.
- 75 mm. - Valor asignado al resto de los materiales, con mejor desarrollo de suelos y predominio de margas y arcillas.

B) Métodos de Coutagne y Turc

Coutagne (1954) y Turc (1955) proponen sendas fórmulas empíricas para el cálculo de la ETR basados en los valores anuales de precipitación y temperatura.

Ambos métodos presentan el inconveniente de que no tienen en cuenta la distribución de las precipitaciones a lo largo del año, por ello solo se ha utilizado para obtener un contraste con el método de Thornthwaite.

El cuadro 5.6. recoge los valores anuales de ETR obtenidos por los tres métodos en las 4 estaciones termopluviométricas consideradas.

CUADRO 5.6.
EVAPOTRANSPIRACION REAL

ESTACION	METODO					
	THORNTHWAITE		TURC		COUTAGNE	
	ETR	%P	ETR	%P	ETR	%P
GRAZALEMA	425	21,3	812	40,7	663	33,3
E. BORNOS	436	61,5	607	85,6	557	78,6
E. HURONES	464	50,0	676	73,4	649	70,5
UBRIQUE	397	36,8	723	67,0	705	65,3
M E D I A S	430,5		704,5		643,5	

La disponibilidad entre las cifras obtenidas, por cada uno de los métodos empleados, es muy notoria, especialmente entre las del método de Thornthwaite con los otros dos, por lo que convendría hacer algunas consideraciones:

- De la misma definición de evapotranspiración por Thornthwaite, se deduce que la aplicación de su método para materiales carbonatados es poco recomendable ya que, tanto el suelo como las plantas están ausentes en amplios sectores.
- Los métodos de Turc y Coutagne no tienen en cuenta la distribución interanual de las precipitaciones y por ello un incremento en la precipitación anual se traduce en un aumento en igual proporción de la ETR, lo cual no es exacto, especialmente en zonas, como la estudiada, donde dicho incremento se produce en invierno.

5.3.3.- Lluvia útil

- La lluvia útil representa el agua de precipitación que escapa a la evapotranspiración y, bien discurre sobre el terreno, o bien se infiltra en él. Constituye los recursos potenciales totales que, en principio, son susceptibles de regulación por el hombre.

Al estar la zona estudiada constituida en su mayor parte por terrenos kársticos y - además, con un elevado porcentaje de cuencas endorréicas, la lluvia útil corresponde en un elevado porcentaje a esorrentía subterránea.

El cálculo de lluvia útil para la zona se ha efectuado por diferencia entre la pluviometría y la evapotranspiración real por - lo que los valores obtenidos estarán sujetos a las mismas objeciones que se hicieron al - hablar de la determinación de la ETR por los distintos métodos.

5.3.4.- Cálculo de la infiltración por el método de Kessler

El método Kessler (1958, 1965) se basa en el hecho de que en las regiones Kársticas con clima templado, la infiltración anual, que puede variar entre el 7 y el 70% de la precipitación, depende fundamentalmente de la lluvia -

caída en los cuatro primeros meses del año, y en menor grado, de los cuatro últimos del año anterior.

En el cuadro 5.7. se reflejan los datos obtenidos por este método para la estación de Grazalema, representativa del área estudiada.

El proceso de cálculo es el siguiente:

1°- Cálculo porcentual de la relación P_e/P , - siendo P_e la precipitación habida en los - meses eficaces en producir recarga (en este caso los 4 primeros meses del año), y P la pluviometría total del año.

2°- La relación P_e/P conseguida, con el sumando $\pm K$ se lleva a la curva de la Fig. 5.2.

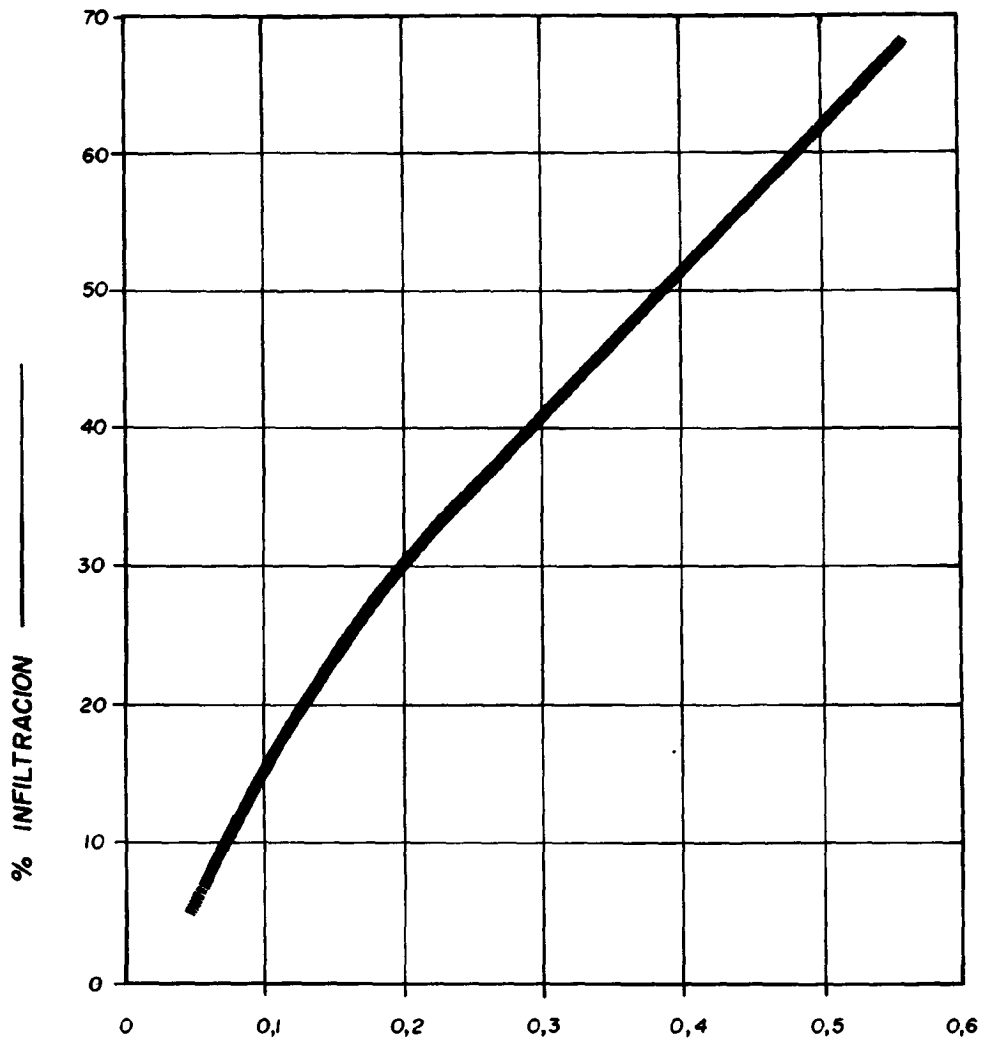
K es un factor de corrección y es función de un valor X tal que:

$$X = \frac{P_a - \bar{P}_a}{\bar{P}_a}$$

(puede ser + ó -) P_a : Precipitación de - los valores de los cuatro últimos meses del año ante - rior.

\bar{P}_a : Precipitación media (de los cuatro últimos meses del año - anterior) para la - serie de años consi - derado.

· CURVA INFILTRACION KESSLER ·



$P_e / P \pm K$ (mm).

X	K
0 - 0.05	0.00
0.05 - 0.15	0.01
0.15 - 0.25	0.02
0.25 - 0.35	0.03
0.35 - 0.45	0.04
0.45 - 0.55	0.05
0.55 - 0.60	0.07
0.60 - 0.65	0.10
0.65 - 0.70	0.13
> - 0.70	0.15

Fig. 5.2.

CUADRO N°5.7

CALCULO DE LA INFILTRACION POR EL METODO DE KESSLER EN LA ESTACION DE GRAZALEMA

AÑO	Pe	P	Pe/P	Pa	- Pa	$\frac{X}{Pa - \bar{Pa}}$	K	$\frac{Pe}{Pt} + K$	% INFILTRAC.
60-61	521,5	1824,9	0,286	1006,9	941	0,07	0,01	0,296	41
61-62	1159,0	2711,5	0,427	1449,4	"	0,54	0,05	0,477	59
62-63	2561,5	3825,8	0,669	1069,0	"	0,146	0,01	0,679	-
63-64	1068,9	2809,4	0,380	1615,8	"	0,71	0,15	0,530	65
64-65	913,8	1680,8	0,544	724,2	"	-0,23	-0,02	0,524	64
65-66	1627,0	2768,6	0,588	1063,0	"	0,13	0,01	0,598	-
66-67	2462,5	3318,4	0,742	703,9	"	-0,25	-0,02	0,722	-
67-68	1049,1	1684,5	0,623	507,2	"	-0,46	-0,05	0,573	69
68-69	1759,3	2734,6	0,643	850,9	"	-0,09	-0,01	0,633	-
69-70	1566,2	-	-	-	"	-	-	-	-
70-71	1371,1	-	-	-	"	-	-	-	-
71-72	1334,5	1739,0	0,767	312,9	"	-0,67	-0,13	0,637	-
72-73	612,0	1728,8	0,354	820,3	"	-0,13	-0,01	0,344	41
73-74	-	-	-	482,2	"	-0,49	-0,05	-	-
74-75	982,4	-	-	-	"	-	-	-	-
75-76	986,9	1414,1	0,698	279,4	"	-0,70	-0,13	0,568	68
76-77	1113,6	3179,6	0,350	1901,6	"	1,02	0,15	0,500	62
77-78	1323,5	2525,2	0,524	920,2	"	-0,02	-0,00	0,524	65
78-79	-	-	-	947,3	"	0,007	0,00	-	-
79-80	-	-	-	-	"	-	-	-	-
80-81	1581,3	-	-	1176,0	"	-	-	-	-
81-82	130,7	1210,7	0,108	991,5	"	0,05	0	0,108	17
82-83	669,7	1767,3	0,379	1058,1	"	0,12	0,01	0,389	51
% INFILTRACION MEDIA.....									55,0

Los valores de X y K se relacionan se -
gún los intervalos reseñados en la Fig.5.2.

Siguiendo el proceso indicado, y como -
puede verse en el cuadro 5.7. se llega a un va -
lor de infiltración del 55%.

La aplicación de este método estaría -
restringida a las zonas muy permeables y con -
un mayor desarrollo de la Karstificación, no -
siendo válida en acuíferos menos permeables (tér-
minos carbonatados del Jurásico Superior).

6. RECURSOS HIDRICOS TOTALES

6.- RECURSOS HIDRICOS TOTALES

6.1.- HIDROLOGIA SUPERFICIAL

El río Guadalete tiene una longitud de 167 km. entre la cota 1020 y su desembocadura en el mar en las marismas de Puerto Real.

La Superficie de cuenca es de 3359 km² y la aportación media de 650 Hm³/a. Ello representa un caudal unitario de aproximadamente 0,2 Hm³/km².

Si bien algunos datos se referiran a la totalidad de la cuenca el límite de nuestro estudio lo representarán el embalse de Bornos en el río Guadalete y el del Guadalquivir en el Majaceite.

En la cuenca del Guadiaro el estudio ha abarcado hasta la estación de aforos E-1 con una aportación media de 366 Hm³/año.

El río Guadiaro nace en la cota 1370 m. en la Serranía de Ronda y la estación E-1 está en la cota de 180 m. Aguas abajo de esta estación se le unen los ríos Genal y Hozgarganta como principales afluentes. Aguas arriba solo hay que destacar el río Guadalquivir a la altura de Ronda.

En el cuadro nº6.1. puede verse la superficie de las cuencas vertientes al Guadalete. Las que corresponden a la zona del estudio son las siguientes:

- Alto Guadalete (hasta confluencia con el Guadalporcún).....	256 Km ²
- Alto Guadalete (hasta confluencia con el Majaceite).....	1660 Km ²
- Río Ubrique.....	165 Km ²
- Río Majaceite (hasta confluencia con el - Ubrique).....	160 km ²
- Río Majaceite (entre Ubrique y Guadalete)...	424 km ²
TOTAL GUA Dalete (hasta su confluencia)	1660 Km ²
TOTAL MAJACEITE (hasta su confluencia)	750 Km ²

CUADRO 6.1.

SUPERFICIE DE LAS CUENCAS
(CUENCA DEL GUA DALETE)

Río Guadalete hasta confluencia con Río Majaceite	1660 km ²
Río Majaceite hasta confluencia con Río Ubrique	160 km ²
Río Ubrique	165 km ²
Río Majaceite entre Río Ubrique y Río Guadalete	750 Km ²

6.2.- Aportaciones Naturales

En el I.R.H. se restituyeron las series de -
aportaciones naturales de las estaciones de aforo -
más significativas de la cuenca del Guadalquivir pe-
ro no figura ninguna de las del Guadalete. Por ello
en esta cuenca se utilizan los datos posteriores del
P.H.G. 1983 únicamente. Por el contrario en la cuen-
ca del Guadiaro se restituyeron las series de las es-
taciones E-1, E-29, E-30 y E-33.

Las aportaciones naturales de estas cuencas -
se incluyen en el cuadro nº6.2.

CUADRO 6.2.

	APORTACION MEDIA		SUPERFI- CIE. 2 Km ²	COTA m s.n.m.
	Hm ³ /a	m ³ /s		
E-29 R.GUADELEVIN	22,5	0,71	66	710
E-30 R.GADUARES	50,7	1,60	35	440
E-33 R.GUADIARO	276,6	8,77	471	340
E-1 R.GUADIARO	365,9	11,59	572	180

Sin tener en cuenta la aportación del Guadalevín las superficies y aportaciones de los distintos tramos de cuenca serían las siguientes:

	<u>SUPERFICIE</u> Km ²	<u>APORTACION</u> Hm ³ /a
E-33 (menos E-29 y E-33)	370	203.4
E-1 (menos E-33)	101	89.3

En la cuenca del Río Guadalete los datos más fiables corresponden a las series utilizadas para el cálculo de los embalses. Así en los tramos que nos interesan se puede establecer el siguiente cuadro de recursos superficiales (Cuadro nº6.3.)

CUADRO 6.3.

	SUPERFICIE CUENCA (Km ²)	AP. MEDIA Hm ³ /año	APORTACION mm	COEF. ESCORREN- TIA.
BORNOS	1361	257,2	189	0,22
HURONES	286	132,5	463	0,36
GUADALCACIN	682	229,3	336	0,31
GUADALETE (TOTAL)	3357	650,1	194	0,23

6.3.- Contraste Precipitación - Aportaciones. Coeficiente de escorrentía.

En la Cuenca del Guadalete se dispone de algunos contrastes Precipitaciones-Aportaciones entre sacados del Avance 80.

Son los correspondientes a las cuencas de los embalses de Bornos en el Guadalete y Guadalcaín en el Majaceite. En ambos casos los ajustes son buenos y los coeficientes de escorrentía arrojan una cierta variación que se acentúa en los valores extremos.

En la Cuenca del Guadiaro se ha dispuesto de los datos del período 65-66 a 75-76 (11 años) que se incluyen en el Anejo. 4.

El resumen de todos los datos se incluyen en el cuadro nº6.4.

En todos los casos se observa un crecimiento del coeficiente de escorrentía paralelo al crecimiento de las precipitaciones. La escorrentía es mayor incluso porcentualmente cuando aumentan las precipitaciones.

Hay que destacar también la fuerte irregularidad de estos parámetros. En las precipitaciones el índice oscila entre 2 y 3, pero en las aportaciones crece hasta 22 en el caso del río Majaceite. En

cualquier caso se observa una regularidad mucho mayor en las estaciones del río Guadiaro.

En cuanto a los coeficientes de escorrentía, destaca el valor de la Cueva del Gato que corresponde al drenaje de una cuenca prácticamente endorreica, con un valor medio del 64% y un máximo que llega al 92%. El más irregular sigue siendo el Majaceite con valores que oscilan entre el 6 y el 58%. A destacar en conjunto los valores de la cuenca del Guadiaro 50% que prácticamente doblan a los valores medios del Guadalete 22% y del Majaceite, 27%.

CUADRO 6.4.

	PRECIPITACION			APORTACION			COEF. ESCORRENTIA		
	<u>MAXIMO</u>	<u>MINIMO</u>	<u>MEDIA</u>	<u>MAXIMO</u>	<u>MINIMO</u>	<u>MEDIA</u>	<u>MAXIMO</u>	<u>MINIMO</u>	<u>MEDIA</u>
GUADALETE (Bornos)	1772	620	1060	574	72	257	0,32	0,11	0,22
MAJACEITE (Guadal- cacín)	1704	560	1115	992	45	350	0,58	0,06	0,27
GADUARES (Cueva del Gato)	1804	823	1365	1571	505	880	0,92	0,50	0,64
GUADALEVIN	954	530	704	177	85	127	0,24	0,15	0,18
GUADIARO Presa Buitrera	1853	604	1077	829	187	457	0,76	0,24	0,42
GUADIARO Central Corchado	1785	654	1088	973	230	553	0,86	0,31	0,50

6.4.- Año Hidraulico 1.983-84

6.4.1.- Escalas y aforos directos

Como aportación fundamental del Proyecto se dispone de los datos de caudales de una serie de puntos a lo largo del año hidráulico 1.983-84. Ello se ha conseguido tras la realización de una serie de aforos y la instalación de escalas a la salida de los principales manantiales y en los cauces más importantes.

Estos datos han sido posteriormente comparados con los de las estaciones fijas del MOPU colocados aguas abajo y con la pluviometría, asimismo diaria, tomada en las estaciones más representativas, en el mismo período.

En el cuadro nº6.5. puede verse la relación de escalas instaladas y de los puntos en que se han realizado aforos.

Los aforos se iniciaron en el verano de 1.983 a fin de disponer de datos del final del estiaje y las medidas se han finalizado el 31 de octubre de 1.984 antes del inicio del período de lluvias.

Muchas de las escalas se han visto sometidas a una serie de vicisitudes que en algunos casos han

invalidado los resultados. En cualquier caso la periodicidad quincenal de los aforos hace de que se disponga de datos suficientemente válidos para la escala del trabajo.

En el Anejo n°3 se incluyen las Tablas de Gastos, y las Curvas de Gastos y por tanto las medidas diarias de caudal en las escalas.

En 10 de las escalas instaladas ha sido posible el establecimiento de curvas de gastos con coeficientes de correlación aceptables, e incluso muy buenos, que van desde 0,862 a 0,995 las ecuaciones correspondientes se incluyen en el cuadro n°6.6.

CUADRO 6.5.
ESCALAS INSTALADAS

		FECHAS		
		1 ^{er} AFORO	ESCALA	FINAL MEDIDAS
1	R.BOSQUE(El Ponton)	JUNIO 83	1 DIC	31 OCT 84
2	MARTINETE		9 NOV	31 OCT 84
3	TAVIZNA	JUNIO 83	1 NOV	30 JUNIO
4	ARROYOMOLINOS 1	JULIO 83	1 NOV	30 JUNIO
5	ARROYOMOLINOS 2	JULIO 83	1 NOV	21 MAYO
6	BOCALEONES	JULIO 83	1 NOV	31 JULIO
7	GUADALETE-ZAHARA	DIC. 83	1 DIC	31 JULIO
8	GUADALETE VENTAS NUEVAS	JUNIO 83	1 DIC	31 OCT.
9	GUADALETE LA TERRONA	NOV. 83	1 DIC	31 OCT.
10	GUADIARO 1		10 DIC	31 OCT.
11	CUEVA DEL GATO	JUNIO 83	9 ENE	25 JULIO (sigue la del MOPU)
12	GUADIARO 2		10 NOV	31 OCT.
13	EL EJIO	JUNIO 83	10 NOV	31 OCT.
14	GUADIARO 3	NO POSIBLE		-
15	CORNICABRA	JULIO 83	1 NOV	30 JUN
16	BENAFELIZ	JULIO 83	1 NOV	31 OCT.
17	R. UBRIQUE	JUNIO 83	-	-
18	EL CHORREADERO	-	17 MARZ.	31 OCT.
19	EL SALTADERO (Ubrique)	23 FEB 84	1 MARZ	31 OCT.
20	EL HONDON	MAYO 84	-	-
21	EL GORITO	MAYO 84	-	-
22	ESPARRAGOSILLA	MAYO 84	-	-

CUADRO 6.6.
ECUACIONES CURVAS DE GASTOS

ESTACION DE AFORO.	ECUACION	COEF. CORRELA.	CAMPO DE VALIDEZ
BOSQUE	$Q = 2019.562 + 1540.174Lnh$	0.001	$0.32 < h < 1$
MARTINETE	$Q = 1130.549 + 559.360 Lh$	0.992	$0.15 < h < 0.54$
GUADALETE (Ventas Nueva)	$Q = 18664.887 h^{3.236}$	0.828	$0 < h < 0.60$
GUADALETE (La Terrona)	$Q = 9696.711 h^{2.350}$	0.900	$0 < h < 0.60$
GUADIARO	$Q = 4395.062 h^{1.934}$	0.866	$0 < h < 0.70$
CUEVA DEL GATO	$Q = 13.604e^{10.610h}$	0.969	$0.24 < h < 0.48$
EL EJIDO	$Q = 2330.231 h^{0.645}$	0.908	$0 < h < 1$
BENAFELIZ	$Q = 198.864 h^{7.193}$	0.896	$0 < h < 1$
EL SALTADERO	$Q = 121.290 h^{0.592}$	0.862	$0 < h < 0.60$
EL CHORREADERO	$Q = 797396.648 h^{4.114}$	0.995	$0 < h < 0.15$

h = altura de las escalas

Por el contrario en otras escalas, debido a -
variaciones importantes en la geometría de los cau -
ces, no ha sido posible el establecer la correspon -
diente curva de gastos.

Esto es lo que ha ocurrido en los puntos si -
guientes:

- R. Tavizna
- Arroyo Molinos
- Bocaleones
- Guadalete en Puente Zahara
- Cornicabra

La escala de Arroyo Molinos 2 fue destruida -
por un avalanche el 21 de Mayo de 1.984. Asimismo la
escala del R. Ubrique fue arrastrada 3 veces consecu-
tivas por las aguas optándose por efectuar únicamen -
te aforos directos.

En algunos puntos, que se incorporaron tardíau-
mente a la red de medidas, no se ha instalado escala
y únicamente se han realizado aforos directos. Son -
los siguientes:

- La Esparragosilla
- El Hondón
- El Gorito

Las estaciones de aforo instalada corresponden a dos grupos. Unos están ubicados a la salida de manantiales, y por tanto toda la aportación es subterránea, y otras están ubicadas en cursos de agua más o menos alejados de las emergencias.

Entre las que disponen de datos completos corresponden a manantiales las siguientes:

- En la Cuenca del Guadiaro : - Cueva del Gato
- El Ejio
- En la Cuenca del Guadalete: - El Chorreadero
- Benafeliz
- El Saltadero

Las estaciones situadas en ríos son las siguientes:

En la Cuenca del Guadalete:

- El Martinete, muy cerca y aguas abajo del manantial de Benamahoma.
- Río Bosque, aguas abajo de la anterior
- Río Guadalete, en Ventas Nuevas, a la salida de la Unidad de Grazalema.
- Río Guadalete, en La Terrona, aguas abajo de la anterior.

En la Cuenca del Guadiaro:

- Guadiaro 1, antes de la salida de la Cueva del Gato.

Se ha dispuesto además de los datos también -
diarios de una serie de estaciones situadas aguas aba
jo y que permiten acotar los resultados para el mismo
año hidráulico:

- En la Cuenca del Guadalete:

Entradas en los embalses de Bornos(Guadalete) y los
Huronos (Majaceite)

- En la Cuenca del Guadiaro:

Dos estaciones aguas abajo de las emergencias: Presa
Buitreras y Central Corchado.

6.4.2.- Contraste precipitación-aportaciones

En el apartado 6.3. se incluye el contraste --
precipitación aportaciones para una serie larga y obo
teniéndose los coeficientes de escorrentía para años -
medios, secos y húmedos.

Dentro del año hidráulico 83-84, y con objeto
de ver qué relación y que expresión matemática existe
entre precipitación y aportaciones se ha tratado de -
ajustar una curva potencial para 3 estaciones signifii
cativas.

Para el ajuste de esta curva potencial se han tomado como datos de partida la precipitación total en un mes y el caudal medio mensual. Se han desechado los meses de estiaje ya que no resultan fiables para la obtención del ajuste. Esta se ha llevado a cabo en los observatorios meteorológicos y secciones de aforo que a continuación se relacionan:

	<u>OBSERVACIONES METEOROLOGICAS</u>	<u>SECCIONES DE AFORO</u>
1	BENAMAHOMA (939)	BOSQUE EN EL PONTON
2	GRAZALEMA (911)	GUADALETE EN VENTAS NUEVAS
3	GRAZALEMA (911)	GUADIARO CORCHADO

Obteniéndose las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} 1 \quad Q(L/S) &= 579,576 [P(mm/mes)]^{2,360 \times 10^{-3}} \quad \gamma^2 = 0,806 \\ 2 \quad Q(L/S) &= 136,750 [P(mm/mes)]^{3,267 \times 10^{-3}} \quad \gamma^2 = 0,985 \\ 3 \quad Q(m^3/seg) &= 4,654 [P(mm/mes)]^{3,287 \times 10^{-3}} \quad \gamma^2 = 0,937 \end{aligned}$$

Con un campo de validez $P \geq 100$ mm/mes

El trazado de las curvas y los datos con los que se ha elaborado figuran en el Anejo nº4.

6.4.3.- Aportación y Déficits de escorrentía

A fin de establecer el balance hídrico se expone en primer lugar los valores de las precipitaciones representativas (Cuadro 6.7.)

CUADRO 6.7.	O	N	D	E	F	M	A	M	J	X	A	S
GRAZALEMA (911)	5,8	558	463.7	123	108.3	447.4	32.2	313.7	59.3	0	9	0
ZAHARA DE LA SIERRA (912)	0	261	188.5	58	42	127.5	20	154	0	0	0	0
VILLAMARTIN"SEVILLANA" (927)	2,8	195,4	102.6	20.7	45.1	76.8	21.2	64.2	3.1	0	0	10.2
PRADO DEL REY (928)	0	199.5	103.5	52	47	72.5	18.2	126.8	5.5	0	3.5	0
BENAMAHOMA (939)	0	349.0	271	147	45	197.5	47.5	219	30	0	3	0
UBRIQUE"SEVILLANA" (945a)	1,2	387.1	231.7	79.7	47.5	214	26	173.6	11.2	0	5	11.3
PANTANO DE HURONES (947)	2.6	316.9	191.6	55.5	12.6	160.1	14	175	9.3	0	1.2	0
BENAOJAN (035)	1.6	557.2	267.5	24.1	90.0	255.5	226	200.6	4.1	0	0	0

En el cuadro 6.8. se incluyen las aportaciones mensuales en Hm^3 en cada uno de las secciones de aforo consideradas.

De la diferencia de ambos cuadros se calculan los déficits de escorrentía mes por mes (Cuadro 6.9.)

CUADRO 6.8.
APORTACIONES MENSUALES EN Hm³

	O	N	D	E	F	M	A	M	J	X	A	S	TOTAL
BOSQUE	-	-	-	2.0	1.8	2.1	2.3	2.5	2.3	1.8	1.5	1.1	17.3
MARTINETE	-	-	1.7	1.5	1.3	1.5	1.6	1.5	1.4	1.1	0.8	0.7	13.1
GUADALETE Ventas Nuevas	-	-	-	0.5	0.4	1.3	0.6	1.1	0.4	0.2	0	0	2.6
GUADALETE La Terrona	-	-	2.4	0.6	0.3	1.8	0.5	1.1	0.3	0.01	0	0	4.5
GUADIARO I	-	-	1.7	2.8	1.8	2.4	2.7	2.3	1.7	0.7	0.6	0.6	13.7
CUEVA DEL GATO	-	-	-	-	1.1	1.3	1.9	1.8	1.8	0.4	-	0.4	19.5
EL EJIDO	-	-	4.2	2.8	1.9	3.6	3.0	3.1	2.5	1.4	0.6	0.03	24.3
BENAFELIZ	-	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	-	0.2	0.07	0.04	0	4.8
EL SALTADERO	-	-	-	-	-	0.1	0.2	-	0.1	0.1	0.07	0	0.6
EL CHORREADERO	-	-	-	-	-	-	0.3	0.4	0.3	0.1	0.04	0.02	1.3
GUADIARO Buitreras	0.1	20.1	61.2	16.2	8.9	38.9	18.8	19.4	8.6	2.7	1.4	0.7	229.8
GUADIARO Corchado	0.4	73.8	85.3	24.2	14.4	54.9	25.9	28.1	13.7	4.7	2.5	1.3	329.8

CUADRO 6.9.
DEFICITS DE ESCORRENTIA

	O	N	D	E	F	M	A	M	J	X	A	S
BOSQUE	-	-	-	3.5	0	5.3	0.5	6.1	3.6	1.8	1.4	1.0
MARTINETE	-	-	9	4.1	0.4	6.3	0.3	7	0.3	-1.1	-0.7	-0.7
GUADALETE (Ventas Nueva)	-	-	8.7	2.2	2	8.7	0.2	5.9	0.9	0	0	0
GUADALETE (La Terrona)	-	-	2.2	0.6	0.7	2.6	-0.2	2	0.1	0	0	0
GUADIARO I	-	-	33	89.2	6.3	31.1	-0.3	21.2	2.7	-0.7	0	-0.6
CUEVA DEL GATO	-	-	-	-	7	32.2	0.5	21.7	2.6	-0.4	-	-0.4
EL EJIDO	-	-	30.4	89.2	6.2	29.9	-0.6	20.4	1.9	-1.4	0	0
BENAFELIZ	-	6.5	5.3	1.6	0.8	4.7	0.4	-	0	0	0.06	0.2
EL SALTADERO	-	-	-	-	-	4.9	0.4	-	0.1	-0.1	0.03	0.2
EL CHORREADERO	-	-	-	-	-	-	0.3	3.7	-0.1	-0.1	0.06	0.1
GUADIARO (Buitreras)	0.5	254.4	64.4	-3	33.3	81.4	-8.1	75.1	-6.7	-2.7	-1.4	-0.7
GUADIARO Corchado	0.2	197.7	40.7	-11	27.8	65.4	-15.2	66.4	-11.8	-4.7	-2.5	-1.3

6.4.4.- Hidrogramas. Escorrentía subterránea

A fin de calcular los recursos subterráneos, en función de las aportaciones totales y de la precipitación se han dibujado los hidrogramas correspondientes a las estaciones de aforo consideradas (Anejo 4)

La descomposición de los hidrogramas se ha efectuado por método gráfico teniendo en cuenta el inicio del agotamiento cuando ha sido posible.

Se ha realizado tanto en las estaciones de Proyecto como en las antiguas del MOPU de que se disponía y en particular en las entradas de los embalses de Bornos y los Hurones y en las estaciones del Río Guadiaro.

Los valores más significativos alcanzados son los siguientes:

ESTACION	APORTACION TOTAL (Hm ³ /a)	APORT. SUBTERRANEA Hm ³ /a	%
LOS HURONES	112	24	21.4
BORNOS	80	25	32.0
R. BOSQUE	20,3	16,2	79.8
EL MARTINETE	13,1	9,8	74.8
GUADALETE (V.NUEVAS)	6,5	1,5	23.0
GUADALETE (LA TERRONA)	4,5	1,1	24,4
GUADIARO 1	18	13,8	76,6
GUADIARO (BUITRERAS)	229,8	115,2	50,1
GUADIARO (CORCHADO)	329,9	137,4	41,6
R. TAVIZNA	7,2	2,1	29,2
GUADALETE (ZAHARA)	10,5	4,2	40,0

En el resto de las estaciones, por tratarse de manantiales, toda la aportación medida es subterránea.

De la relación anterior merece destacarse el elevado porcentaje del Río Guadiaro. En Guadiaro 1 no es muy representativo pero si merece destacarse el 50% de la Presa Buitreras.

Por el contrario los porcentajes más bajos corresponden a la cuenca del Guadalete, cuyo caudal de estiaje es prácticamente nulo.

En el Cuadro 6.10. se incluye la distribución mes por mes de la aportación subterránea obtenida anteriormente.

Estos valores que se consideran en algunos casos algo conservadores serán convenientemente tratados en el capítulo de hidrogeología.

CUADRO N° 6.10.

APORTACIONES MENSUALES Y ANUALES EN Hm³/año PARA LA SERIE
1.983-84

ESTACION DE AFOROS	O	N	D	E	F	M	A	M	J	X	A	S	TOTAL
R. BOSQUE	0,5	0,7	1,8	1,7	1,4	1,5	2,0	1,8	1,7	1,3	0,9	0,9	16,2
EL MARTINETE	0,4	0,4	0,9	1,2	1,0	1,1	1,1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	9,8
TAVIZNA	0,02	0,1	0,2	0,3	0,25	0,2	0,2	0,2	0,25	0,15	0,1	0,1	2,1 (R)
ARROYOMOLINOS 1	0,1	0,1	0,15	0,18	0,2	0,25	0,25	0,25	0,35	0,25	0,25	0,18	2,5
ARROYOMOLINOS 2	0,05	0,05	0,2	0,15	0,1	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	1,2
BOCALEONES	0,2	0,25	0,8	1	0,1	0,8	1,1	1,1	0,8	0,6	0,4	0,4	8,4
ZAHARA	0,35	0,4	0,45	0,5	0,45	0,5	0,5	0,4	0,25	0,15	0,1	0,1	4,2
VENTAS NUEVAS	0	1,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0	0	0	1,5
LA TERRONA	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0	0	0	1,1
GUADIARO 1	0,5	1,5	1,5	1,8	1,3	1,9	1,8	1,5	1	0,5	0,25	0,25	13,8
CUEVA DEL GATO	0,15	1,3	1,9	2,4	1,9	4,2	4,7	3,6	1,8	0,5	8,4	0,4	23,2
EL EJIO	0,1	3,9	4,6	2,9	2,0	3,8	3,1	3,2	2,5	1,3	0,7	0	28,1
CORNICABRA	0,2	0,4	0,3	0,4	0,45	0,45	0,35	0,4	0,45	0,3	0,25	0,2	4,2
BENAFELIZ	0	0,2	0,9	0,1	0,3	0,05	0,2	0,3	0,6	0,7	0,1	0,1	3,5
R. UBRIQUE	0,2	0,5	1,0	0,9	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,2	6,5
EL CHORREADERO	0,05	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,3	0,2	0,04	0,02	2,3
EL SALTADERO	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,15	0,2	0,1	0,07	0,05	1,3
EL HONDON	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2
EL GORITO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESPARRAGOSILLA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0
GUADIARO (Buitre- ras)	0,01	17,8	19,0	13,8	6,1	13,7	14,6	13,3	8,1	2,2	1,0	0,6	115,2
GUADIARO (Cor- chado)	0,2	15,9	18,7	17,1	9,7	21,4	18,6	16,0	12,9	4,4	1,8	0,7	137,4

6.4.5. Curvas de agotamiento

Por su interés respecto a la descarga de las unidades se ha tratado de calcular el agua almacenada en los acuíferos por encima del nivel de drenaje en periodo de estiaje en función de su ley de descarga. Para esto se establecerá en primer lugar en cada caso particular la ecuación correspondiente, para posteriormente, proceder con los cálculos volumétricos.

Los cálculos correspondientes se llevaran a cabo únicamente en aquellos casos en que esten bien definidas las curvas de agotamiento.

La representación de las curvas de agotamiento viene indicada en el Anejo 4.

La curva de agotamiento en su parte exponencial corresponde a la ecuación

$$Q = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$$

en donde Q_0 es el caudal al comienzo del estiaje, α , el coeficiente de agotamiento y t el tiempo a partir del estiaje (t_0).

En coordenadas semilogaritmicas se transforma en la recta siguiente:

$$\log Q = \log Q_0 - 0.434394\alpha(t-t_0)$$

Esta recta ha de ajustarse a un conjunto de puntos situados sobre la curva de agotamiento.

Con objeto de simplificar este cálculo, se ha considerado $t_0 = 0$, es decir, se ha tomado el origen de la escala de tiempos, en el día en que se inicia la curva de agotamiento.

Asimismo, a esta escala de tiempos, se le ha asignado un número de orden, de tal forma que cada unidad de estos, representa un intervalo de tiempo equivalente a 1 día.

Como antes se indicó a estos puntos se le ha ajustado una recta y donde esta recta corta al eje de ordenadas $t=0$ se encuentra el caudal correspondiente al comienzo del estiaje.

En función de los datos expuestos en los gráficos del Anejo 4 se obtuvieron para el parámetro α y las curvas de agotamiento las siguientes expresiones:

	<u>COEF. AGOTAMIENTO</u>	<u>CURVA AGOTAMIENTO</u>
- RIO BOSQUE	$-8.20.10^{-3}$	$Q=1044.72e^{-8.20.10^{-3}t}$
- MARTINETE	$-7.68.10^{-3}$	$Q=556.32e^{-7.68.10^{-3}t}$
- GUADALETE (V.Nuevas)	-0.25	$Q=61.94e^{-0.25t}$
- GUADALETE (La Terrona)	-0.08	$Q=94.55e^{-0.08t}$
- GUADIARO	$-2.10.10^{-3}$	$Q=261.97e^{-2.10 \times 10^{-3}t}$
- CUEVA DEL GATO	-0.012	$Q=310.58e^{-0.012t}$
- EL EJIDO	-0.021	$Q=1560.92e^{-0.021t}$
- BENAFELIZ	-0.033	$Q=177.77e^{-0.033t}$
- EL SALTADERO	-0.012	$Q=88.77e^{-0.012t}$
- EL CHORREADERO	-0.031	$Q=149.79e^{-0.031t} (1/\text{seg})$
- GUADIARO CORCHADO	-0.026	$Q=9.75e^{-0.026t} (m^3/\text{seg})$
- GUADIARO BUITRERAS	-0.043	$Q=10.85e$

Los volúmenes de agua almacenada en los acuíferos en sus correspondientes fechas, se calculan mediante integración de la ecuación $V=Qdt=Q_0xe^{-\alpha t}dt$ entre los límites $t=0$, $t=\infty$, cuyo resultado, en Hm^3 , viene dado por:

$$\frac{Q_0}{\alpha} \times 0.0864$$

En la tabla adjunta se indican los valores de estos volúmenes al comienzo de estiaje en cada estación de aforos.

Para calcular el caudal en estos acuíferos en un día cualquiera de los períodos de estiaje considerados se aplicara la fórmula:

$$Q=Q_0e^{-\alpha(t-t_0)}$$

en donde $t_0=0$. El valor de t será igual al número de días contados desde el comienzo del estiaje.

C U A D R O 6.11

VOLUMENES ALMACENADOS

CUENCA DEL GUADALETE

1 (2)

	FECHA	VOLUMEN ALMACENADO (Hm ³)
RIO BOSQUE	28-XII-83	5.6 Hm ³
	24- I -84	7.6 Hm ³
	2- IV-84	11.6 Hm ³
	29- V -84	11.0 Hm ³
MARTINETE	25-XII-83	12.8 Hm ³
	25-III-84	7.5 Hm ³
	8- VI-84	6.2 Hm ³
GUADALETE (Ventas Nuevas)	1- II-84	0.54 Hm ³
	2- VI-84	0.02 Hm ³
GUADALETE (La Terro- na)	29- I -84	0.2 Hm ³
	26-III-84	1.0 Hm ³
	21- V -84	0.5 Hm ³
	10- VI-84	0.1 Hm ³
BENAFELIZ	1- VI-84	0.4 Hm ³
EL SALTADERO	20- V -84	0.6 Hm ³
EL CHORREADERO	10- VI-84	0.4 Hm ³
	14-VII-84	0.05 Hm ³

.../...

C U A D R O 6.11

.../...

2(2)

GUADIARO I	27-XII-83	3.3. Hm ³	
	3- I -84	6.7 "	
	29-III-84	5.1. "	
	6-IV -84	6.3 "	
	10-VII-84	10.7. "	
EL EJIDO	24- XI-83	4.8. "	
	24-XII-83	4.7 "	
	6- I -84	7.7. "	
	29- II-84	4.7 "	
	26-III-84	4.6 "	
	6- IV-84	6.4 "	
	24- V -84	6.4 "	
CUEVA DEL GATO	27- I -84	1.82 "	
	10-II -84	5,93 "	
	5- VI-84	1.1 "	
	17- VI-84	2.2 "	
GUADIARO	BUITRERAS	21- V -84	21.8 "
	CORCHADO	22- V -84	32.4 "

7. REGULACION ACTUAL Y FUTURA

7.- REGULACION ACTUAL Y FUTURA

7.1.- Regulación Actual

El estado de la regulación actual con embalses superficiales es muy distinto en una y otra cuenca. - En la del Guadiaro no existe ningún embalse mientras que en la del Guadalete existen algunos en uso y otros en construcción en base principalmente a satisfacer - las demandas de la zona gaditana. Por otra parte en - ambas cuencas existen ambicioso proyectos de obras - futuras en mayor o menor grado de viabilidad.

En la Cuenca del Guadalete se encuentran cons- truido actualmente los siguientes embalses:

		CAPACIDAD	APORT.	VOL. REGULADO	RENDIMIEN
		Hm.	Hm ³ /a	Hm ³ /año.	TO.
GUADALETE	BORNOS	215	238	143	0,66
MAJACEITE	LOS HURONES	135	126	76	0,56
MAJACEITE	GUADALCACIN	77	218	48	0,62
T O T A L		427	582	267	0,62

458*

El rendimiento de la regulación es aceptable, - inferior a la media de España (1) pero superior a la - media de la cuenca del Guadalquivir(0,5). Aún así se - regula el 58% de la aportación y el 45% de la aporta - ción total del Guadalete (590 Hm³/año).

* Aportación embalses Bornos-Guadalcacín/Hurones

El servicio a la demanda de cada uno de estos embalses puede observarse en las curvas de regulación (garantía-porcentaje de la aportación regulada) y en la probabilidad mensual de satisfacer para abastecimiento diversos porcentajes de la aportación media. (Fig.7.1.,7.2. y 7.3.)

En todos los casos puede verse que para garantías altas, superiores al 90%, el porcentaje de aportación regulado es bajo sobre todo en el embalse de Bornos en que la capacidad es mucho menor que la aportación media.

En el siguiente cuadro se resumen los volúmenes regulados para determinados usos y garantías. El embalse de mejor rendimiento es el de los Hurones pero en todos ellos la regulación es insuficiente.

CUADRO 7.1.	PORCENTAJE DE APORTACION REGULADO			
		ABASTECIMIENTO G=95%		REGADIOS G=90%
Bornos	20%	48 Hm ³ /a	30%	71 Hm ³ /a
Los Hurones	52%	65 Hm ³ /a	58%	73 Hm ³ /a
Guadalcaçín (incluye los Hurones)	42%	92 Hm ³ /a	50%	109 Hm ³ /a
T O T A L		140 Hm ³ /a		180 Hm ³ /a

CURVAS DE REGULACION

EMBALSE de BORNOS

RIO GUADALETE

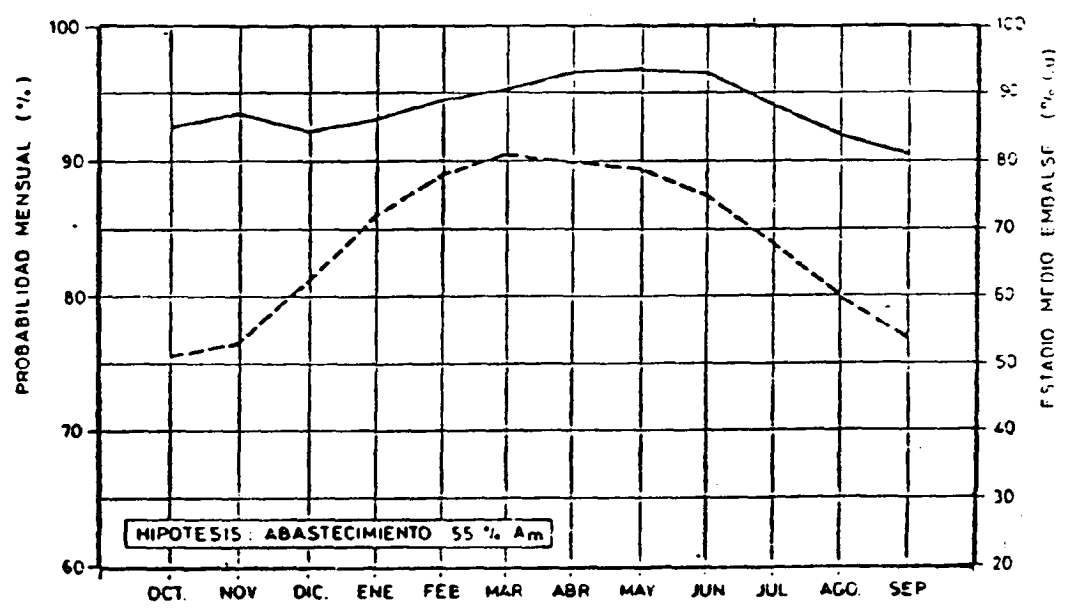
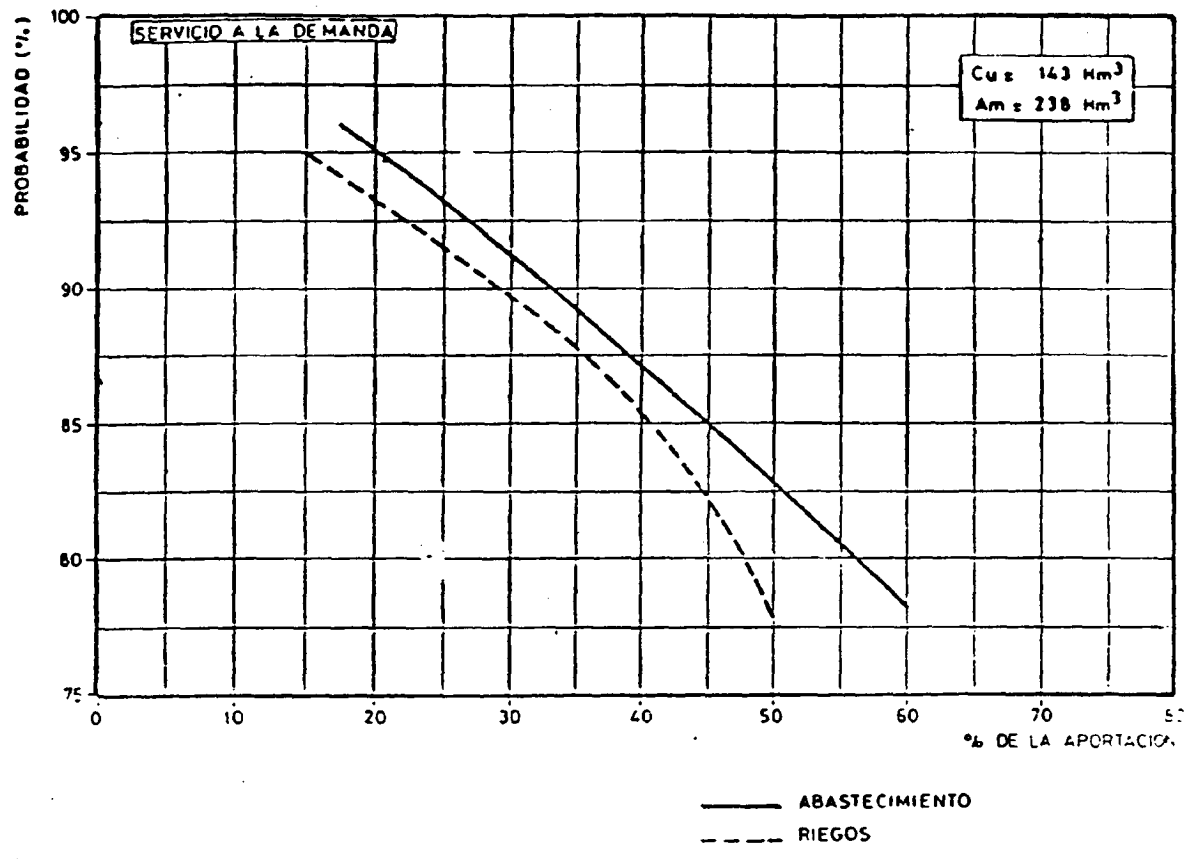


Fig. 7.1.

CURVAS DE REGULACION

EMBALSE de HURONES

RIO MAJACEITE

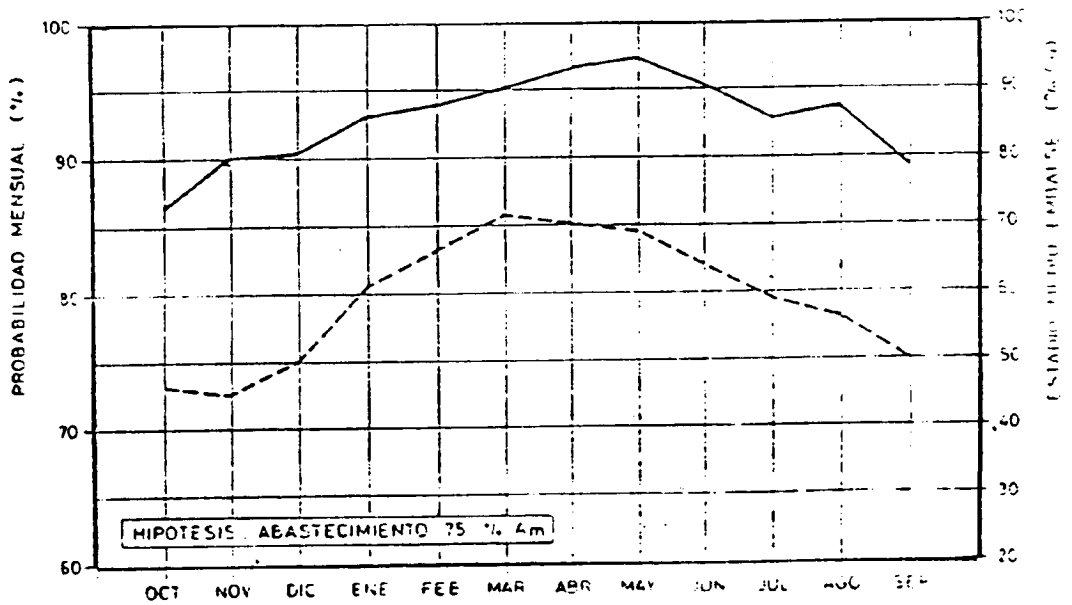
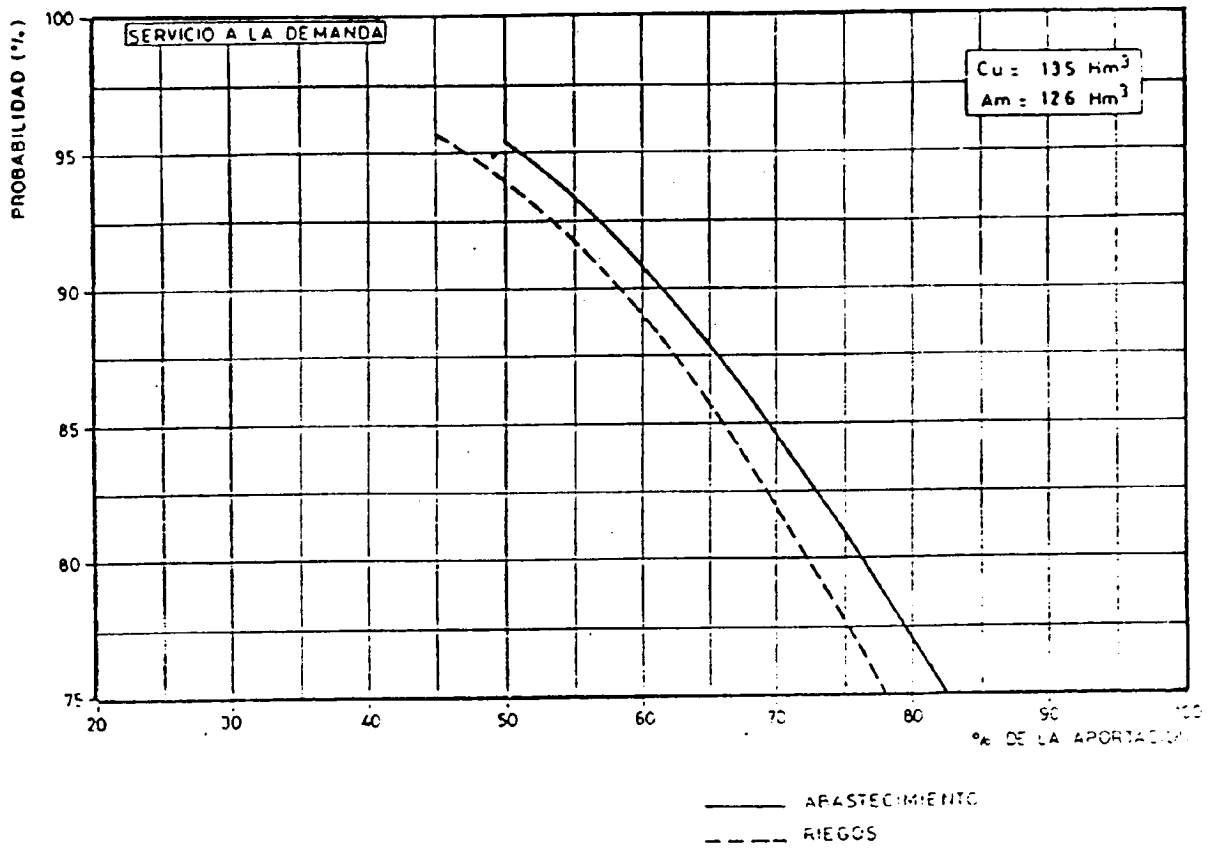


Fig.7.2. — PROBABILIDAD
- - - ESTADO MEDIO

CURVAS DE REGULACION

EMBALSE de HURONES - GUADALCACIN

RIO MAJACEITE

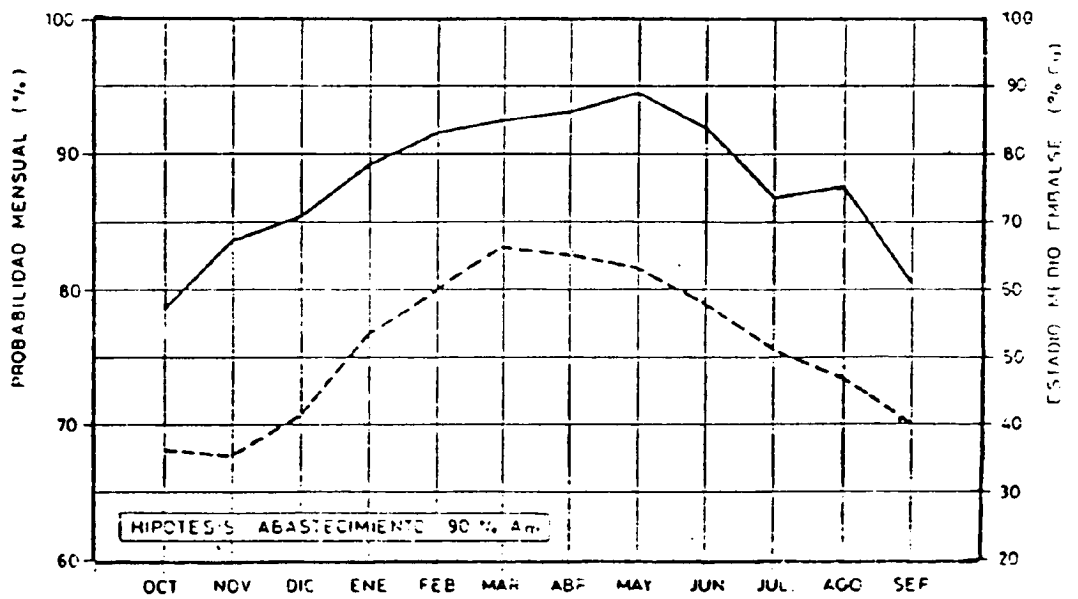
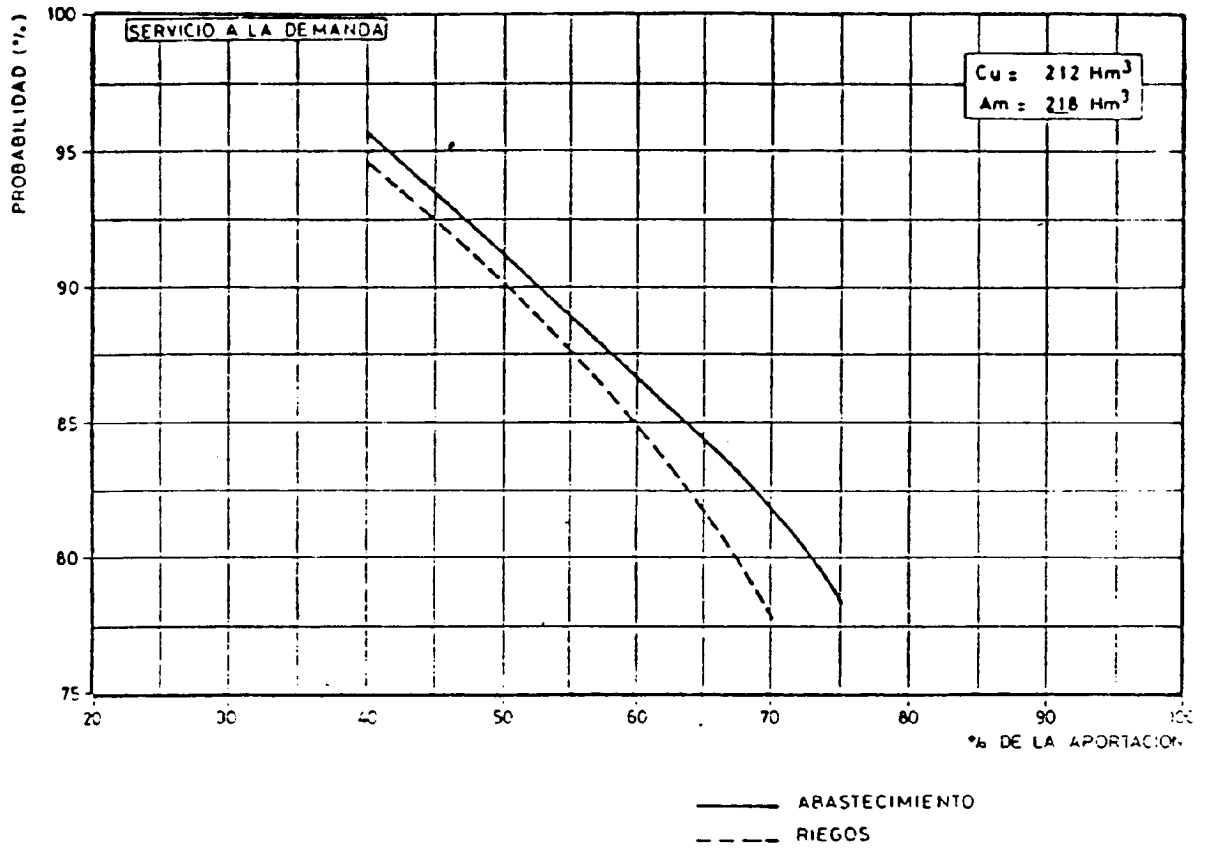


Fig.7.3.

Es decir que para regular los 143 Hm^3 /años (60% de la aportación) previstos para el embalse de Bornos en el Plan Hidrológico 83 la garantía desciende a me - nos del 75% (demanda modulada de riegos)

Los datos de aportación regulada para garantías mas altas reducen considerablemente el rendimiento de los embalses.

Según estos datos estaría regulado el 31% de la aportación con un rendimiento de $1,97 \text{ Hm}^3$ de capacidad por cada Hm^3 regulado.

7.2.- Regulación Futura.

7.2.1.- Río Guadalete

En ambas cuencas existen ambiciosos planes futuros para realizar grandes obras hidráulicas. Ya en construcción se encuentra el embalse de Zahara y con proyecto definitivo el recrecimiento del Guadalcaçín (II).

Este último, de 800 Hm^3 de capacidad, va ligado al Proyecto de trasvase Guadiaro-Majaceite.

Suponiendo construidos estos dos embalses la -
regulación futura en la Cuenca del Guadalete será la
siguiente:

CUADRO 7.2.	VOLUMEN REGULADO				
	EMBALSE	AÑO NORMAL		AÑO CRITICO	
		ACTUAL	1.990	ACTUAL	1.990
BORNOS	143	116	71	80	
HURONES	76	76	57	57	
GUADALCACIN I	48	-	20	-	
GUADALCACIN II	-	289	-	160	
ZAHARA	-	56	-	42	
	267	537	148	339	

Estas obras constituyen el techo de la regula -
ción superficial prevista pues no hay otras obras proyecta -
das por el momento. Los antiguos proyectos de los em -
balses de Castellares y de Guadamanil-Guadalporcún han
sido desechados.

El embalse de Zahara ha iniciado ya su construc -
ción con un presupuesto del orden de 1.200 millones de
pesetas y un coste unitario de 18 pts/m³ regulado.

La aportación regulada es de $65 \text{ Hm}^3/\text{año}$ para demanda modulada para riegos y garantía del 90%. Con ello el rendimiento es bastante bajo con solo 1 Hm^3 regulado por cada 3,25 de capacidad.

El uso principal previsto son los riegos de los Llanos de Villamartín con una extensión de 3.788 Has.

7.2.2.- Rio Guadiaro

En el I.R.H. figura todavía el embalse de Montejaque que ha resultado totalmente inutilizable por filtración en el vaso y la cerrada. Sin contar esta obra la regulación prevista se ciñe a la Presa del Guadiaro con las características siguientes:

CAPACIDAD Hm^3	APORTACION MEDIA $\text{Hm}^3/\text{año}$	APORTACION Hm^3/a	REGULADA % ΔT .
400	356.0	263.2	73.9

Estos datos se refieren a G del 98% y caudal modulado para riegos. Con garantía del 85% se consiguen $330 \text{ Hm}^3/\text{año}$ regulados.

Están previstos también otros embalses en los ríos Genal y Hozgarganta, que si bien corresponden al Plan de Regulación Integral de la Cuenca, se hallan - aguasabajo de la zona estudiada por nosotros por lo - que no se han tenido en cuenta. -

CUADRO 7.3. CARACTERISTICAS DE LOS EMBALSES			
	BORNOS	LOS HURONES	ZAHARA
Sup. de Cuenca Km ²	1361	710	129
Tipo	Gravedad	Gravedad	
Altura sobre cauce m.	52	54	
Cota maxima embalse m.	106	216	
Cota pie de presa m.	57	163	
Capacidad Hm ³	215	135	212
Aliviadero m ³ /seg.	1720	750	
Aportación Hm ³ /año	238	135	76

7.3. Regulación Natural

La regulación natural en las Cuencas consideradas es muy escasa debido a la gran irregularidad de las aportaciones. De ello dan idea las curvas de regulación en el emplazamiento de los embalses previstos y el hecho de que tal como puede verse en el cuadro 6.10 las aportaciones en estiaje son prácticamente nulas en la cuenca del Guadalete.

A modo de ensayo y, conscientes de la poca representatividad de los datos que se refiere a un año concreto, se ha observado el número de datos existentes en algunas secciones de aforo y posteriormente se ha calculado su frecuencia.

Estas frecuencias se han acumulado y posteriormente se han representado en un diagrama de caudales/frecuencias acumuladas (Anejo 4).

Sobre estos diagramas se ha trazado una recta que corresponde a la regulación natural con una garantía del 85%. Ello tiene valor si consideramos que si bien corresponde a un solo año se trata de un año muy próximo a la media considerada (20 años).

Para obtener la amplitud del intervalo se observan el valor máximo y mínimo de los caudales. La diferencia entre éstos dos valores dividida por 20

nos da la amplitud del intervalo.

Los resultados obtenidos se reflejan gráficamente y numéricamente en el Anejo 4. En el cuadro 7.4. se resúmen los caudales de base de las secciones con garantía del 85%.

Cabe concluir resaltando la escasa regulación natural de la mayor parte de los puntos, que presentan, incluso los manantiales, hidrogramas muy influenciados por las precipitaciones con curvas más propias de cuencas con prácticamente el 100% de escorrentía superficial.

A destacar por el contrario la alta regulación en el río Guadiaro, que sin embargo disminuiría notablemente al aumentar la garantía por encima del 90%.

CUADRO 7.4.

REGULACION NATURAL (1.983-1.984)

G=85%

RIO BOSQUE	561 l/seg.
EL MARTINETE	314 l/seg.
RIO GUADALETE(V. Nuevas)	14 l/seg.
RIO GUADALETE(La Terrona)	37 l/seg.
RIO GUADIARO 1	258 l/seg.
CUEVA DEL GATO	197 l/seg.
EL EJIO	288 l/seg.
BENAFELIZ	26 l/seg.
EL SALTADERO	34 l/seg.
EL CHORREADERO	11 l/seg.
RIO GUADIARO (Buitreras)	750 l/seg.
RIO GUADIARO (Corchado)	1150 l/seg.

7.4. Balance Hídrico

Por su interés para el estudio se reproduce el balance Disponibilidades/Demandas del Plan Hidrológico 83.

<u>BALANCE ACTUAL EN Hm³/año</u>	
<u>DEMANDAS</u>	<u>DISPONIBILIDADES</u>
- Urbana 63	<u>EMBALSES</u> 267
- Industrial 35	Bornos 143
- Agrícola 192	Hurones 76
- Ecológica 80	Guadalcacín 48
<u>TOTAL 370</u>	<u>ACUIFEROS</u> 55
	Cabecera 20
	Rota-Sanlúcar 15
	Jerez 3
	Pto.Sta.María 4
	Villamartín 1
	Pto.Real-Conil 12
<u>DEFICIT</u> 48 Hm ³ /año	<u>TOTAL</u> 322

<u>BALANCE FUTURO: 1.990 (Hm³/año)</u>	
<u>DEMANDAS</u>	<u>DISPONIBILIDADES</u>
-Abto.zona Gaditana 103	<u>EMBALSES</u> 296
-Resto Demanda urbana no-industrial 42	Bornos 116
-AGRICOLA 287	Hurones 76
-ECOLOGICA 80	Zahara 56
<u>TOTAL</u> 512	Guadalcacín 48
	<u>ACUIFEROS</u> 54
	(-1 Hm ³ /a Villamartín)
	Guadalcacín II y Túnel Guadiaro) 241
<u>EXCEDENTE</u> 79	<u>TOTAL</u> 591

A la vista de estos datos se destaca el défi
cit actual y la necesidad de la construcción del -
Guadalcacín II y el trasvase del Guadiaro para sa -
tisfacer las demandas de 1.990.

Sin contar los 241 Hm³/a de estas obras el -
déficit en 1.990 alcanzaría 162 Hm³/a. Sin embargo
el balance no considera ningún aumento en la explo-
tación de los acuíferos y se limita a eliminar 1 Hm³
de extracción en los Llanos de Villamartín en una -
zona que se supone regada por el embalse de Zahara.

8. HIDROGEOLOGIA

8.- HIDROGEOLOGIA

8.1.- Caracteres hidrogeológicos generales

Los materiales presentes en el área de estudio, descritos en el capítulo de geología, se pueden subdividir en función de sus características hidrogeológicas en dos grandes grupos:

- Materiales permeables. Corresponden a las formaciones carbonatadas del Jurásico subbético que constituyen las alineaciones montañosas de la zona. Litológicamente el Jurásico superior se encuentra representado por dolomías y calizas con una permeabilidad alta y localmente muy elevada debido a la intensa fracturación y a la existencia de una karstificación bien desarrollada. Por contra el Jurásico superior presenta facies más margosas y por consiguiente con una permeabilidad que varía de medida baja a media-alta.

Los Cuaternarios que corresponden a las formaciones aluviales y de pie de monte también presentan una permeabilidad media-baja aunque, debido a que se encuentran escasamente representadas, ofrecen escaso interés.

- Materiales impermeables. Corresponden al resto de las formaciones presentes en la zona y debido a su litología, predominantemente margosa-arcillosa poseen una permeabilidad baja. En este subgrupo quedan

incluidos tanto los materiales subbéticos, del Cretácico inferior al terciario , como los materiales tipo flysch de las diferentes unidades del Campo de Gibraltar.

Con el fin de poder determinar el funcionamiento de las distintas unidades consideradas y llegar al establecimiento del balance hídrico para cada una de ellas, se ha llevado a cabo un exhaustivo inventario de puntos de agua en todo el area de estudio, así como la revisión-actualización de puntos inventariados con anterioridad a la realización de este proyecto, tanto por el IGME como por otros organismos.

En total se han inventariado 67 nuevos puntos, para los que se ha confeccionado su correspondiente ficha, de ellos 42 corresponden a manantiales, 5 a pozos y 20 a sondeos mecánicos (11 realizados por el SGOP para investigación en profundidad del trazado del túnel para el proyectado trasvase Guadiaro-Guadalete). Los puntos revisados y actualizados han sido 36 (32 manantiales y 4 sondeos mecánicos).

La situación de estos puntos queda reflejada en el plano de inventario.

Como características más significativa deducible del análisis del inventario hay que señalar la es casa incidencia de las extracciones por bombeo que se restringen a sectores muy localizados (Ubrique, Graza^lema, El Bosque y Cortes de la Frontera) y siempre

para complementar, en época estival, el abastecimiento a núcleos de población.

En la descripción de las diferentes unidades se detallan las características principales de los puntos de agua ligadas a cada una de ellas.

Pese a la complejidad geológica se han podido diferenciar una serie de unidades hidrogeológicas cuyos límites tienen una validez variable. Las separaciones se han hecho en base a la geología de superficie y mientras en unos casos son determinantes en otros los límites son imprecisos, tal como se verá en el desarrollo de los apartados siguientes. Para eludir la imprecisión habrá que contar con los términos del balance en cuanto sean conocidos.

El modelo digital realizado permitirá asimismo el análisis de alguna hipótesis planteadas en cuanto a las relaciones entre las distintas unidades.

Las dificultades planteadas se centran fundamentalmente en la escasez de datos sobre el campo de transmisividades y la piezometría por ausencia de sondeos en el interior del acuífero. Por el contrario hay abundancia de datos sobre las salidas del sistema y sobre todo se dispone de un contraste precipitación/drenajes a lo largo del año 1983-84 que se puede considerar con muy poco orden de error.

La geología y la morfología contribuirán a la estimación cualitativa y a veces cuantitativa de la distribución de la infiltración, de la permeabilidad y de la porosidad eficaz de los acuíferos.

En cada una de las unidades se tratará de evaluar cada uno de los elementos constituyentes del balance hídrico para posteriormente calcular los recursos subterráneos de cada una de ellas.

Las unidades hidrogeológicas en que se ha dividido el sistema son las siguientes, agrupadas en función de la cuenca de su drenaje principal.

En la Cuenca del Guadalete

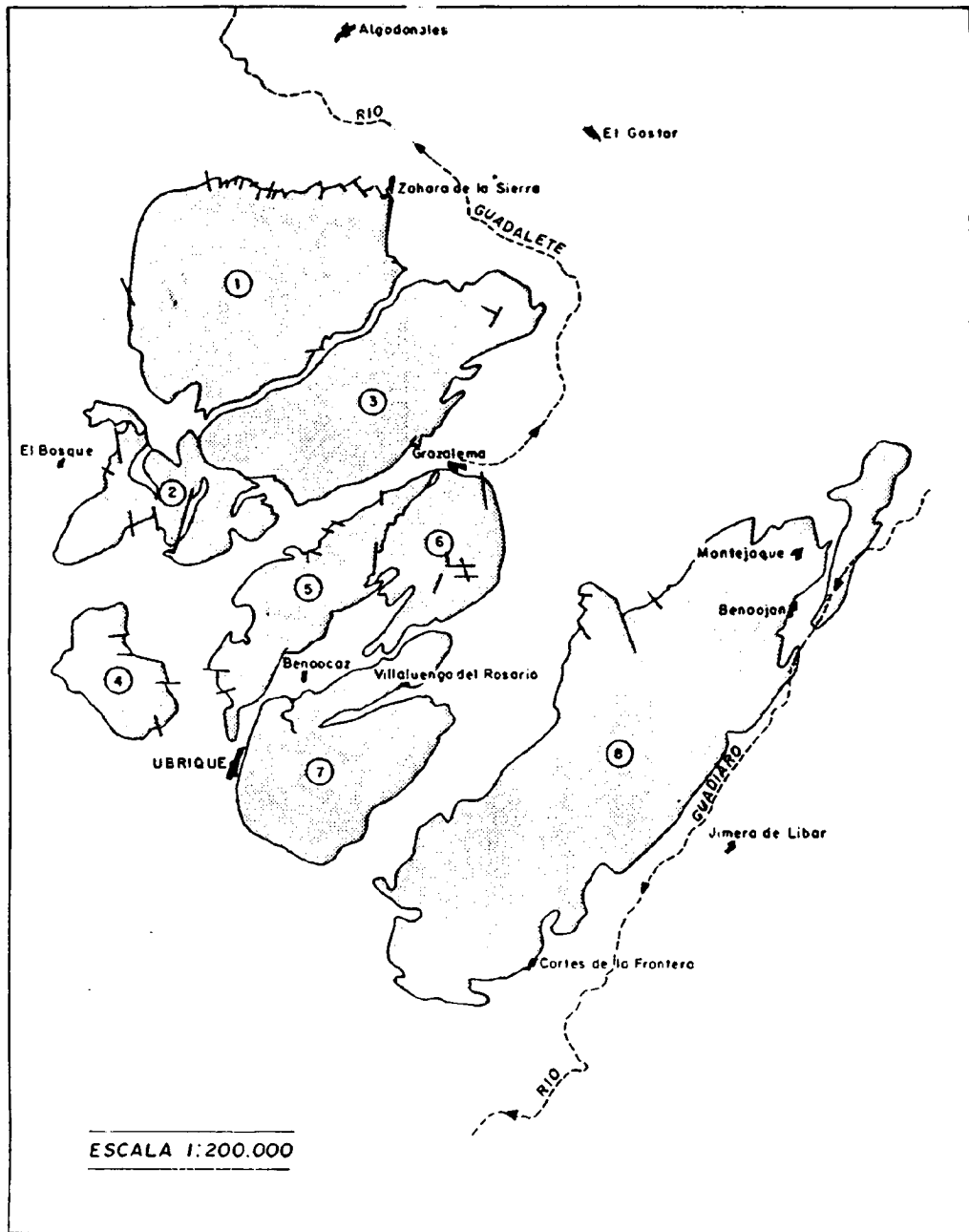
- 1 ZAFALGAR-LABRADILLO
- 2 EL BOSQUE
- 3 SIERRA DEL PINAR-MONTE PRIETO
- 4 SILLA
- 5 SIERRA ALTA-PEÑONGRANDE O DEL HONDON
- 7 UBRIQUE

En la Cuenca del Guadiaro

- 6 EL ENDRINAL
- 8 MONTEJAQUE-CORTES

La divisoria hidrográfica Guadalete-Guadiaro discurre por las unidades de Ubrique y El Endrinal por lo que estas unidades deben considerarse a caballo entre ambas cuencas. De hecho el drenaje principal de Ubrique se realiza hacia el Guadalete y el de El Endrinal al Guadiaro por lo que se han asimilado a cada una de estas cuencas respectivamente.

- ESQUEMA DE UNIDADES HIDROGEOLOGICAS -



Divisoria Guadalete - Guadiaro

- | | |
|-------------------------------------|--|
| ① Unidad de Zafalgar-Lobradillo | ⑤ Unidad Sierra Alta - Penón Grande ó del Hondón |
| ② " de El Bosque | ⑥ " " del Endrinal |
| ③ " Sierra del Pinar - Monte Prieto | ⑦ " de Ubrique |
| ④ " de Silla | ⑧ " Montejaque - Cortes |

Fig. 3.1.

8.2. Unidad Zafalgar-Labradillo

Introducción

La unidad hidrogeológica de Zafalgar-Labradillo es la más septentrional del área de estudio y está constituida por los materiales calizo-dolomíticos jurásicos, del Subbético medio, que forman las sierras de Zafalgar, Labradillo y Margarita, al SW de Zahara. Los materiales permeables ocupan en conjunto unos 46 km².

Características geométricas

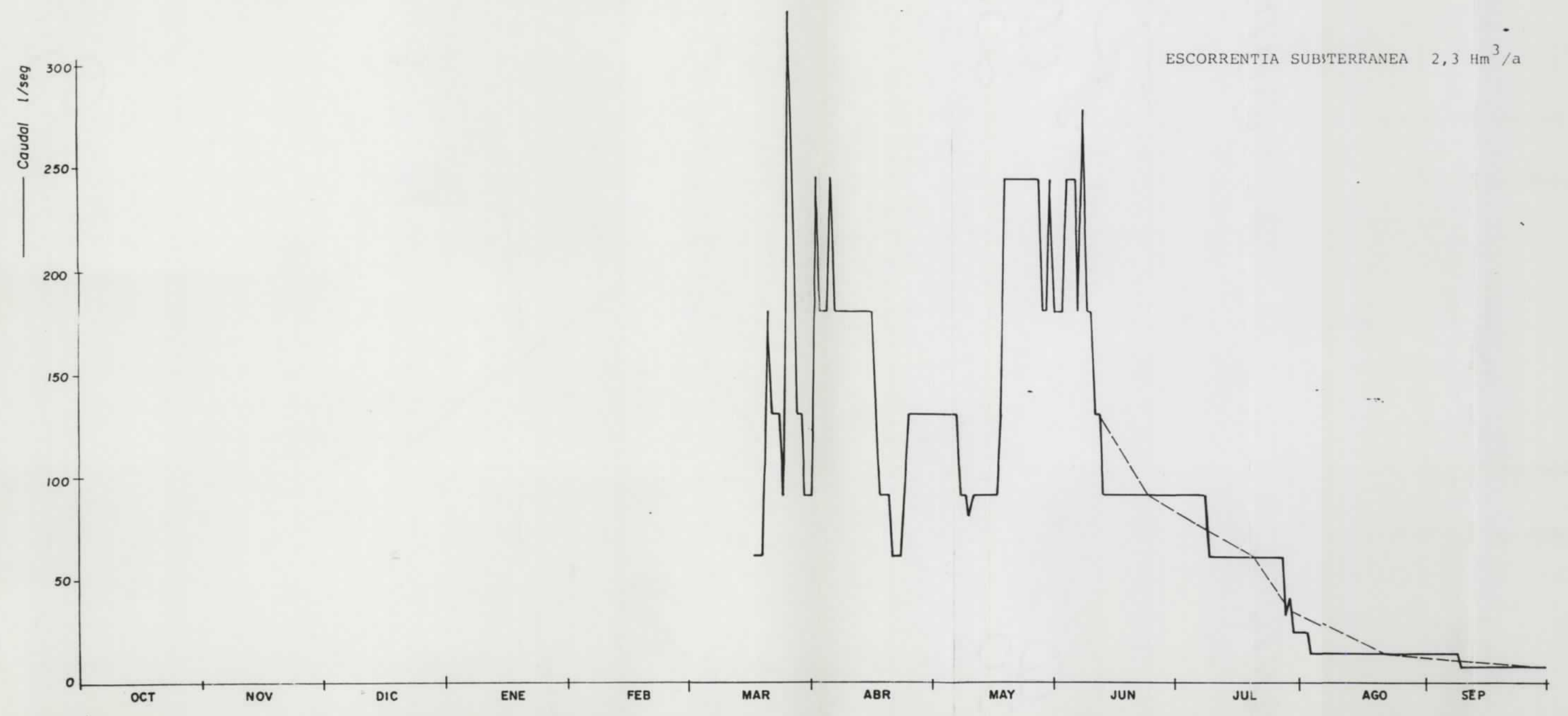
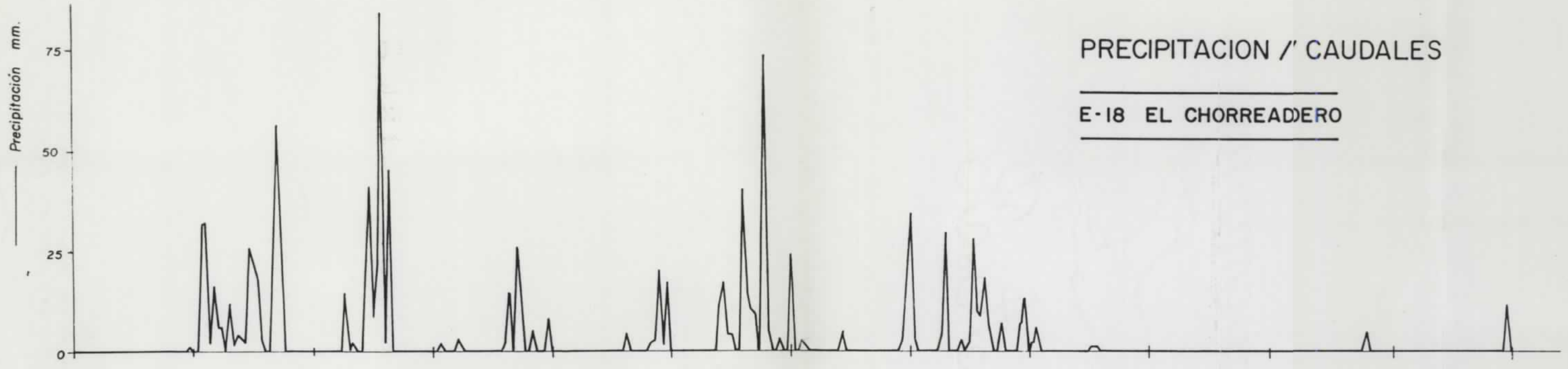
El jurásico carbonatado del Subbético Medio, que constituye el horizonte acuífero, comprende 350-400 m. de materiales de permeabilidad elevada (dolomías y calizas oolíticas) del Lías que afloran en la mitad suroriental de la unidad en unos 19 km² a los que se superponen en el sector noroccidental otros 400 m. de materiales de permeabilidad media (calizas nodulosas, margas, y calizas con silex del Dogger-Malm) sobre unos 27 km².

La estructura interna del conjunto carbonatado responde a grandes rasgos a un domo anticlinal, roto en el borde suroriental por una superficie de retrocabalgamiento que jalonan materiales triásicos arcillosos. Destacan además suaves pliegues de dirección NE-SW y numerosas fracturas entre las que predominan direcciones N-S y NW-SE.

Los límites N,NE y W de la unidad quedan bien definidos por el contacto con los materiales cretácicos suprayacentes que constituyen una barrera impermeable. El límite S y SE es de naturaleza tectónica y más complejo: correspondería a la superficie de retrocambiamiento aludida, bajo la que se suponen continuos los materiales triásicos impermeables (del Trías germano-andaluz y del Trías propio del Subbético medio), cuya disposición se ha tratado de representar claramente en los cortes geológicos I y III (plano nº4). Es admisible en cualquier caso, con los datos disponibles una conexión hidráulica subterránea de este acuífero con el de la unidad del Pinar-Monte Prieto en este límite, por adelgazamiento tectónico de las arcillas triásicas, aunque parece poco probable. También en este límite sur y de forma subterránea podría existir relación de este acuífero con la unidad de El Bosque, si existe continuidad de sus respectivas series triásicas bajo el jurásico superior. Esta relación podría clarificarse con sondeos de reconocimiento hidrogeológico ubicado en el sector donde aflora este Jurásico superior (tramos intermedio del río El Bosque entre esta localidad y Benamahoma).

Puntos de agua asociados a la unidad

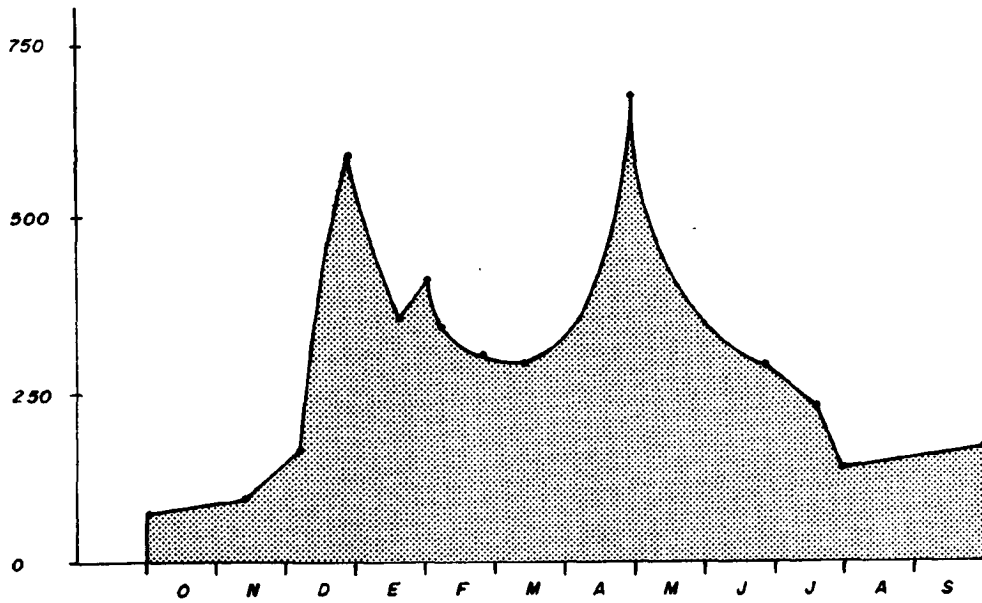
Los puntos de agua significativos asociados a esta unidad son 8 manantiales cuyas características más sobresalientes se resúmen en el siguiente cuadro:



HIDROGRAMAS 1983 - 84

E-6 BOCALEONE

Es = 8,4 Hm³



escorrentia subterranea

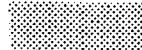


Fig. 8.2.

N° INVENTARIO	COTA (m.s.n.m.)	CAUDAL MEDIO (Hm ³ /año)	
		Estimado	Aforado
1443-5017	440	0,25	
1444-1004	660	0,45	
1444-1005	630	0,20	
1444-1009	620	}	2,3
1444-1010	640		
1444-2011	400	}	8,4
1444-2012	400		
1444-2020	430	0,20	
SUMA		11,8	

La situación de estos puntos se indica en el Plano Hidrogeológico que se adjunta (plano n°5).

Destacan por su importancia los manantiales de Bocaleones (1444-2011 y 2012), con caudal conjunto comprendido entre unas decenas y más de 500 l/s de acuerdo con los aforos realizados en el presente Proyecto, de los que se adjunta hidrograma (Escala E-6, Bocaleones).

Se adjunta asimismo gráfico "precipitación-caudales" de la escala situada en arroyo del Chorreadero (E-18) que recoge el drenaje de los manantiales 1444-1009 y 1010 amén de la escorrentía superficial de dicho arroyo.

Todos los puntos de descarga significativas se sitúan en los sectores septentrional y occidental de la unidad, próximos al contacto con el impermeable de techo o el contacto entre los dos conjuntos carbonatados jurásicos de distinta permeabilidad que componen el acuífero.

Las diferencias de cota entre los manantiales del sector septentrional (400-440 m.s.n.m.) y los del occidental (620-660 m.s.n.m.) pueden deberse a su situación relativa respecto al área de recarga principal, o lo que es más probable, a la compartimentación del acuífero en bloques mal conectados entre sí producida por las importantes fracturas N-S que se observan en Sierra Margarita.

Funcionamiento hidráulico. Balance

La recarga de esta unidad tiene lugar exclusivamente a partir de la infiltración del agua de lluvia - sobre 19 km² de materiales de alta permeabilidad y, en menor medida, sobre otros 27 km² en que aflora el conjunto de permeabilidad media. El siguiente cuadro expresa la aportación pluviométrica total para estos dos sectores:

UNIDAD ZAFALGAR- -LABRADILLO.	SUPERFICIE (Km ²)	PRECIPITACION(Hm ³ /año)	
		MEDIA 1963-83	1983-1984
Permeabilidad elevada	19	22	23,75
Permeabilidad media	27	27	29,75
TOTAL	46	49	53,5

Si se aplica el porcentaje de lluvia útil calculado en la estación de Grazalema (78%) y admitiendo en primera aproximación una infiltración del 65% de lluvia útil en los materiales más permeables y del 35% en el resto, se obtienen unas entradas a la unidad de unos 18 Hm³/año (36,5% de la Pm).

La descarga del acuífero se produce a través de los manantiales ya citados, en su mayor parte por el borde septentrional, totalizando en el año 1.983-84 12 Hm³/año de acuerdo con los datos de aforo realizados en las principales surgencias y los caudales estimados en los de menor entidad. Esta aportación subterránea representa el 22% de la aportación pluviométrica total en 1983-84, porcentaje lógico para el tipo de acuífero y clima aunque muy inferior al 36,5 % estimado anteriormente por otro procedimiento.

Admitiendo como más fiable el valor deducido - de aforos y extrapolando para la serie de 20 años se obtendrían unos recursos subterráneos de 10,8 Hm³/año. El desequilibrio aparente entradas-salidas a favor de las primeras (18 Hm³/año frente a 10,8 Hm³/año) debe - corresponder fundamentalmente a invalidez del método - de Thornthwaite para el cálculo de lluvia útil (que - daría valores muy por exceso) y quizás en menor medida a salidas no controladas o errores por defecto en algu - na sección de aforo. La existencia de una descarga sub - terránea a las unidades del Bosque o del Pinar (plantea - da como probable al definir los límites) que pudiera - justificar el desequilibrio del balance, se hubiera - puesto de manifiesto en el balance conjunto de las uni - dades vertientes al embalse de Los Hurones, por lo que se considera descartada

Calidad del agua

Se dispone de 10 análisis químicos realizados - en las 5 surgencias más importantes de esta unidad en distintas épocas (muestreos sistemáticos de Marzo de - 1.984 y Junio de 1.984 en su mayor parte), cuyos resul - tados se expresan gráficamente en el plano n°7 y en el diagrama de Piper adjunto.

Se trata de capas de composición química prácti - camente uniforme en todos los casos, con facies bicar - bonatadas cálcicas, magnésicas o calcico-magnésicas y

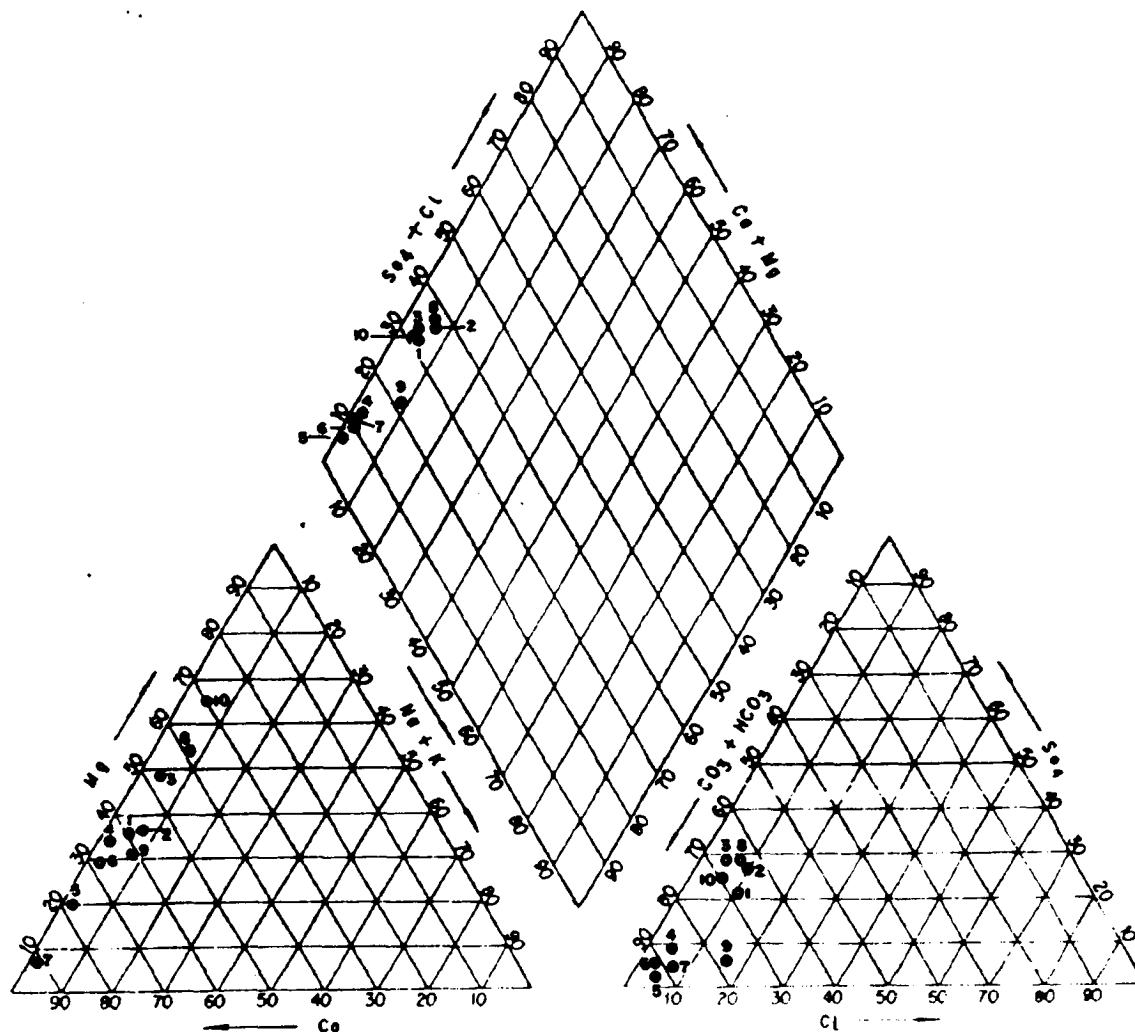
baja salinidad (inferior a 600 mg/l), sin que se observen anomalías dignas de mención.

La calidad del agua es apta para todos usos, - desde el punto de vista químico.

El diagrama de Piper muestra una gradación en - la realzión Mg/Ca entre los distintos análisis, sin que se deduzca una clara correspondencia espacial o temporal que la explique.

DIAGRAMA TRIANGULAR DE PIPER

UNIDAD ZAFALGAR - LABRADILLO



MUESTRA	FACIES	FECHA
1. BOCALEONES (1444-2001)	Bicarbonatado cálcico	Julio 83
2. BOCALEONES (1444-2001)	" cálcico	Marzo 84
3. BOCALEONES (1444-2001)	" cálcico-magnésico	Junio 84
4. CASA DEL MORO (1444-1004)	" cálcico	Marzo 84
5. LAS CUEVAS (1444-1005)	" cálcico	Julio 83
6. LAS CUEVAS (1444-1005)	" cálcico	Marzo 84
7. LA MOLINETA (1444-1009)	" cálcico	Julio 83
8. LA MOLINETA (1444-1009)	" magnésico-cálcicas	Junio 84
9. EL DUENDE (1444-1012)	" cálcica	Febrero 84
10. EL DUENDE (1444-1012)	" magnésica	Junio 84

Fig. 8.4.

8.3. Unidad del El Bosque

Introducción

Se sitúa al Este de la localidad del mismo nombre, y la componen los materiales carbonatados del subbético medio de la Sierra de Albarración. Ocupa una superficie de 16 km².

Características geométricas

Los materiales permeables de la unidad, correspondientes al Jurásico carbonatado del Subbético medio igual que en la unidad anterior, presentan en este caso una estructura mucho más compleja como queda reflejado en el epígrafe de Tectónica (4.4.). En el esquema de funcionamiento hidrogeológico (plano nº6) se indican claramente los límites de la unidad, que por su complicada distribución espacial resultaría confuso detallar. En su mayor parte corresponden a materiales impermeables de techo, del Trías germano-andaluz o de la propia serie cretácica suprayacente.

Cabe destacar la existencia de un límite abierto hacia el NE de la unidad, por cabalgamiento de éste sobre la contigua del Pinar-Monte prieto, que permitiría la conexión entre ambas.

Puntos de agua asociados a la unidad

Todos los puntos significativos corresponden a manantiales situados en el sector occidental (que vierten al arroyo de la Escaña) o en el meridional (afluentes del Tavizna), excepto el sondeo de abastecimiento a El Bosque (1444-5008).

Sus principales características son:

Nº INVENTARIO	COTA DEL AGUA (m.s.n.m.)	CAUDAL MEDIO (Hm ³ /año)*	OBSERVACIONES
1444-5005	320	3	Caudal de explotación 30 l/s
1444-5007	290		
1444-5008	324	-	
1444-5009	520	0,5 - 1,5	
1444-5010	400	0,5 - 0,7	
SUMA		4 - 5,2	

* Deducidos del balance conjunto de unidades que vierten al embalse de los Hurones.

La surgencia principal de la unidad es la del Quejigo (1444-5005), cuyo caudal oscila entre 10 y más de 100 l/s incluidas las salidas estacionales dispersas de la cabecera del río Escaña, asociadas a formaciones travertínicas.

Funcionamiento hidráulico-balance

La alimentación del acuífero tiene lugar a partir de la infiltración de la lluvia sobre unos 10 Km² de materiales de alta permeabilidad (calizas y dolomías del Lías) y otros 6 km² de permeabilidad media. La precipitación total caída sobre los mismos sería de 17,2 Hm³/año. admitiendo una lluvia util similar a la calculada en la estación de Ubrique (63% de la Pm) y coeficientes de infiltración equivalentes a los aplicados en la unidad Zafalgar-Labradillo, resultan unas entradas por este concepto de 5 Hm³/año.

Las posibles entradas laterales procedentes de la unidad del Pinar se tratarán de establecer a partir del balance de la misma, que presenta menor incertidumbre al basarse en datos de aforos mayor calibrados.

La diferencia de cota entre los manantiales de la unidad de El Bosque (290 a 520 m.s.n.m.) y su semejanza con los de la unidad del Pinar en los sectores próximos de ambas unidades son hechos compatibles con la interconexión hidráulica de éstas.

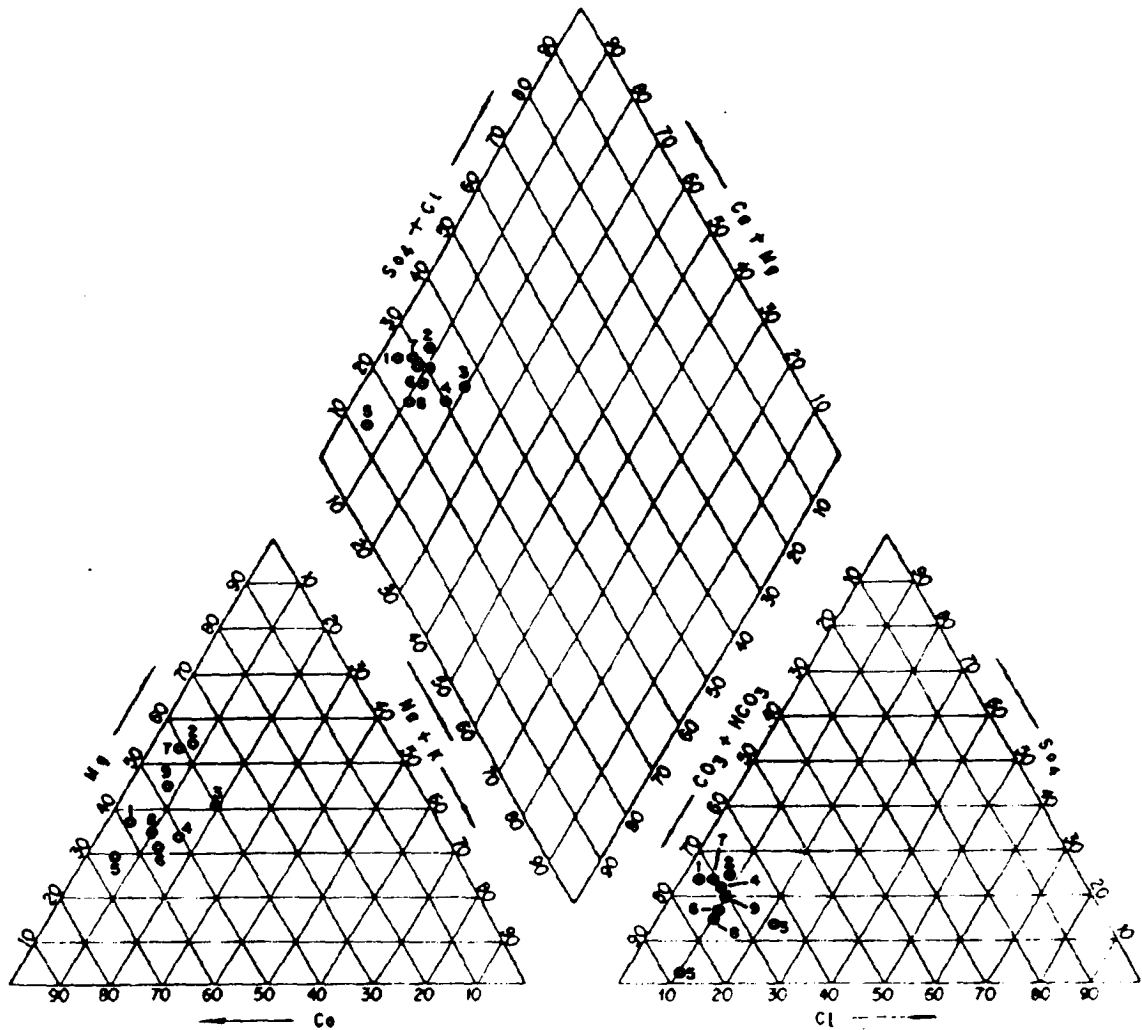
La descarga de manantiales en 1.983-84 se estima comprendida entre 4 y 5,2 Hm³/año, por correlación de escalas, siendo más próximo a la realidad el valor superior, equivalente a un 29% de la aportación total en dicho año. Si se admite esta cifra y se extrapola para la serie de 20 años se obtienen unos recursos medios de 4,9 Hm³/año.

Calidad del agua

Se han realizado 9 análisis químicos del agua de esta unidad correspondientes a las 4 surgencias principales y al sondeo de El Bosque (Véase plano n° 7).

Las facies químicas son bicarbonatadas cálcicas o magnésico-cálcicas y en un punto cálcico-magnésicas, como muestra el diagrama de Piper que se adjunta, con un total de sólidos disueltos inferior a 500 mg/l.

**DIAGRAMA TRIANGULAR DE PIPER
UNIDAD DE EL BOSQUE —**



MUESTRA		FACIES	FECHA
1. La Máquina	(1444-5010)	Bicarbonatada cálcico-magnésica	Febrero 84
2. La Máquina	(1444-5010)	Bicarbonatada magnésico-cálcica	Junio 84
3. El Gorito	(1444-5009)	Bicarbonatada magnésico-cálcica	Febrero 84
4. Sondeo El Bosque	(1444-5008)	Bicarbonatada cálcicas	Marzo 83
5. Vihuelo	(1444-5007)	Bicarbonatada cálcicas	Julio 83
6. Vihuelo	(1444-5007)	Bicarbonatada cálcicas	Marzo 84
7. Vihuelo	(1444-5007)	Bicarbonatada magnésico-cálcicas	Junio 84
8. Quejigo	(1444-5005)	Bicarbonatada cálcica	Marzo 84
9. Quejigo	(1444-5005)	Bicarbonatada magnésico-cálcica	Junio 84

Fig. 3.5.

8.4. Unidad Sierra del Pinar-Monte Prieto

Introducción

Se localiza al NE de Benamahoma y comprende las elevaciones montañosas del subbético ultrainterno que dan nombre a la unidad, limitadas al sur por el corredor del Boyar. La superficie de sus afloramientos permeables es de 37 km², que se sitúan a còtas comprendidas entre 400 y 1654 m. (vertice Pinar).

Características geométricas

El horizonte acuífero está contituido por la potente serie carbonatada del lías inferior, hasta 700 m. de potencia, a la que se superponen en el sector central otros 300 m. de materiales también carbonatados - aunque menos permeables del Lías-Dogger.

En la estructura de la unidad destaca el anticlinorio de la sierra del Pinar y las numerosas fallas inversas del flanco sur, así como la superposición tectónica de la unidad Zafalgar-Labradillo. (Cortes geológicos I, III, VI, plano n°4)

Los límites hidrogeológicos del acuífero están bien definidos al N y NW por el contacto con las arcillas impermeables del Trías germano-andaluz que constituyen un impermeable de techo.

El límite S lo marca la presencia de las series flyschoides del corredor del Boyar que forman una barrera impermeable. En el límite SW, por último, se admite una probable conexión con la unidad hidrogeológica de El Bosque, que se tratará de clarificar con los datos del balance.

Puntos de agua asociados a la unidad

Ligados a la unidad se han inventariado más de una docena de manantiales, de los que la mayor parte corresponden al drenaje de niveles colgados, con cotas variables de 600 a 1000 m.s.n.m. y caudal inferior a 5 l/s.

Los más significativos se indican en el cuadro que sigue.

Nº INVENTARIO	COTA	CAUDAL MEDIO Hm ³ /año	
		ESTIMADO	AFORADO
1444-1002	530		
1444-1003	545		9,8
1444-2009	420		3,7
1444-3001	580		1,1

Aforos período 1.978-1980 (archivo IGME)

Se adjuntan los hidrogramas del manantial de Arroyomolinos (1444-2009), medido en las dos secciones (E-4 y E-5) en que se bifurca y de los manantiales de Benamahoma (1444-1002 y 1003) que se miden conjuntamente en el Martinete (Escala E-2).

Estas surgencias se sitúan en los extremos occidental y oriental de la unidad, respectivamente y totalizan más de 90% de las salidas del acuífero, con caudales variables de 100 a más de 600 l/s en las de Benamahoma y de 60 a más de 200 l/s el de Arroyomolinos.

Funcionamiento hidráulico

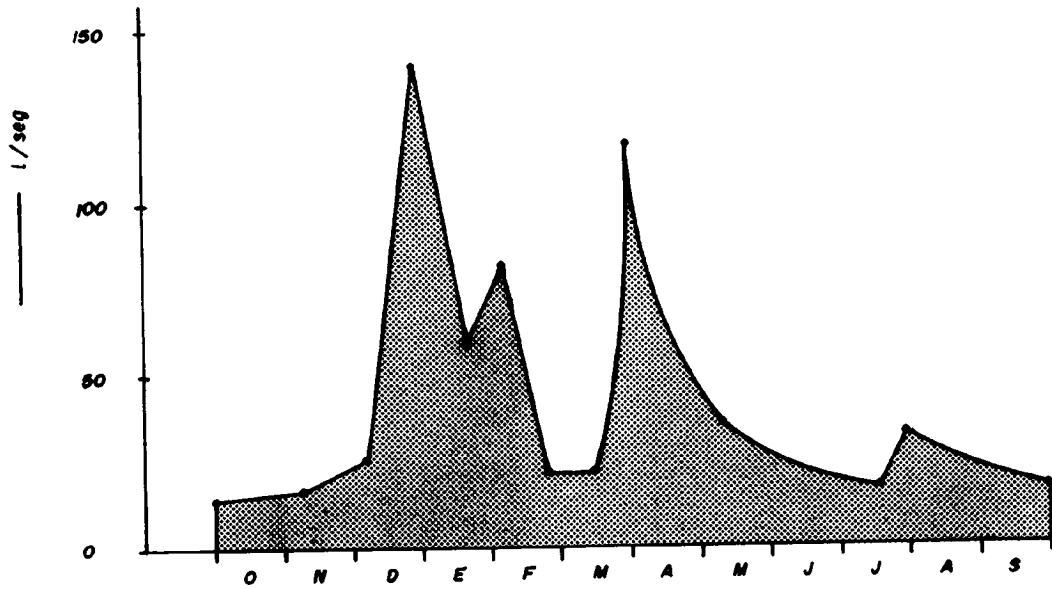
La recarga de la unidad se produce por infiltración de lluvia sobre sus 37 km² de afloramientos permeables. A partir de la aportación pluviométrica total (56,5) y si se considera una infiltración del 65% de la lluvia útil en el sector (deducida en la estación de Grazalema) se obtienen unas entradas por este concepto de 28 Hm³/año. para el período de 20 años).

La descarga de la unidad en el año 1.983-84 totalizó 14,6 Hm³/año, que resultan de la descomposición del hidrograma en las distintas secciones de afloros y que por tanto se consideran más fiables.

HIDROGRAMAS 1983 - 84

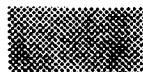
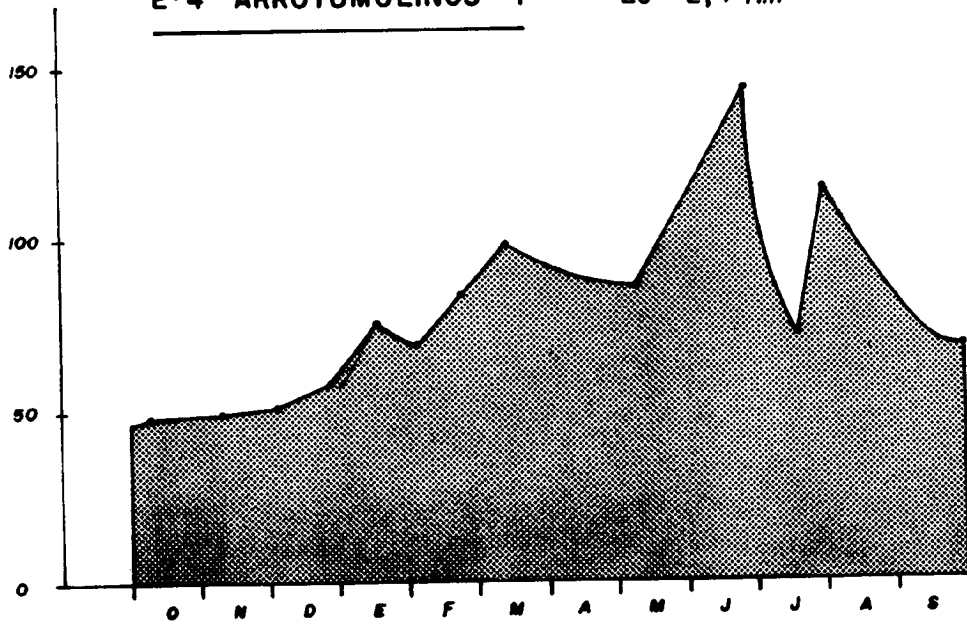
E-5 ARROYOMOLINOS 2

$E_s = 1,2 \text{ Hm}^3$



E-4 ARROYOMOLINOS 1

$E_s = 2,4 \text{ Hm}^3$



Escorrentia subterranea

Fig. 3.6.

HIDROGRAMAS 1983 - 84

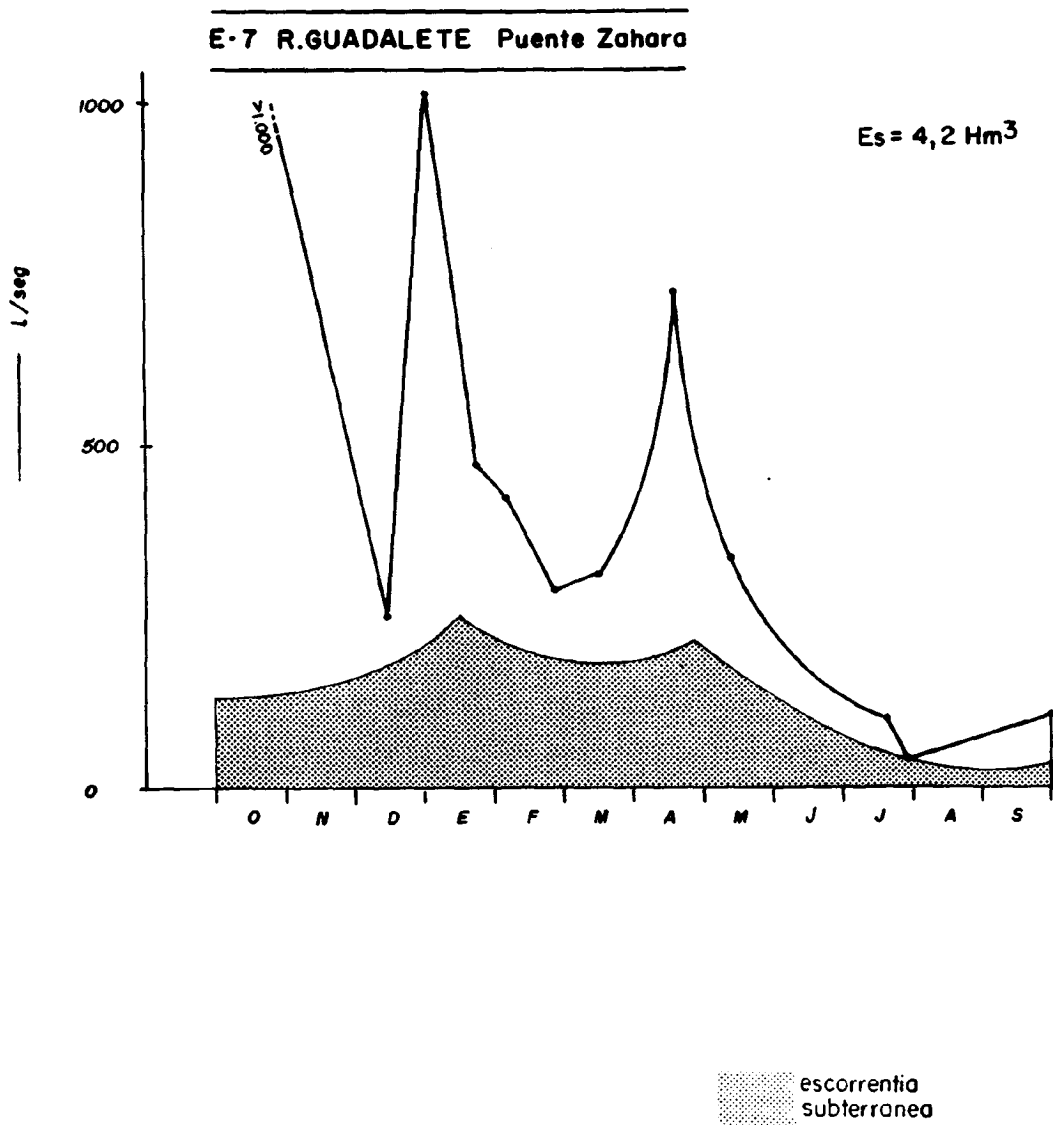
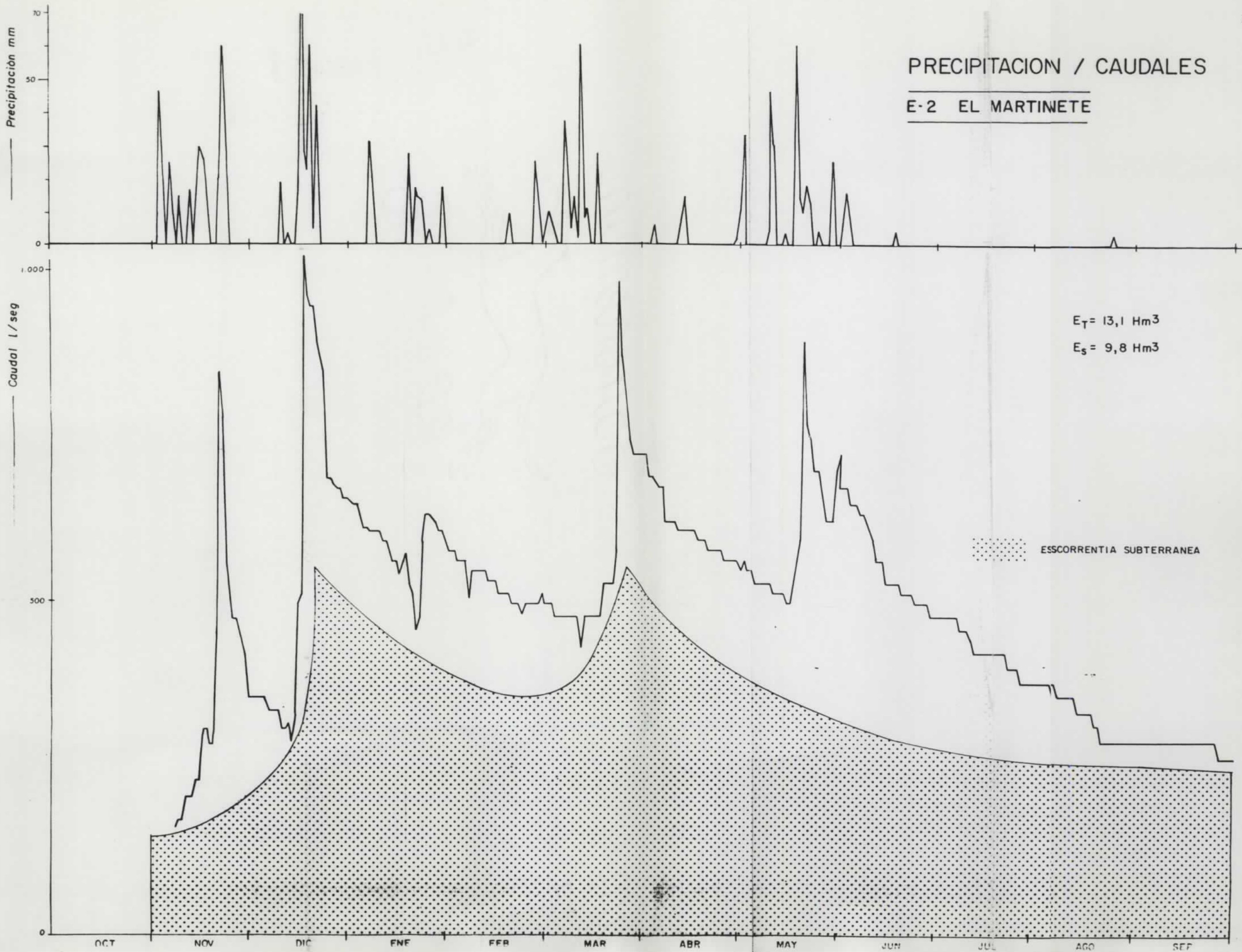
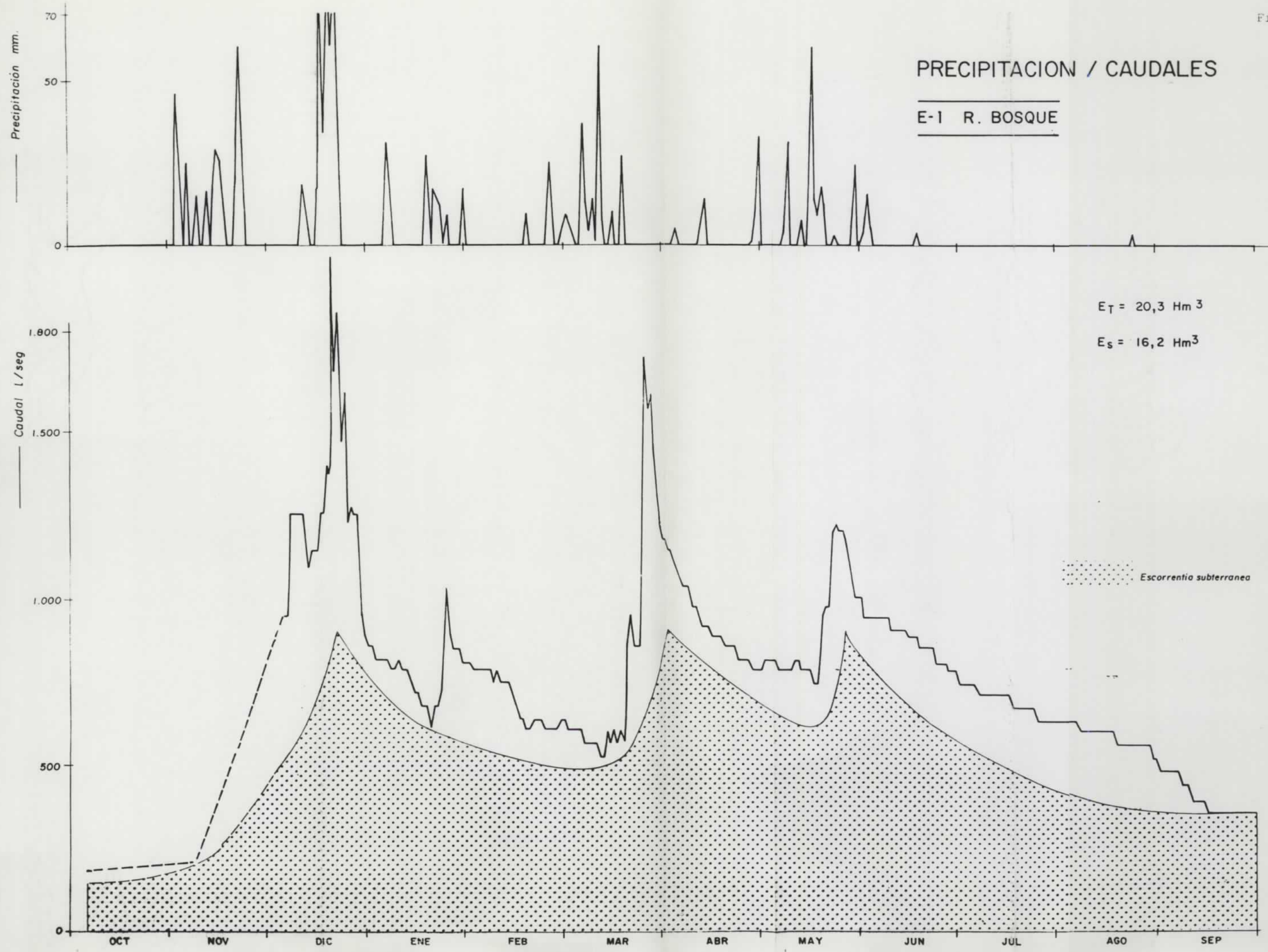
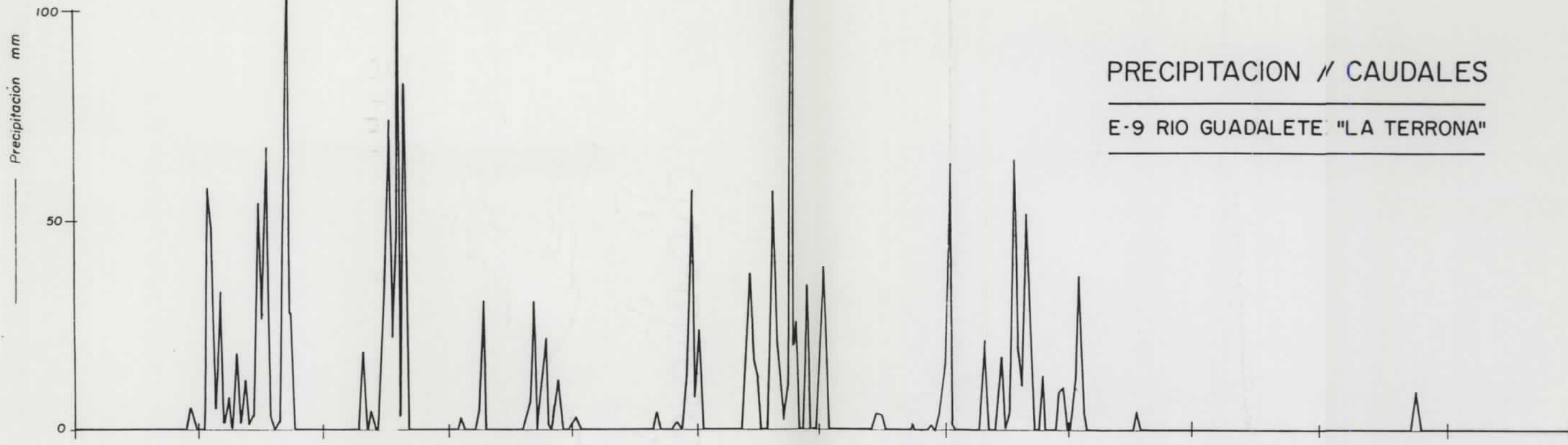


Fig. 8.9.

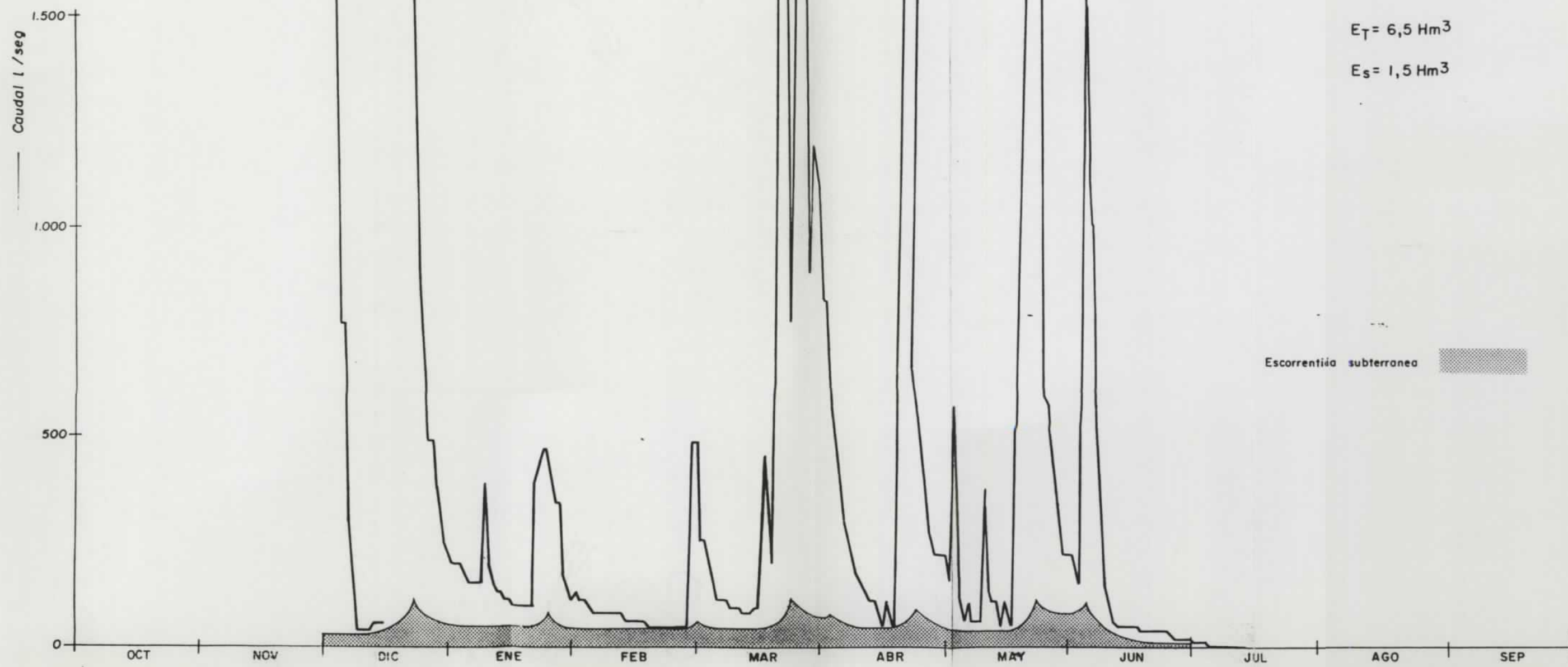






PRECIPITACION // CAUDALES

E-9 RIO GUADALETE "LA TERRONA"



$E_T = 6,5 \text{ Hm}^3$

$E_S = 1,5 \text{ Hm}^3$

OCT NOV DIC ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP

Si se extrapola el período 1963-83 resultan unos recursos subterráneos medios de 14,1 Hm³/año para esta unidad (25% de la Pm).

Cabe resaltar que en la descomposición de los - Hidrogramas correspondientes a la E-2 (El Martinete) y E-1 (Río El Bosque) se observa un incremento relativo en la aportación subterránea de 6,4 Hm³/año. Dicho incremento puede deberse a descarga oculta no controlada de las unidades Sierra del Pinar-Monte Prieto o de Zafalgar-Labradillo, de acuerdo con el esquema de funcionamiento hidrogeológico al que se ha llegado. Se descarta la posibilidad de que dicha aportación subterránea proceda de la unidad de El Bosque, ya que su balance muestra un equilibrio e incluso una sobrevaloración de las salidas.

Calidad del agua

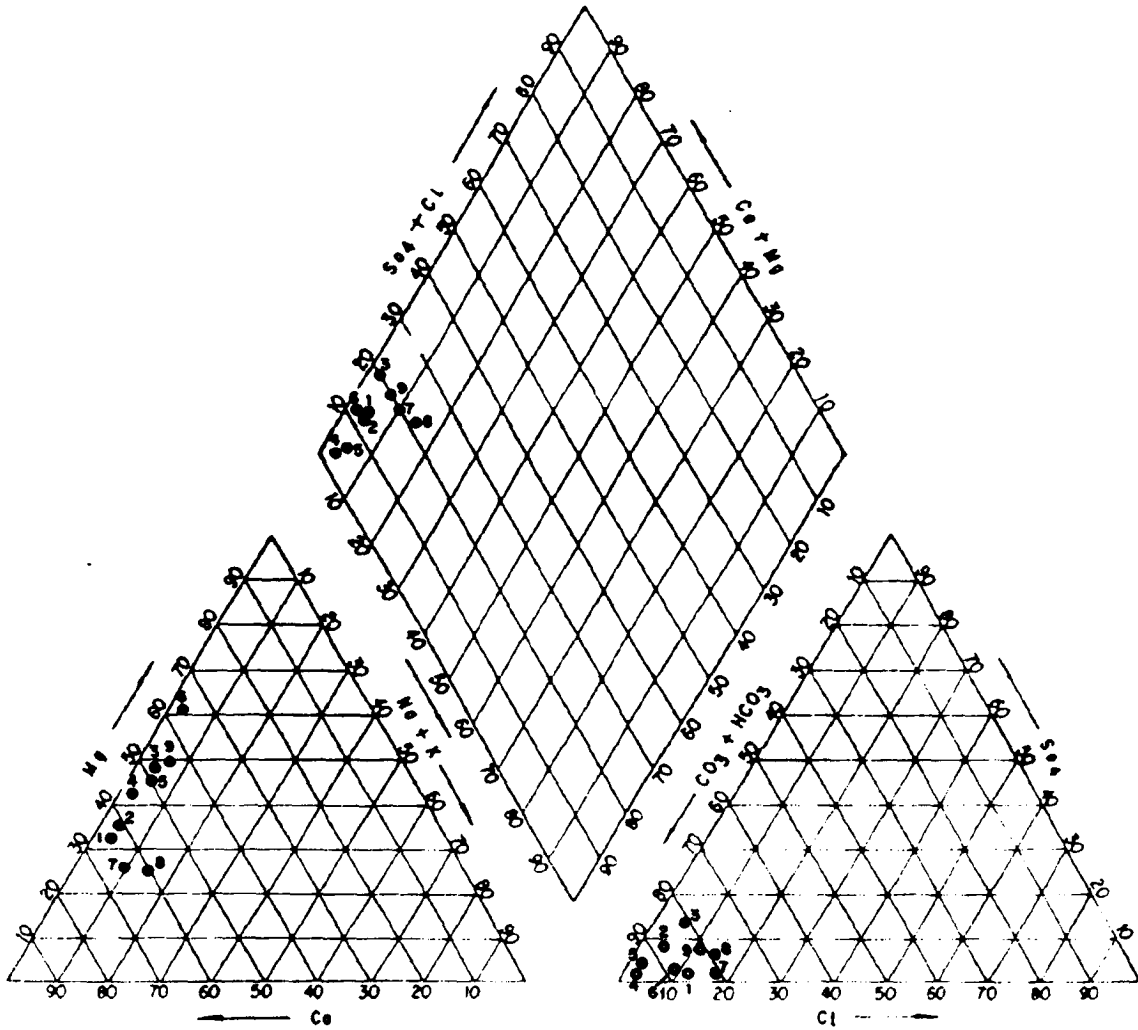
Para esta unidad se dispone de nueve datos de análisis químicos correspondientes a los cuatro puntos de drenaje más significativos. En todos los casos se detectan intervalos de contenidos iónicos que hacen aa a estas aguas perfectamente aptas para el consumo humano.

Predominan las facies bicarbonatadas cálcico- / magnésicas y bicarbonatadas cálcicas con una tendencia ya observada en otras unidades estudiadas a incremen-tarse la relación rMg^{++}/rCa^{++} desde Julio del 83, fecha

del primer análisis, a Junio de 1.984 en que se hicieron los últimos.

El diagrama triangular de Piper en el que han sido representadas todos los datos analíticos muestra una gran homogeneidad en cuanto a calidad y facies químicas.

DIAGRAMA TRIANGULAR DE PIPER
UNIDAD DE PINAR - MONTE PRIETO



MUESTRA		FACIES	FECHA
1. Benamahoma	(1444.1002)	Bicarbonatada cálcica	Julio 83
2. Benamahoma	(1444.1002)	Bicarbonatada cálcica	Marzo 84
3. Benamahoma	(1444.1002)	Bicarbonatada cálcico-magnésica	Junio 84
4. Fte. La Calderona	(1444.2002)	Bicarbonatada cálcico-magnésica	Marzo 84
5. Fte. Nacimiento	(1444.2003)	" "	Marzo 84
6. Fte. Nacimiento	(1444.2003)	Bicarbonatada magnésico-cálcica	Junio 84
7. Mtial. Arroyomolinos	(1444.2009)	Bicarbonatada cálcica	Julio 83
8. Mtial. Arroyomolinos	(1444.2009)	" "	Marzo 84
9. Mtial. Arroyomolinos	(1444.2009)	Bicarbonatada cálcico-magnésica	Junio 84

Fig. 3.10.

Los límites corresponden en su totalidad a contactos con impermeable de muro excepto en un pequeño sector al NE de la Unidad donde el cabalgamiento del Trías condiciona un contacto con impermeables de techo.

Puntos de agua asociadas a la unidad

Existen tres puntos de descarga asociadas a la unidad de Silla. Dos de ellas se sitúan en el extremo occidental a una cota de 290 m.s.n.m. y muy proximos entre si.

La Esparragosilla (1444-5011) cuyo hidrograma para el año 1983-84 se acompaña, tiene un caudal variable entre 10 y 50 l/s que, en cualquier caso, resulta mucho más regular que el de Fuenfría (1444-5012) cuya respuesta frente a las precipitaciones es más acusada.

El otro punto de descarga se sitúa en el extremo Nororiental de la Unidad a 270 m. de cota absoluta y posee unas características químicas claramente diferenciadas como se pondrá de manifiesto en el epigrafe de calidad. Su caudal medio se ha calculado en 2 l/s y se mantiene muy constante a lo largo de todo el año.

HIDROGRAMAS 1983 - 84

E-22 LA ESPARRAGOSILLA

$E_s \approx 1 \text{ Hm}^3$

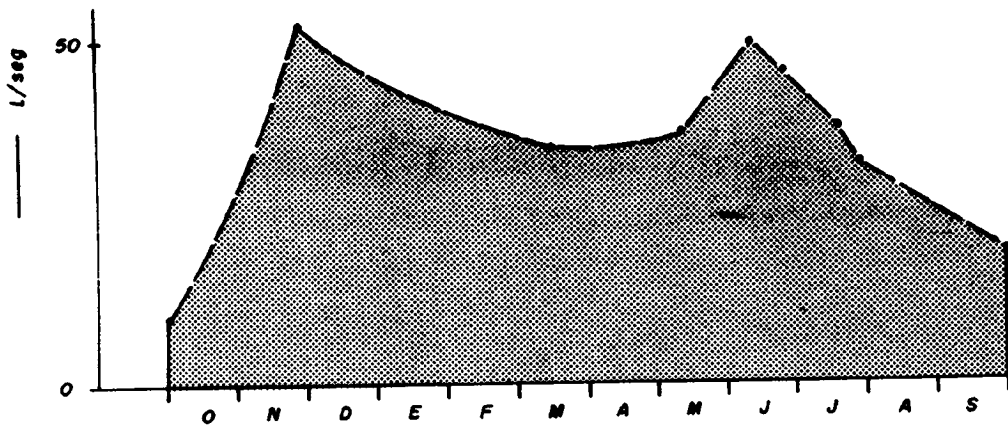


Fig. 8.11.

 escorrentia subterranea

Funcionamiento hidráulico. Balance

Como ya se ha indicado con anterioridad los límites de esta unidad están muy definidos y corresponden en su totalidad al contacto de las dolomías y calizas Liasias con el Trias subyacente que constituye el muro impermeable. En el extremo septentrional dicho contacto queda enmascarado por la existencia de un pie de monte con escaso desarrollo vertical.

La circulación del agua en el interior del acuífero tal y como queda reflejado en el plano 6, tiene lugar hacia los puntos de descarga situados en el borde oeste.

Para el establecimiento del balance correspondiente al período 1983-84, se cuenta con los datos de aforos directos realizados en la Esparragosilla y que arrojan un valor de 1 Hm^3 .

La descarga a través de Fuenfría, Fuente Hedionda y otras surgencias estacionales de escasa entidad se han evaluado en 1 Hm^3 lo que supone unas aportaciones totales de 2 Hm^3 . Según esto el coeficiente de infiltración sería el 20% de la precipitación, lo que por extrapolación a la serie de 20 años da unos recursos medios para la unidad de $1,8 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

Por aplicación del método de Thorthwaite se obtienen unos recursos medios de $3,7 \text{ Hm}^3/\text{año}$, que supone un coeficiente de infiltración del 38% y unas sali-

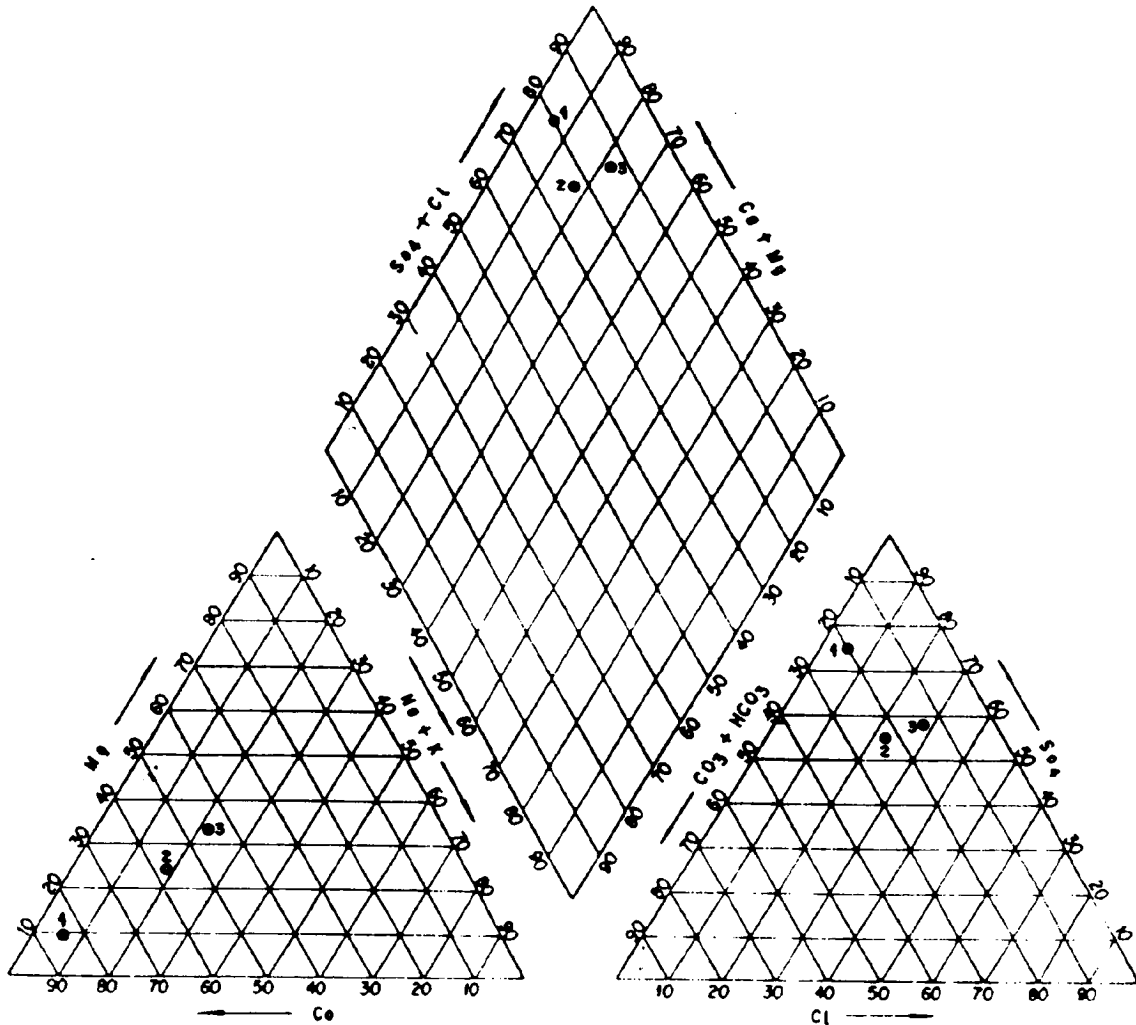
das medias superiores en un 100% a las registradas, lo cual no parece lógico si se piensa que el año 1983-84 es año medio y que las salidas no medidas por aforos - se han estimado por exceso.

Calidad del agua

Se han analizado muestras de agua de la Esparra gosilla (Febrero del 84 y Junio del 84) y de Fuente He dionda (Febrero 84), habiéndose representado los resul tados obtenidos en el Diagrama de Piper adjunto. En - ambos casos se trata de aguas con facies sulfatadas - cálcicas y concentraciones iónicas elevadas sobre todo en sulfatos y en calcio, lo que las hace no aptas para consumo humano.

La circulación del agua en contacto con el muro impermeable constituido por arcillas con abundantes - yesos, provoca estos contenidos anómalos que las dife- rencia de las aguas procedentes del resto de las unida des (plano 7).

**DIAGRAMA TRIANGULAR DE PIPER
UNIDAD DE SILLA**

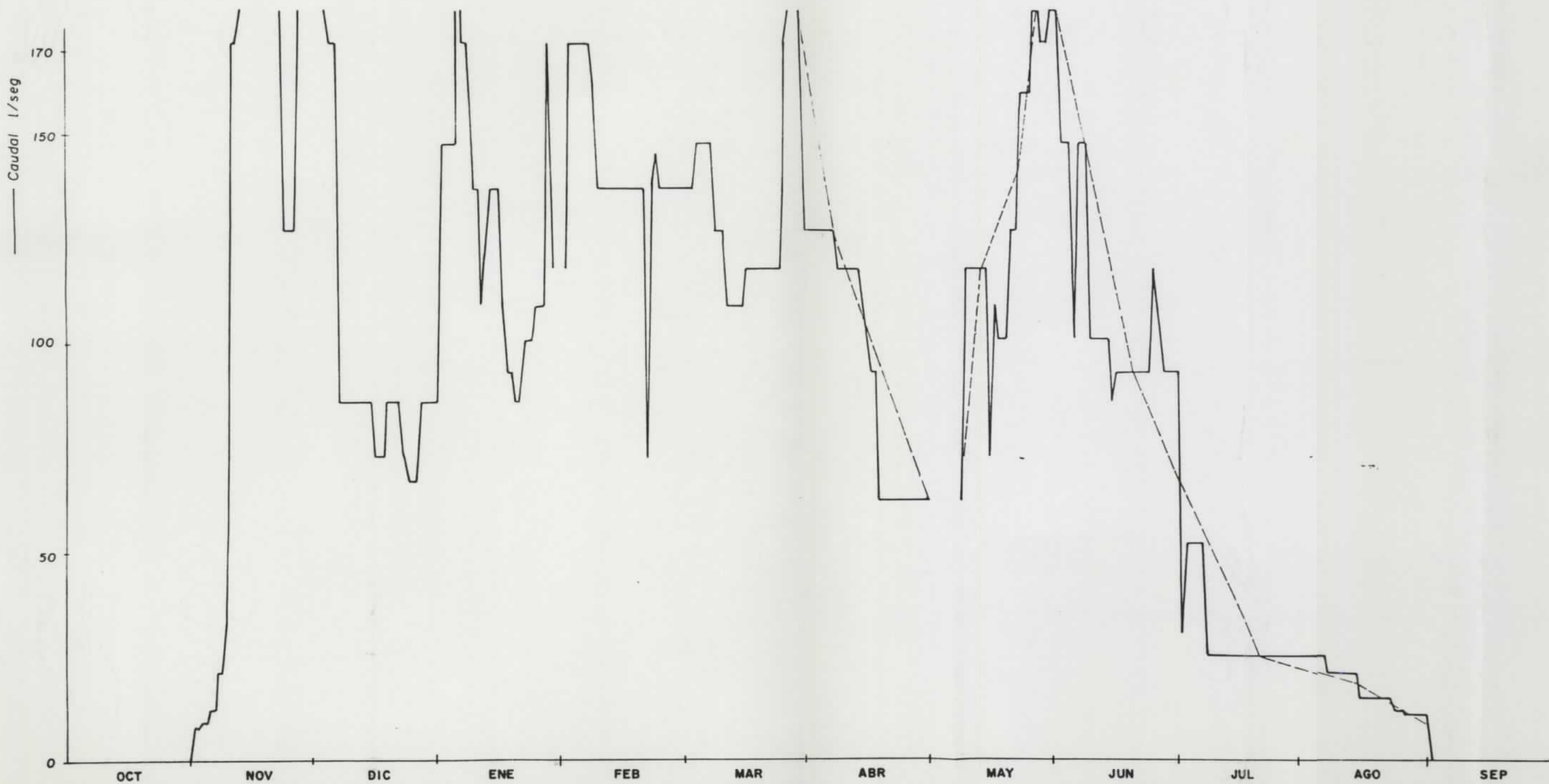
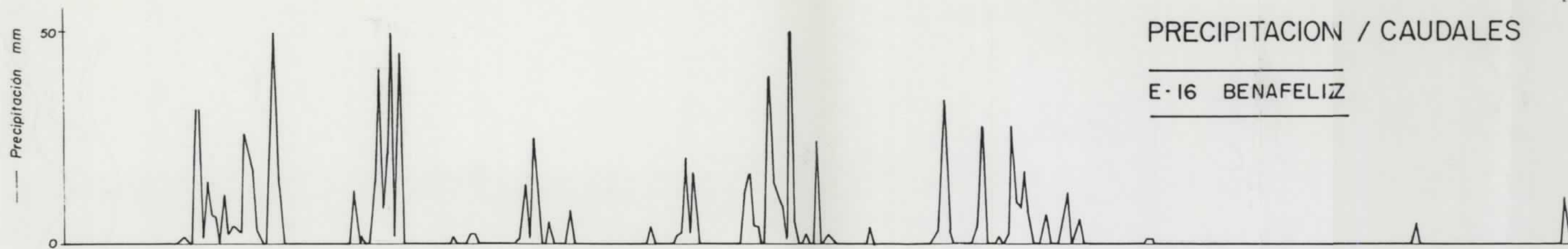


<u>MUESTRA</u>	<u>FACIES</u>	<u>FECHA</u>
1. Fuente Hedionda (1444-5013)	Sulfatada cálcica	Febrero-84
2. Esparragosilla (1444-5011)	Sulfatada cálcica	Febrero-84
3. Esparragosilla (1444-5011)	Sulfatada cálcico-magnésica	Junio -84

Fig. 8.12.

PRECIPITACION / CAUDALES

E-16 BENAFELIZ



8.6.- Unidad Sierra Alta-Peñón Grande o del Hondón.

Introducción

Se sitúa al sur del Corredor del Boyar, entre Ubrique y el SW de Grazalema, constituida por las calizas y dolomías del Subbético interno (Unidad del Peñón Grande). La extensión de sus afloramientos permeables es de 16,5 Km².

Características geométricas

El horizonte acuífero, (calizas y calizas oolíticas del Jurásico) cuya potencia puede superar los 500 m. y que presenta una estructura interna relativamente sencilla (trastocada, eso si, por innumerables y espectaculares fracturas que desplazan bloques y dejan simas abiertas de varios metros de anchura) aflora a lo largo de una franja alargada en dirección NE-SW. Hacia el N. queda bruscamente interrumpido por el flysch del corredor del Boyar que constituye una barrera impermeable, con una zona entre ambas de intensa escamación y compleja estructura.

Hacia el NE el límite se define, en principio, por la superficie de cabalgamiento de la Unidad del Enadrinal sobre el acuífero, bajo la que se insinúan materiales impermeables del Terciario subbético que separarían ambos conjuntos. Los materiales permeables de las

unidades del Endrinal y el Hondón llegan a ponerse en contacto directo en dicho límite ^{NE}, al menos localmente, y pueden estarlo más estrechamente en profundidad por cepillamiento tectónico del ya débil impermeable de techo definido.

En el extremo meridional, las relaciones de esta unidad con la de Ubrique quedan enmascaradas por depósitos cuaternarios en las inmediaciones de las áreas de descarga de ambas unidades

Puntos de agua asociados a la unidad

Los únicos puntos significativos son los manantiales de El Hondón (1444-5002) y Benafeliz (1444-5003), que surgen a cotas de 430 y 340 m.s.n.m. respectivamente, por contacto con el impermeable de muro.

El de Benafeliz se controla directamente mediante la escala E-16 y , conjuntamente con los restantes de Ubrique, en el río Ubrique (escala E-17) que sirve de comprobación y contraste.

Su caudal medio en el año 83-84 fue 111 l/s, -- variable entre 60 y 180 según los aforos directos.

El manantial del Hondón se controla conjuntamente con otros en el río Tavizna (E-3), de cuya aportación subterránea representa un 50-60%.

HIDROGRAMAS 1983 - 84

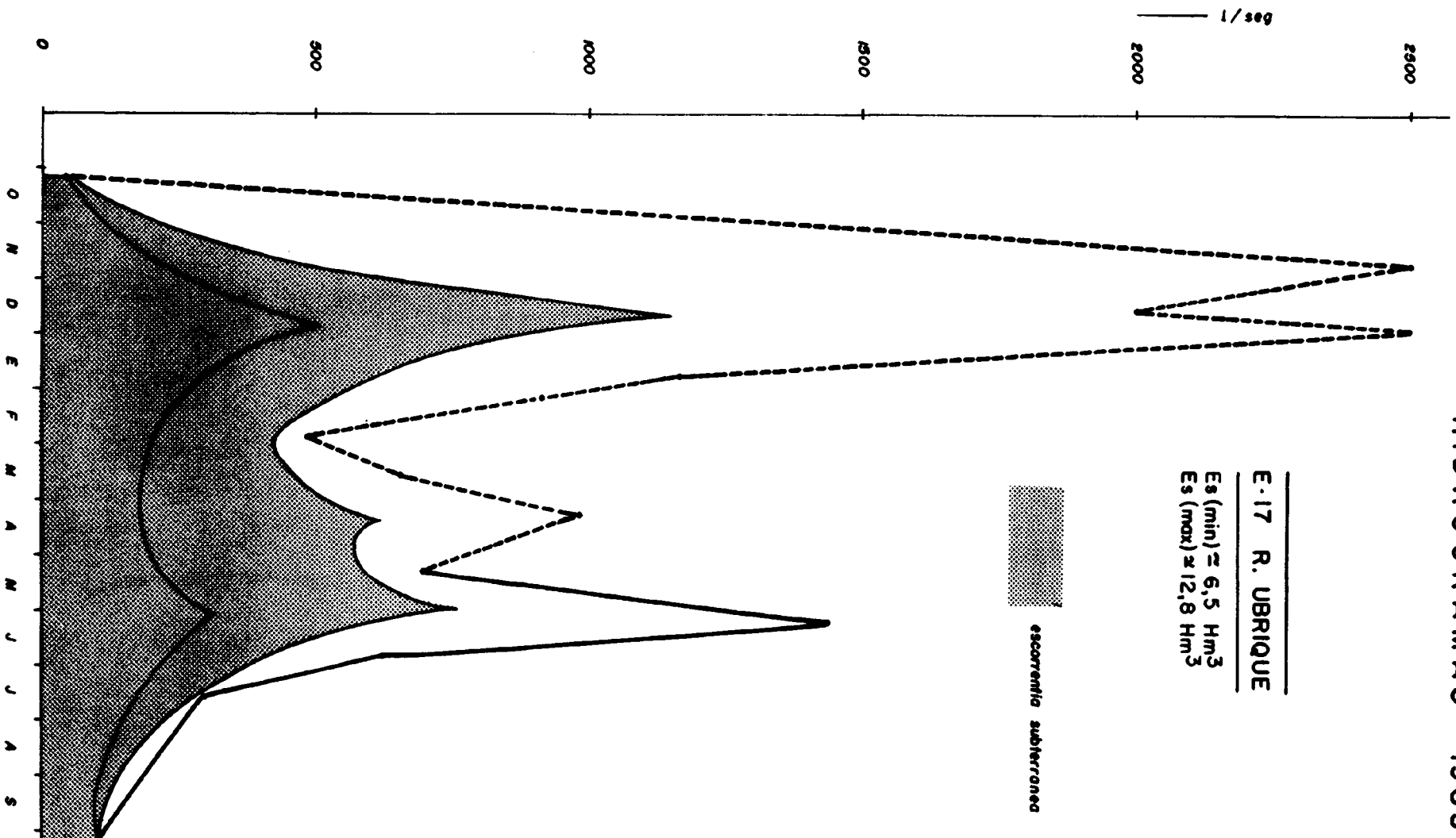


Fig. 3.14.

HIDROGRAMAS 1983 - 84

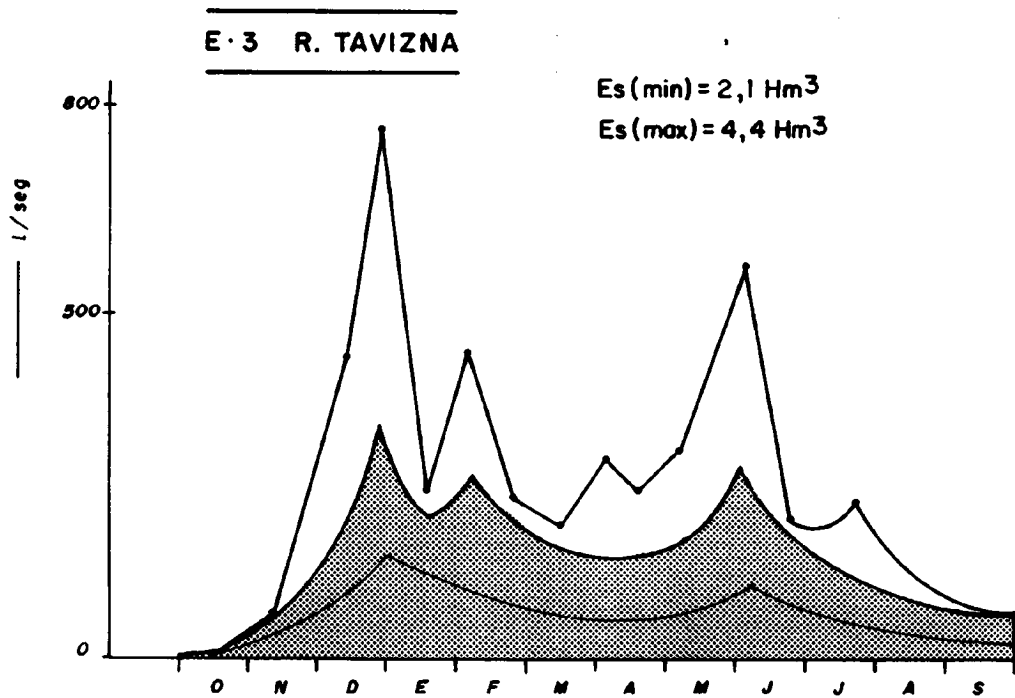


Fig. 8.15.

escorrentia subterranea



Se adjuntan los hidrogramas de los aforos realizados en las tres escalas que afectan a la unidad mencionada.

Funcionamiento hidráulico. Balance

La unidad se alimenta a partir de la infiltración de la lluvia sobre sus $16,5 \text{ km}^2$ de afloramientos permeables, de los que 6 son cuencas endorreicas intensamente karstificadas.

Hay que considerar, por otra parte, la alimentación subterránea procedente de la unidad del Endrinal, que como se verá más adelante se estima en $3 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

Aplicando en primera aproximación el método convencional de Thorthwaite para el período 1963-83 se obtendrían unas entradas totales al acuífero de $15 \text{ Hm}^3/\text{a}$, incluida la alimentación procedente de la unidad del Endrinal. Ello representa un 48% de la lluvia total caída en la unidad.

El drenaje de la unidad, componente del balance mejor controlado en este caso y más fiable, totaliza el año 1983-84, $5,7 \text{ Hm}^3$ como máximo, de acuerdo con el cierre del balance de las unidades vertientes al embalse de los Hurones.

Extrapolada esta cifra para la serie de 20 años se calculan unos recursos subterráneos medios de $5,3 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

Las pruebas de trazadores realizadas, que se comentarán al definir la unidad de Ubrique, ponen de manifiesto la conexión de ésta con la unidad del Hondón, que se produciría probablemente muy próxima a las áreas de descarga de ambas, bajo el recubrimiento cuaternario existente al N de Ubrique.

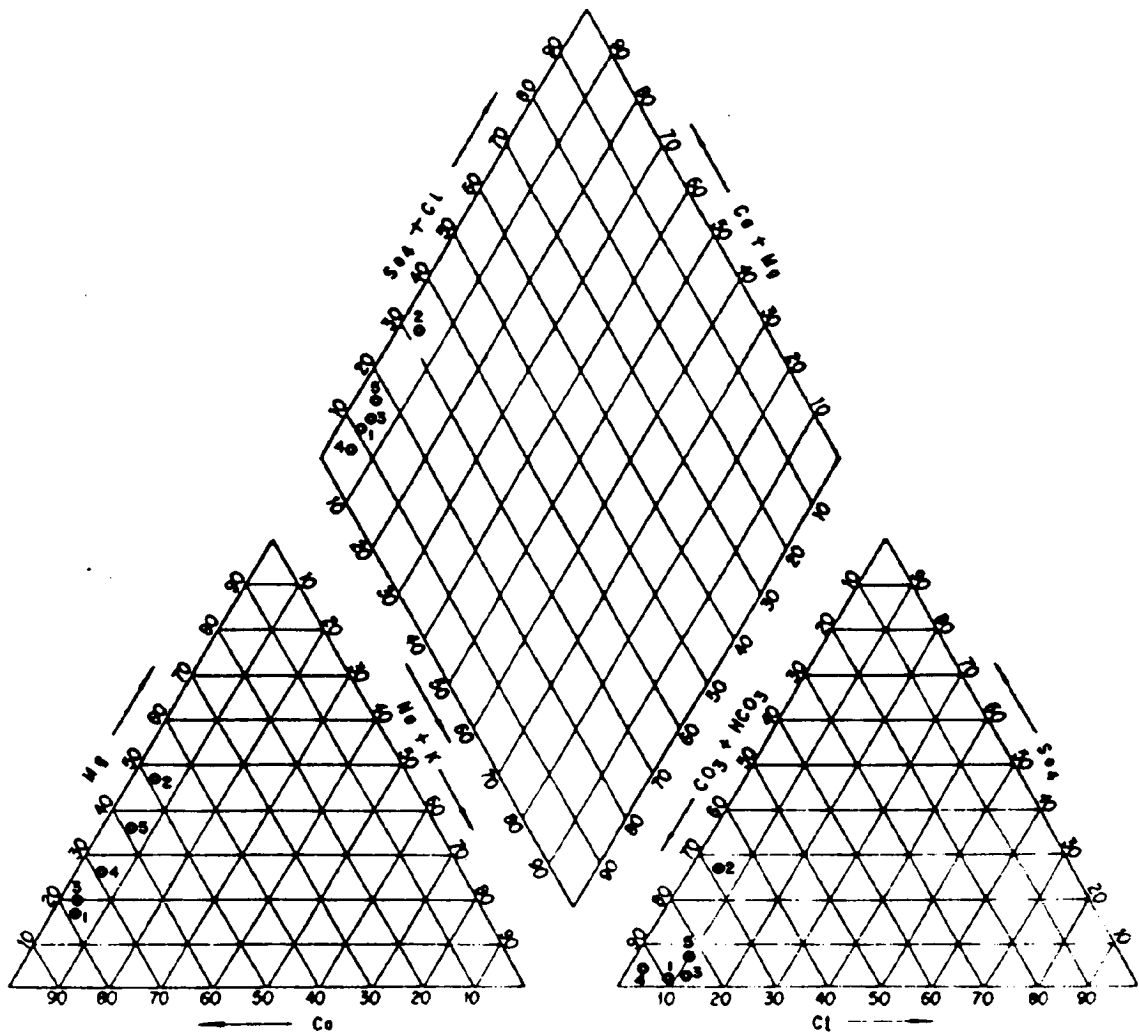
Calidad del agua

Las aguas de la Unidad Sierra Alta-Peñón Grande tal como se refleja en los diagramas de Stiff del plano n°7, presentan una mineralización baja y son perfectamente aptas para cualquier uso.

Los análisis de los dos principales puntos de descargas de la Unidad (Hondón y Benafeliz) denotan facies bicarbonatadas cálcicas/bicarbonatadas cálcico-magnésicas con un aumento relativo de la proporción Mg^{++}/Ca^{++} similar al observado en otras unidades.

En el diagrama triangular de Piper adjunto puede seguirse claramente el aumento porcentual del Mg^{++} y al tiempo que disminuye el de Ca^{++} .

DIAGRAMA TRIANGULAR DE PIPER
UNIDAD SIERRA ALTA-PEÑON GRANDE O DEL HONDON



MUESTRA	FACIES	FECHA
1. El Hondón (1444-5002)	Bicarbonatada cálcica	Julio 83
2. El Hondón (1444-5002)	Bicarbonatada cálcico-magnésica	Junio 84
3. Benafeliz (1444-5003)	Bicarbonatada cálcica	Julio 83
4. Benafeliz (1444-5003)	Bicarbonatada cálcica	Marzo 84
5. Benafeliz (1444-5003)	Bicarbonatada cálcico-magnésica	Junio 84

Fig. 3.16.

8.7.- Unidad del Endrinal

Introducción

Esta unidad, con una superficie de 15 km² se sitúa al Sur de Grazalema coincidiendo con la Sierra del Endrinal, cuyas cotas máximas constituyen la divisoria hidrogeológica entre la cuenca del Guadalete y la cuenca endorreica del Gaduares.

Características geométricas

Los materiales que forman esta unidad corresponden a calizas, localmente dolomías del Jurásico, pertenecientes al dominio subbético interno, que alcanzan - potencias de 400-500 metros y poseen una permeabilidad elevada.

La estructura interna del macizo carbonatado responde a un gran anticlinal cuyo eje, de dirección N20E (N-S la mitad septentrional) coincide a grandes rasgos con la divisoria de aguas superficiales.

En el núcleo de este anticlinal afloran, de forma discontinua, los materiales triásicos de la base del subbético interno, que actúan de umbral impermeable dividiendo a la unidad, a efectos hidrogeológicos, en dos sectores interconectados solo parcialmente.

Los límites vienen impuestos en el sur por el contacto generalmente normal, con el impermeable de muro constituido por las margas y arcillas Triásicas. El límite norte es de carácter tectónico, definido por una serie de fallas normales que emergen el acuífero bajo materiales impermeables de naturaleza flyschoides. Al Este la presencia de las margas y margocalizas cretáceas (facies "capas rojas") condiciona un límite cerrado (contacto con impermeable de techo), aunque parece más que probable una continuidad en profundidad de las calizas jurásicas de la Unidad del Endrinal con las de la Sierra de Líbar (Corte Geológico III). - El único límite parcialmente abierto de la Unidad es el Oeste en el que, por medio de una superficie de cabalgamiento, llega a suponerse directamente a la unidad del Hondón.

Puntos de agua asociados a la Unidad

La Unidad del Endrinal no posee ningún punto de descarga visible excepción hecha de pequeños manantiales situados a cotas muy elevadas y cuyos caudales, inferiores a 1 l/s, no justifican las entradas que se producen.

En el kilómetro 3 de la carretera que une las localidades de Grazalema y Villaluenga del Rosario se localiza un sumidero que absorbe todo el agua procedente de la escorrentía superficial del área próxima. En

determinadas ocasiones en que la precipitación alcanza valores muy elevados este punto actúa en sentido inverso drenando caudales muy importantes.

Funcionamiento hidráulico. Balance

La ausencia de puntos de agua significativos - asociados a la unidad refuerza la hipótesis de un trasvase subterráneo de agua hacia la unidad del Hondón - situada al Oeste y hacia la Unidad de Montejaque, con la que se supone conectada en profundidad, hacia el - Este.

Aplicando coeficientes de infiltración similares a la media de los calculados para el resto de las unidades (32% de la Precipitación) se obtienen unos recursos medios de $9 \text{ Hm}^3/\text{años}$, de los que 6 se incorporan a la unidad de Montejaque-Cortes y 3 a la del Hondón.

8.8.- Unidad de Ubrique

Introducción

Esta unidad, con una superficie de 24 km², se localiza en el extremo suroccidental del área estudiada y corresponde a la Sierra de Ubrique y a la vertiente meridional de la Sierra del Caillo.

Características geométricas

Los materiales permeables de la unidad están constituidos por dolomías y calizas jurásicas pertenecientes al subbético interno que alcanzan una potencia superior a los 500 m.

La estructura de la Sierra de Ubrique corresponde a un anticlinal, cuyo eje de dirección N70E se sitúa paralelamente en la Manga de Villaluenga y 1 km. al sur de esta, afectado en sus bordes por fallas normales.--

Estas fracturas son perpendiculares a los pliegues y en los límites Oeste y Sur presentan un salto vertical importante llegando a sumergir las calizas bajo los materiales del campo de Gibraltar. Existe otra familia de fallas de dirección N-S que desnivela los distintos bloques y una serie de fallas de gravedad, paralelas a los pliegues que dan lugar a las depresiones tectónicas de la Manga de Villaluenga, en cuyo fondo plano afloran los materiales del Cretácico superior.

Los límites de la unidad son, en gran parte, de carácter tectónico, impuesto por la actuación de las fallas normales en el extremo sur y oeste y por el contacto, localmente mecánico, con el trias impermeable en el extremo norte. El límite este corresponde al contacto normal entre la serie jurásica y las facies de "capas rojas" del Cretácico (Ver cortes IV, V y VII del plano 7).

El grado de Karstificación de los materiales carbonatados que forman la unidad, es elevado, favorecido en gran medida por la fuerte tectónica. Las formas exokársticas más representativas corresponden al polje de la Manga de Villaluenga originado por la acción de las fallas gravitacionales de dirección N70E y que constituye una cuenca endorreica de 7 km² de superficie. También se localizan algunas dolinas de fondo llano y campos de lenar muy bien desarrollados.

Como forma endokársticas más importantes hay que señalar la sima de Villaluenga, formada por disolución a través de una fractura y que actúa de sumidero de la cuenca endorreica de Villaluenga. La conexión de esta sima con los manantiales situados en Ubrique ha quedado demostrada con una prueba de inyección de trazadores realizada recientemente y cuyos resultados se analizan en el epígrafe siguiente. Además existen otras simas de menor importancia distribuidas a lo largo del borde Norte y Noreste de la sierra de Ubrique.

La geometría interna del acuífero viene condicionada por la actuación de los juegos de fracturas descritos que provocan una compartimentación de algunos sectores de la unidad aunque no parece probable que esto haya condicionado una interconexión clara entre los mismos. En la Manga de Villaluenga se ha efectuado tres sondeos de reconocimiento que ponen de manifiesto la continuidad de los materiales carbonatados bajo los sedimentos del cretácico superior.

Inyección de trazadores

A fin de establecer relaciones entre algunos sumideros y las emergencias y a la vez estimar la velocidad de circulación del agua subterránea se hizo una prueba de inyección de colorante.

La inyección se realizó en la Unidad de Ubrique con el fin, adicional de investigar las relaciones de esta unidad con el manantial de Benafeliz, que en principio se considera que drena la unidad de El Hondón.

Aprovechando el sumidero de la Sierra de Villaluenga, que recoge la escorrentía superficial de una cuenca de unos 7 km², se inyectó colorante coincidiendo con la época de lluvias del mes de Noviembre, las primeras después del largo estiaje de 1.984.

El colorante utilizado fue fluoresceína sódica de la siguiente composición: $C_{20} H_{10} O_5 Na_2$. Se introdujeron 750 gr., disueltos en un bidón de 200 l y con la adición de 4 litros de alcohol y 2 de amoniaco para asegurar una perfecta disolución.

La cantidad de colorante se calculó teniendo en cuenta el mínimo detectable por los fluocaptadores, ya que las emergencias probables coincidían con los manantiales de abastecimiento a la población de Ubrique (17.000 habitantes) y se pretendió que el colorante no fuese visto a simple vista lo que hubiera causado la natural alarma.

Los fluocaptadores consistieron en carbón activo en forma granulada con una gran capacidad de retención de la fluoresceína. En el laboratorio pueden llegar a detectarse concentraciones de solo 0.001 ppm.

Se dispusieron fluocaptadores en los 3 manantiales de Ubrique : Benafeliz, Cornicabra y El saltadero y en los mismos puntos se tomaron muestras de agua diariamente.

La inyección de fluoresceína fue realizada el día 16 de Noviembre y la recolección de fluocaptadores se hizo los días 22 y 27 de Noviembre, es decir a los 11 días de la inyección.

La distancia a la sima de Villaluenga es aproximadamente de 5,6 km. en línea recta.

Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

- La fluoresceína no se ha detectado en ninguna de las muestras de agua, sin duda por tratarse de concentraciones muy pequeñas.
- Los fluocaptadores fueron tratados con una solución de potasa alcohólica al 10%, en tubos de ensayo de tapón roscado para su agitación, en la proporción de 1/3 de carbón y 2/3 de potasa alcohólica. La presencia de fluoresceína se detectó con luz normal al cabo de 12 horas. No se creyó necesario realizar el ensayo con luz ultravioleta puesto que se consideró suficientemente representativo.
- En los fluocaptadores recogidos a los 6 días se detecta la presencia de fluoresceína en los correspondientes a los manantiales de Benafeliz y Saltadero. En las muestras recogidas a los 11 días se detecta perfectamente en el otro manantial, Cornicabra, y muy tenuemente en los manantiales de Benafeliz y Saltadero.
- En cualquier caso se colocaron nuevos fluocaptadores para observar así el tiempo en que sigue detectándose la aparición de fluoresceína..

Velocidad de circulación del agua subterránea

A la vista de las pruebas realizadas cabe concluir que las primeras partículas de agua han llegado a los manantiales a una velocidad del orden de 930 m/día y las siguientes a 500 m/día.

Si para eliminar errores se considera la última velocidad se puede llegar a la siguiente estimación para la Transmisividad.

Hay que decir por otra parte que estas velocidades son concordantes con las medidas en otros macizos kársticos españoles que oscilan normalmente entre 0,5 y 1 km/día (macizos kársticos de Larra en Navarra, de Banyoles (Gerona), del Poljé de Zafarraya (Granada) etc.

El movimiento general del agua subterránea viene regulado por la ley de Darcy

$$Q = T_e \frac{dh}{dl}$$

siendo Q el caudal circulante a través de una isopieza de longitud l y T la transmisividad del medio.

Sabiendo que el gradiente hidráulico según el modelo digital es del 2,5% y la porosidad total del 1%, se puede sustituir la fórmula por la expresión

$$v = \frac{T i}{h m_e}$$

siendo h el espesor saturado.

Dado un espesor saturado de los conductos preferentes del orden de unos 20 m. si consideramos

$V = 1000 \text{ m/día}$, nos queda la expresión:

$$T = \frac{V \cdot h \cdot m_e}{i} = \frac{1000 \text{ m/día} \times 20 \text{ m} \times 0.01}{0.025}$$

con lo que la transmisividad de la capa preferente sería del orden de

$$T = 8000 \text{ m}^2/\text{día}, \text{ y la permeabilidad}$$
$$K = 400 \text{ m/día}$$

Como es lógico esto no es extrapolable a todo el acuífero sino sólo a los conductos preferentes. De hecho, como ocurre siempre, el tiempo que tarda en salir la fluoresceína es muy dilatado y las distintas partículas de agua tienen tiempo de tránsito muy heterogéneas y en cualquier caso mucho mayores.

Puntos de agua asociados a la Unidad

Solamente se han inventariado tres surgencias importantes, con caudales medios mayores a 1 l/s, directamente relacionados con la unidad de Ubrique. Dos de ellas corresponden a manantiales permanentes situados en el borde de la unidad y dentro de la población de Ubrique: El Manantial de Cornicabra (1444-5041), el mas importante, que sirve de abastecimiento al núcleo

urbano se encuentra situado a una cota de 340 metros -
s.n.m.

El manantial de "El Saltadero" o Algarrobal --
(1444-5001) tiene una cota de surgencia de 340 y se -
encuentra regulado por un sondeo que, en época estival,
se emplea para complementar el abastecimiento a Ubrique.

Los caudales de ambos manantiales presentan unas
variaciones estacional muy importantes y estrechamente
ligadas al régimen pluviométrico como queda patente en
los diagramas precipitación/caudal.

Además existe otro importante manantial, El Gar-
ciago (1445-1004) de carácter estacional localizado en
el borde Sur y claramente ligado a la red de fracturas
de "El Salto del Pollo". Este manantial presenta un -
funcionamiento "trop plein" de forma que tras una épo-
ca de fuerte precipitación se producen importantes sa-
lidas a través de varios puntos situados a cotas abso-
lutas variables entre 360 y 410 metros. En conjunto --
estas salidas llegan a drenar un caudal superior a --
3000 l/seg durante un tiempo que en función de la in-
tensidad y duración de las precipitaciones puede osci-
lar entre 7 y 30 días (ver esquema de funcionamiento).

De menor importancia son una serie de manantia-
les, situados también en el extremo sur, y a cotas su-
periores a los 500 m.s.n.m., con regímenes, muy varia-
bles en función de la pluviosidad, (desde cero a 5 l/s)

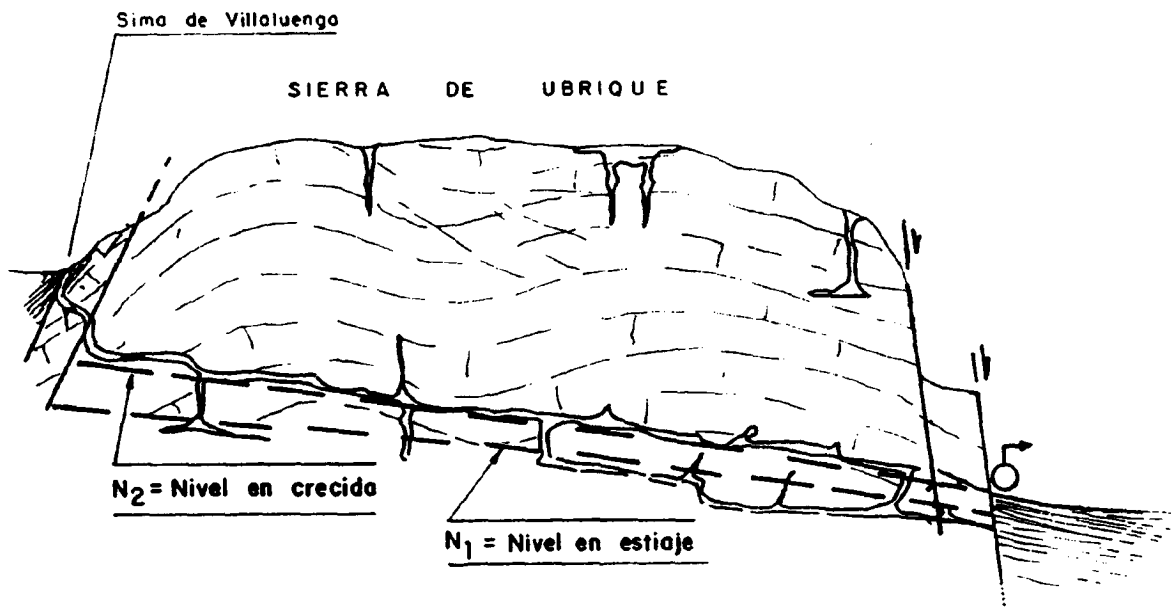
Funcionamiento hidráulico. Balance

La circulación de las aguas subterráneas en el interior de la unidad de Ubrique responde a un esquema sencillo y en términos generales bien conocidos.

El agua caída sobre los afloramientos carbonatados se infiltra en el acuífero a través de las fisuras o discurre hacia las partes deprimidas (dolinas y poljes) donde una parte se evapora y otra, unida al agua de escorrentía superficial procedente de las cuencas endorreicas, percola en el acuífero por la sima de Villaluenga y otras simas y sumideros de menor entidad.

La posterior circulación en el interior de la unidad se ve favorecida por la existencia de conductos kársticos bien desarrollados lo que propicia velocidades relativamente altas (500-1000 m/día). Este hecho se ha podido constatar mediante el empleo de colorantes inyectados en la Sima de Villaluenga.

La descarga natural del acuífero se efectúa --
principalmente por los materiales de Cornicabra, a --



ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LAS SURGENCIAS DEL GARCIAGO

una cota absoluta de 340 metros, y El Saltadero (330 - m.s.n.m.) ambos situados en Ubrique y con régimen de - descarga muy variables en función de la precipitación. (ver gráficos precipitación/caudales). Como ya quedó - indicado en el apartado de inventario de puntos acuífe - ros, existe un tercer punto de descarga natural (Garcia - go) que funciona, según se refleja en el esquema adjun - to, en períodos en que la pluviosidad es alta. En rea - lidad se trata de una serie de surgencias que situadas a cotas variables entre los 360 y 410 metros, llegan a drenar un caudal conjunto superior a los 3000 l/seg.

A efectos de balance hay que considerar también la existencia de pequeños puntos de descarga, en su mayor parte estacionales, a lo largo del contacto mecánico entre el macizo carbonatado y los materiales impermeables de las unidades del Campo de Gibraltar, en el límite sur de la unidad.

El sondeo de El Saltadero, que regula el manantial del mismo nombre, constituye la única extracción por bombeo del acuífero. Su caudal de explotación medio es de 30 l/seg. y solamente se usa en verano como complemento del abastecimiento al núcleo urbano.

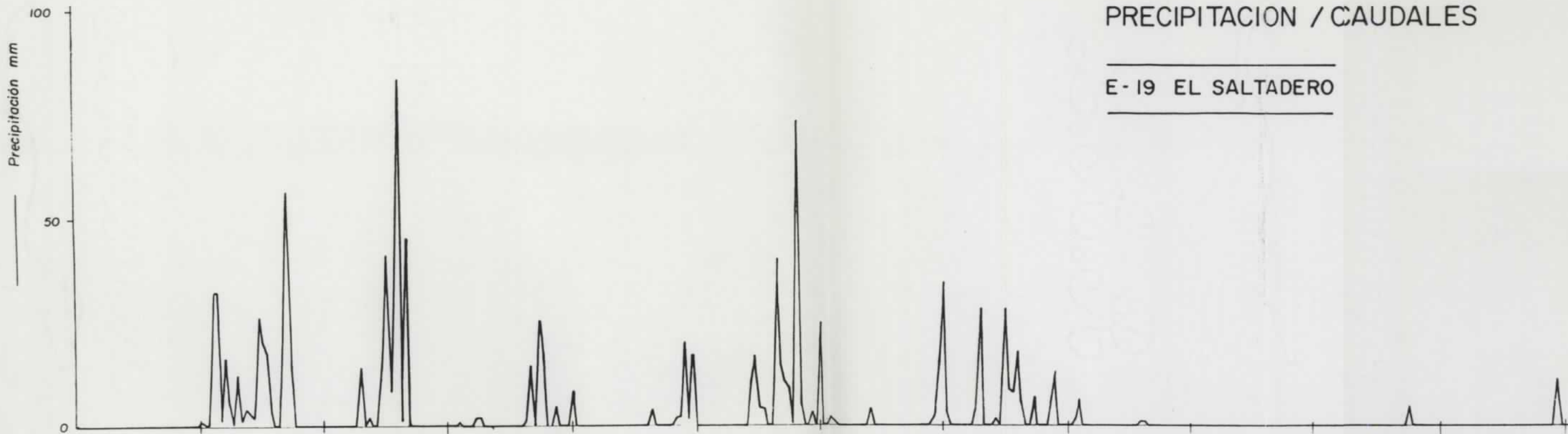
Para el establecimiento del balance en la Unidad de Ubrique se han considerado independientemente la superficie correspondiente a los afloramientos calizos - que constituyen el acuífero y la superficie de la cuenca endorreica de Villaluenga. En el cuadro adjunto se indican los valores de precipitación para el período - de 20 años y para el año hidrológico 83-84

UNIDAD DE UBRIQUE (*)	SUPERFICIE (Km ²)	PRECIPITACION Hm ³ /a media 20 años 1983-84	
Afloramientos permeables	18	27	28
Cuencas endorreicas	7	9	9,5
T O T A L	25	36	37,5

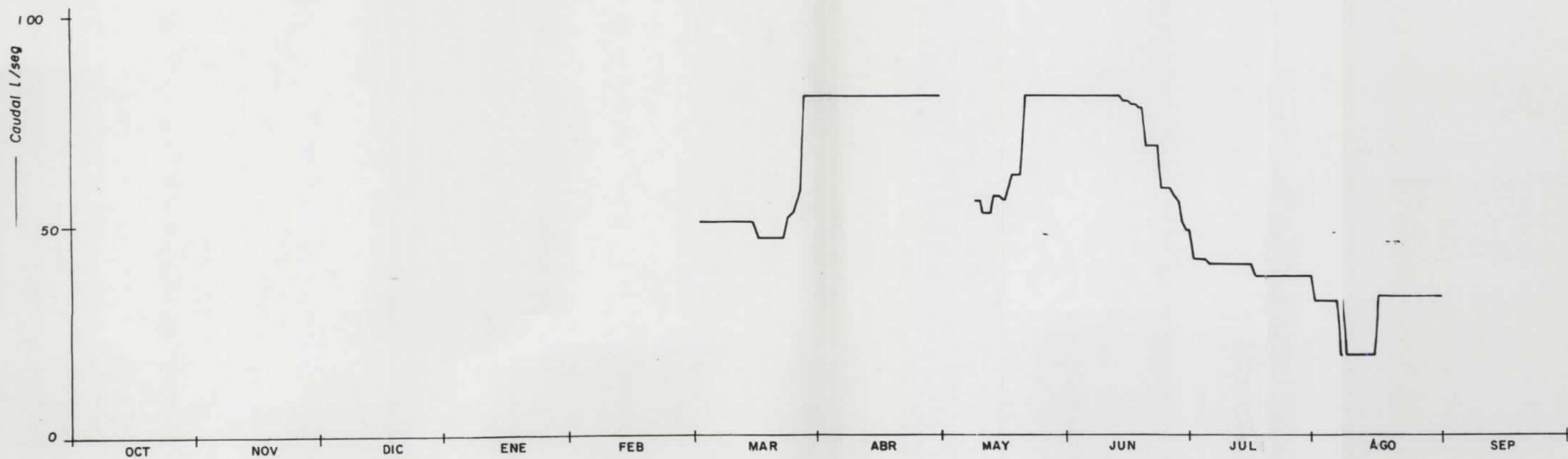
(*) La superficie de la Unidad es de 24 km², 6 de los cuales - corresponde a la cuenca endorreica. El Km² restante de cuenca endorreica pertenece a tramos impermeables.

PRECIPITACION / CAUDALES

E-19 EL SALTADERO



ESCORRENTIA SUBTERRANEA 1,0 Hm³/a



Las salidas controladas con escalas totalizan $5,2 \text{ Hm}^3$ para el año 1.983-84 ($4,2 \text{ Hm}^3$ en Cornicabra y 1.0 Hm^3 en El Saltadero).

La descomposición del hidrograma correspondiente a las aportaciones en la estación de aforo del Río Ubrique (ver gráfico) para el mismo período, da unos valores de escorrentía subterránea variables entre $6,5$ y $12,8 \text{ Hm}^3$, de los que $3,5$ proceden del manantial de Benafeliz y el resto de las descargas de la unidad de Ubrique (3-9,3). Admitiendo como valor más probable el segundo, la aportación subterránea de la unidad de Ubrique totalizaría $9,3 \text{ Hm}^3$ ($5,2 \text{ Hm}^3$ correspondientes al drenaje a través de Cornicabra y Saltadero y $4,1 \text{ Hm}^3$ perteneciente a la descarga por las surgencias del Garciago y los manantiales del borde Sur): Valor que extrapolado a la serie de 20 años representa unos Recursos medios de $9 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

Dando por buenas estas cifras el índice de infiltración alcanza el 25% de la precipitación, lo que a la vista de las características del acuífero parece bastante lógico.

Si se realiza el balance por el método de Thorthwaite y de Kessler, según los valores obtenidos en el capítulo de climatología, se obtienen coeficientes de infiltración del 50%-55% respectivamente, que resultan excesivamente altos, tal como se comprueba posteriormente en el balance conjunto de unidades vertientes al Pantano de los Hurones.

El ensayo de inyección de fluoresceína en la Sierra de Villaluenga ha puesto de manifiesto la interconexión entre las unidades de Ubrique y el Hondón. También parece probable, a la vista de la geología y la estructura de las formaciones del subbético interno -- en el área, una continuidad del Jurásico carbonatado -- bajo el Cretaceo superior y las formaciones tipo flysch del Campo de Gibraltar, en la Garganta de Barrida-Arroyo de los Alamos. En los cortes geológicos que afectan a la zona (III, V y VII del Plano 4) se ha interpretado esa posible continuidad que permitiría el intercambio hídrico entre las dos unidades. La profundidad hasta las calizas jurásicas, de permeabilidad elevada, resulta difícil de estimar debido a la existencia en los bordes próximos de fallas normales con importante salto vertical.

Calidad del agua

Se han analizado muestras de agua procedentes de los principales puntos de descarga y correspondientes a diferentes épocas. Los resultados obtenidos -- ponen de manifiesto que se trata de aguas con facies bicarbonatadas cálcicas/bicarbonatadas calcico-magnésicas, escasamente mineralizadas (Resíduos sólidos menores a 400 mgr/l) y químicamente aptas para consumo humano. (ver diagrama de Piper).

Al igual que en las muestras de otras unidades se ha podido constatar el aumento de la relación rMg^{++}/rCa^{++} desde junio del 83 a julio del 84, sin que, debido al escaso período de observación, se pueda precisar si esta tendencia está ligada al régimen de descarga o a cualquier otro factor. De cualquier manera sería conveniente un seguimiento periódico más prolongado de la evolución química de las aguas que permitiera establecer las posibles causas de este fenómeno.

Por último hay que señalar la contaminación bacteriológica observada en el manantial de Cornicabra debida probablemente al vertido de residuos humanos y animales directamente sobre las calizas aguas arriba del manantial .

En el Plano 7 se representan los diagramas de Stiff correspondientes a los principales manantiales ligados a la Unidad de Ubrique.

HIDROGRAMAS 1983 - 84

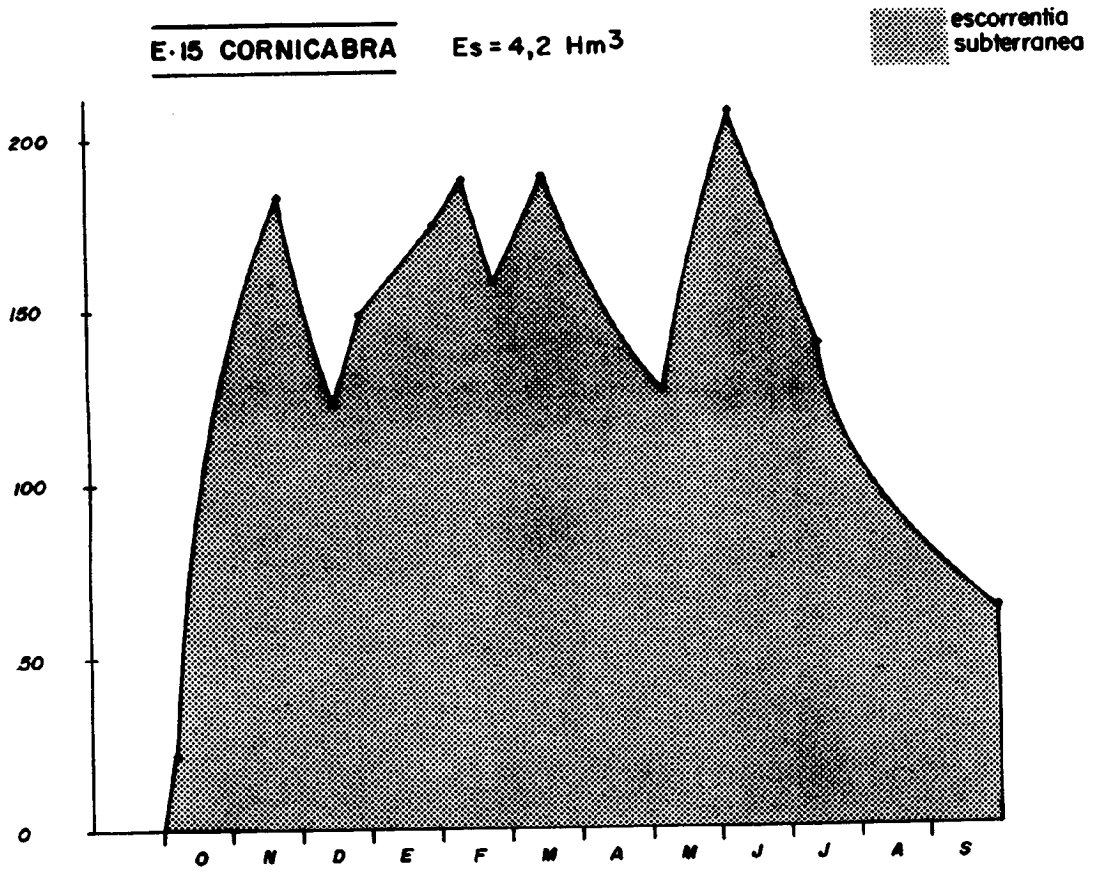
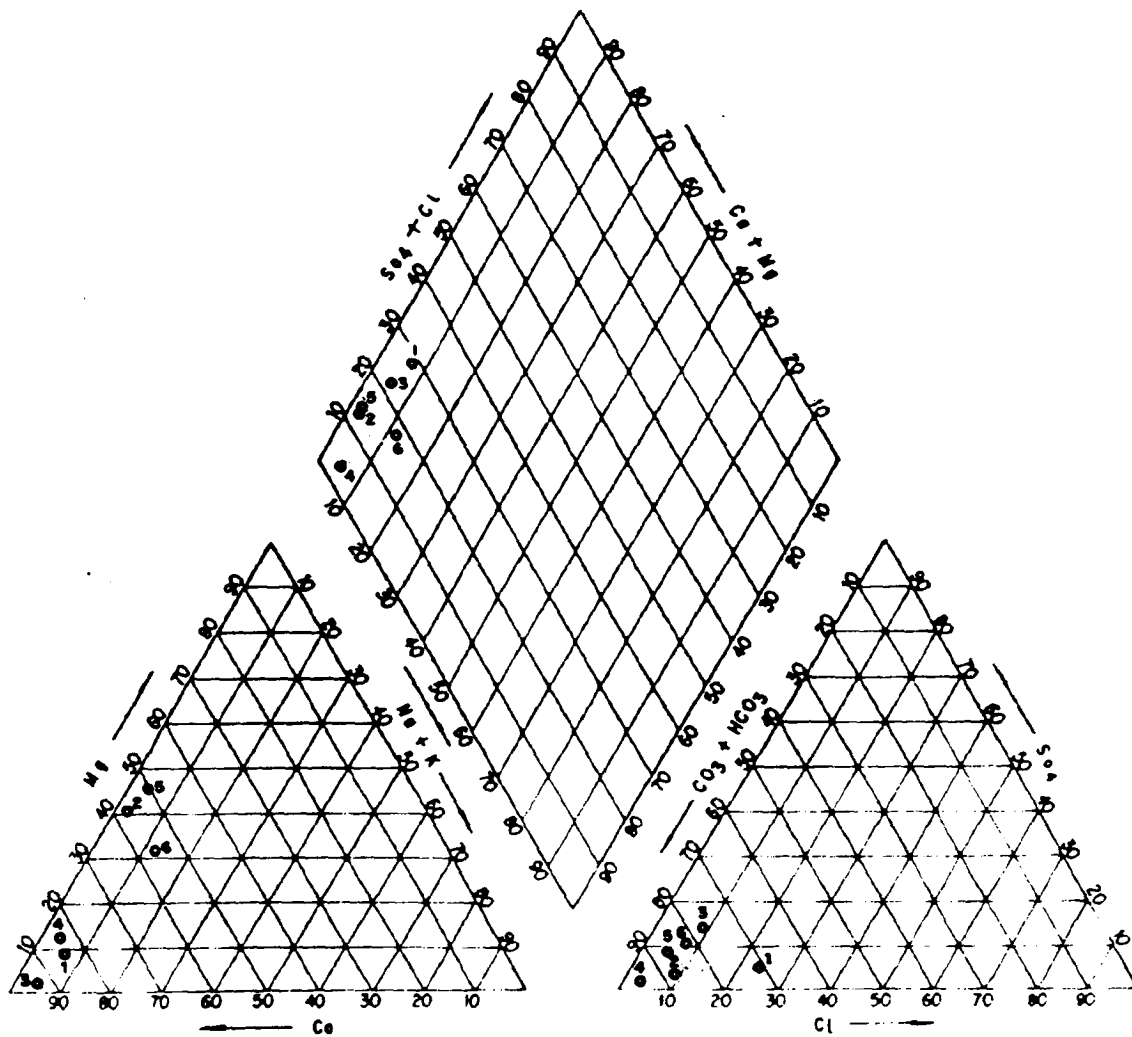


Fig. 8.18.

DIAGRAMA TRIANGULAR DE PIPER
 UNIDAD DE UBRIQUE



MUESTRA

FACIES

FECHA

1. El Saltadero (1444-5001)	Bicarbonatada cálcica	Julio 83
2. El Saltadero (1444-5001)	Bicarbonatada cálcico-magnésica	Junio 84
3. Cornicabra (1444-5004)	Bicarbonatada cálcica	Julio 83
4. Cornicabra (1444-5004)	Bicarbonatada cálcica	Marzo 84
5. Cornicabra (1444-5004)	Bicarbonatada cálcico-magnésica	Junio 84
6. Garciago (1445-1004)	Bicarbonatada cálcico-magnésica	Junio 84

Fig. 8.19.

8.9.- Unidad Montejaque-Cortes

Introducción

Esta unidad, con una superficie de 80 km², es la mayor de las estudiadas, y está formada por una serie de alineaciones montañosas que, según una dirección NE-SW, se extiende entre las localidades malagueñas de Montejaque y Cortes de la Frontera (Sierra de Líbar, Mojón Alto, Sierra de Montalate, Sierra de los Pinos, Sierra Blanquilla, Sierra del Palo, Juan Diego y Mures). El sector suroccidental (Sierra de Líbar) -- pertenece a la provincia de Cádiz y el resto a la provincia de Málaga.

Características geométricas

Los materiales permeables que constituyen esta Unidad pertenecen al dominio subbético interno, representado por Dolomías, calizas y calizas oolíticas del Eías de elevada permeabilidad sobre la que se encuentran depositadas calizas grises y calizas nodulosas - del Jurásico superior. La potencia total de la formación supera los 500 metros.

La estructura del macizo carbonatado corresponde a grandes rasgos, como queda patente en los cortes geológicos I, IV, V y VII del plano 4, a dos anticlina -

les paralelos: Sierra de Líbar-Mojón Alto-Montalate y Sierra de los Pinos-Sierra del Palo-Juan Diego, de dirección N40E delimitados por una serie de fracturas - longitudinales de gran continuidad que dan lugar a la existencia de depresiones y poljes en el núcleo de la unidad. Además existen otros juegos de fracturas según direcciones NS, N20-30W y N60W que provocan una compartimentación en sentido transversal.

Los límites de la unidad vienen impuestos por el contacto de los niveles permeables con los tramos margosos de techo del Cretáceo superior, y localmente del Cretácico inferior, correspondiendo el muro im-permeable a las arcillas y margas triásicas propias - del subbético interno.

De las 8 unidades hidrogeológicas diferenciadas en el área de estudio, es la de Montejaque-Cortes la que ofrece un modelado kárstico, a gran escala, más espectacular, por la existencia de importantes cuencas - endorreicas y por la gran variedad y cantidad de for-mas exokársticas y endokársticas que, con un marcado - carácter estructural, se presentan.

Estrechamente ligadas a esta unidad, aunque si- tuadas sobre materiales flyschoides terciarios, se en- cuentran las cuencas endorreicas del río Gaduares o - Campobuche, con una ,superficie de 43,5 Km² y la del - Arroyo de los Alamos, con una superficie de 30 Km². --

Los diversos estudios espeleológicos realizados en la zona han puesto de manifiesto la existencia de otras formas endokarsticas de interés, como la sima del Republicano o Cabo de Ronda, las tres simas menores de Aljibe, todas en el flanco oeste de la sierra de Libar, y más de una veintena de agujeros que actúan como sumideros cuando funciona el Arroyo de los Alamos.

Más numerosas y variadas son las formas exokársticas cuyo mejor exponente son el polje cerrado de los llanos de Libar de 7 kilómetros de longitud y el polje abierto de Benaoján, situado entre la Sierra de Juan Diego y Mures, con una longitud de 2,8 kms. A lo largo de toda la unidad y de forma excepcional en el borde occidental se localizan docenas de dolinas de fondo llano y uvalas. La existencia de frecuentes campos de lenar, con pitones de hasta 10 metros, así como pequeños Valles ciegos y varios poljes de pequeña extensión confieren a la zona un karst de apariencia semitropical.

La ausencia, casi total, de sondeos mecánicos en la unidad Montejaque-Cortes, impide contar con datos precisos acerca de la geometría interna del acuífero. Sin embargo el estudio de los puntos de drenaje hace pensar en un fiel reflejo de las estructuras observables en superficie sobre la disposición de los materiales acuíferos en profundidad, que responde así a una serie de grandes compartimentos permeables, de desigual desarrollo vertical cuya interconexión, deducible de las cotas de los puntos de descarga, parece manifiesta, lo que no impide que queden pequeñas unidades totalmente independientes.

Puntos de agua asociados a la Unidad

Al igual que en resto de las unidades, se ha llevado a cabo un riguroso inventario de las surgencias que drenan la Unidad Montejaque-Cortes, como herramientas indispensable para determinar el funcionamiento de la misma, así como el establecimiento del balance hídrico.

De los 20 manantiales inventariados (amén de 16 sondeos de investigación que aportan algunos datos acerca de la posición de las calizas jurásicas bajo los depósitos Cretácicos y terciarios del Sur de Cortes de la Frontera) solamente 6 están claramente asociados a la Unidad, correspondiendo el resto a puntos de drenaje de pequeños bloques con niveles colgados.

En el siguiente cuadro se resumen las características más significativas de los 6 puntos aludidos.

N° INVENTARIO	COTA (m.s.n.m.)	CAUDAL MEDIO (Hm ³ /año)	
		ESTIMADO	AFORADO
1444-8003	440		23,2
1444-8004	440		28,1
1444-8005	430	0,5	
1445-3001	420	0,3	
1445-3002	400		3,7
1445-6001	220		25,0
E-Benaoján-Jime ra de Libar. (*)	420-400		5,2
T O T A L		86 Hm ³ /año	

- (*) Aforos diferenciales realizados por ADARO ponen de manifiesto que en el tramo del Guadiaro comprendido entre la Estación de Benaoján y Jimera de Líbar, se produce un aumento de caudal de 5,2 Hm³/año debido a la existencia de una serie de salidas difusas probablemente ligadas a fracturas.

La situación de todos estos puntos queda reflejada en el plano hidrogeológico (Plano n°5) donde puede apreciarse que todas estas surgencias se localizan en la vertiente Este de la Unidad y claramente ligadas al contacto, en algunos casos mecánico, de los materiales calizo-dolomítico de elevada permeabilidad con los materiales impermeables suprayacentes. En otros casos, Manantiales de Jimera, las surgencias vienen propiciadas por la actuación de fallas tardías transversales al plegamiento y que afectan tanto a las calizas como al Cretácico y localmente al Mioceno.

En cuanto a las características piezométricas del acuífero hay que señalar que ninguna de las simas existentes en la zona permite observar el nivel piezométrico regional a excepción de la Sima del Republicano, antes aludida, en la que se ha podido llegar hasta una zona inundada situada a una cota absoluta de 517-585 m., según autores, que por comparación con las cotas de las surgencias que drenan la unidad podrían corresponder al nivel regional. De acuerdo con esta hipótesis, el gradiente hidráulico máximo sería del 2,5% con un valor medio de 1,5%.

Si se tiene en cuenta el dato puntual del sondeo S-3 del SGOP el gradiente resulta localmente algo mayor ($\approx 4\%$) posiblemente debido a la actuación de fallas normales de gran salto que producen, hacia el sur, un hundimiento de bloques que condiciona importantes saltos de gradiente.

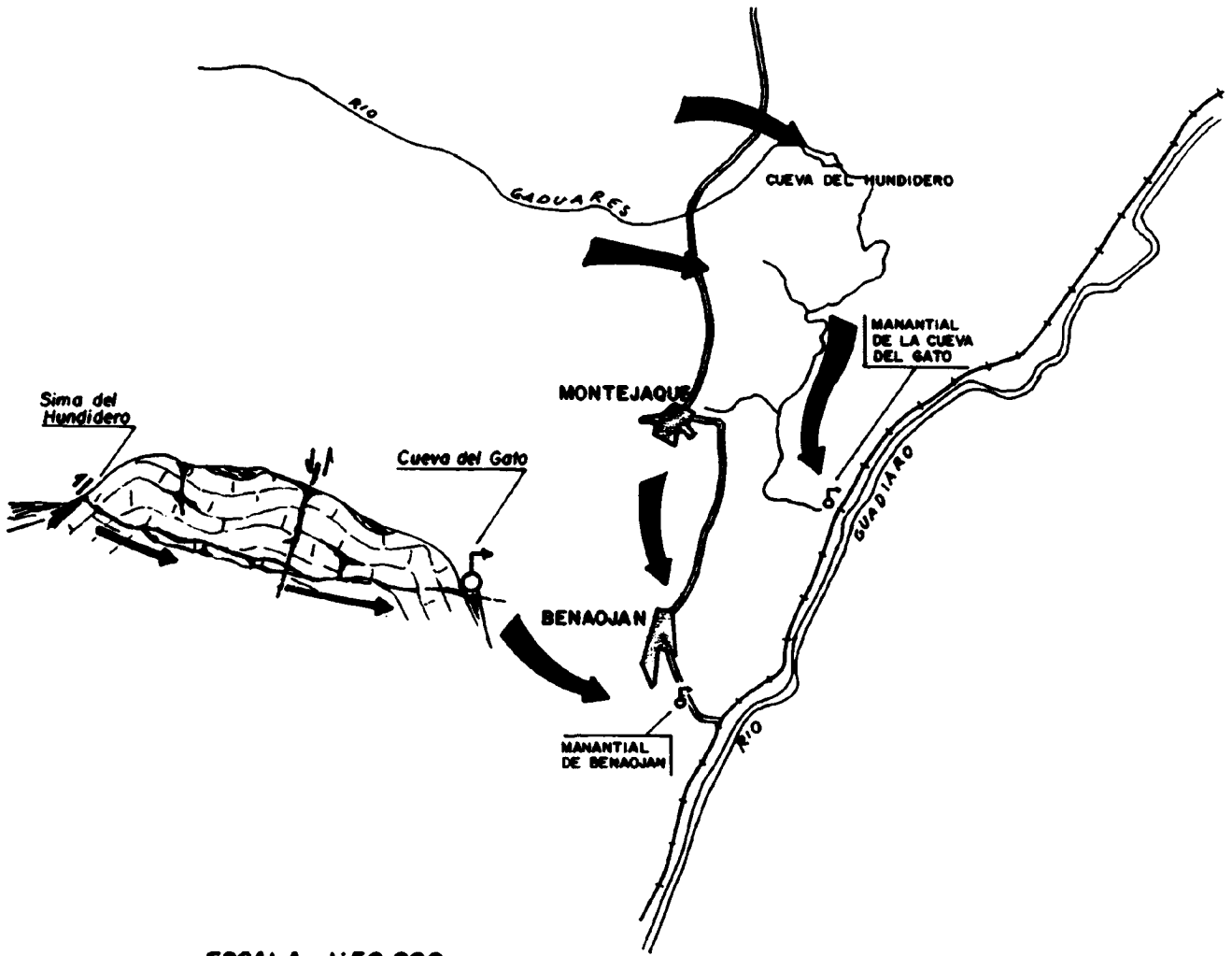
Funcionamiento hidráulico. Balance

A grandes rasgos, la circulación de las aguas subterráneas se realiza hacia los principales puntos de drenaje, esto es hacia el Este, sureste y sur, siendo la respuesta de la unidad a la infiltración rápida, como se pone de manifiesto en los gráficos precipitación/caudal de los Manantiales del Ejio y Cueva del Gato.

La alimentación se produce a partir de la infiltración directa de precipitaciones y en gran medida por los aportes que, procedentes de las cuencas endorreicas, percolan a través de las simas y sumideros existentes en los bordes oeste y norte de la unidad. Una vez incorporada al acuífero la circulación del agua tiene lugar preferentemente a través de fracturas y conductos kársticos a veces como en el sistema Hundidero-Cueva del Gato, muy bien desarrollados.

El drenaje natural tiene lugar fundamentalmente a través de los manantiales de la Cueva del Gato, Ejio y Charco del Moro, los tres con un marcado carácter kárstico y en menor cuantía a través de los manantiales de Jimera de Líbar y abastecimiento a Benaoján. Por úl

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO
SISTEMA HUNDIDERO-CUEVA DEL GATO



ESCALA 1:50.000

-  GALERIAS
-  DIRECCION DEL FLUJO
-  MANANTIAL

mo hay que contabilizar la existencia de las anterior_u - mente aludidas zonas de drenaje oculto a lo largo - del contacto de los materiales que conforman la unidad con los aluviales del río Guadiaro.

En el cuadro adjunto se recogen los valores correspondientes a la precipitación registrada sobre la unidad Montejaque-Cortes y sobre las cuencas endorreicas relacionadas con ella, para el período de 20 años y para el año 1.983-84

(*)	SUPERFICIE (Km ²)	PRECIPITACION (Hm ³ /a)	
		Media 20 años	1.983-84
Afloramientos permeables	36,5	46,2	48,2
Río Gaduares	43,5	60,0	69,0
Arroyo Los Alamos	30,0	47,0	49,0
Sierra de Libar	24,0	32,5	35,5
Otras cuencas menores.	4,5	4,3	5,3
T O T A L	138,5	190,0	207,0

(*) La unidad de Montejaque-Cortes tiene una superficie de 80 Km³ de los que 43,5 corresponden a cuencas endorreicas. El total de superficie ocupada por cuencas endorreicas dentro o relacionadas con la unidad es de 102 Km².

El balance hídrico de la unidad para el año -- 1.983-84 se ha llevado a cabo utilizando como datos de

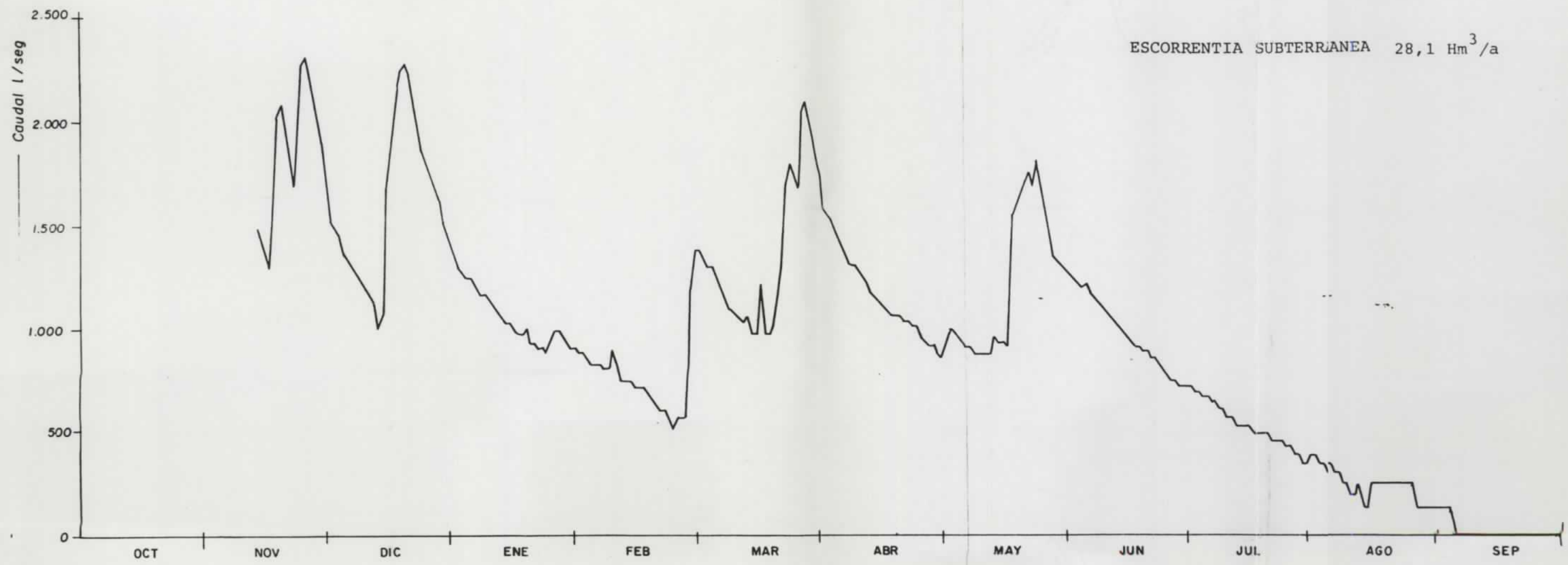
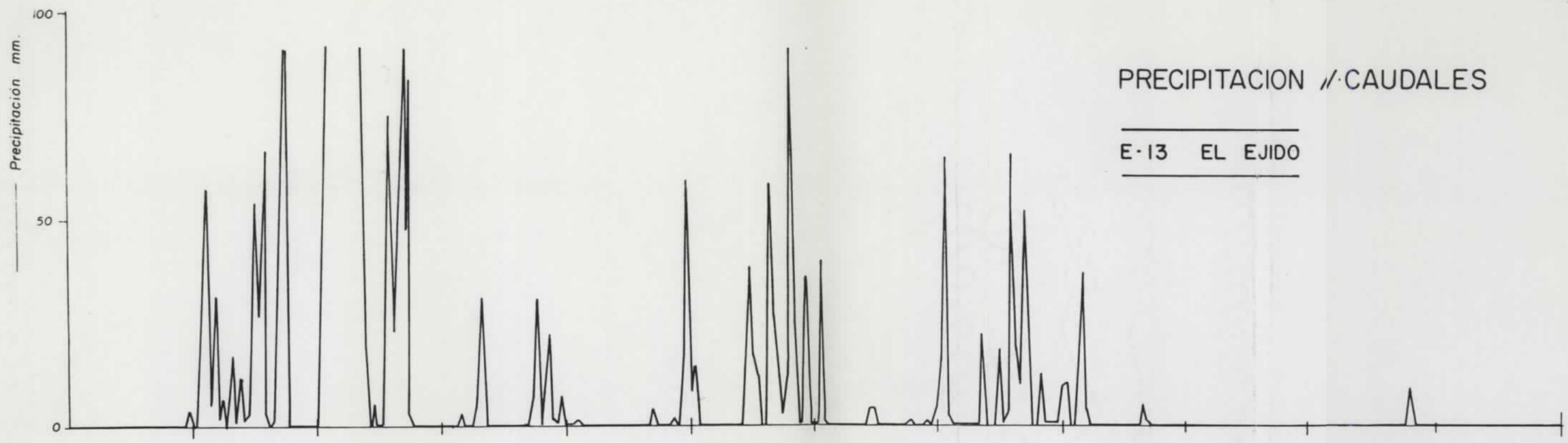
partida las precipitaciones expresadas en el cuadro adunto, los valores de aportación registrados en las estaciones de aforo de los manantiales de la Cueva del Gato y "El Ejío" y los valores estimados en base a aforos directos periódicos de los volúmenes drenados en este período en los manantiales de Jimera de Líbar y del Charco del Moro, así como en el tramo del río Guadiaro comprendido entre la Estación de Benaoján y Jimera. Todo ello totaliza unas salidas naturales de 86 Hm³, desglosadas de la siguiente manera:

Manantial Cueva del Gato	23,2 Hm ³
Manantial "El Ejido"	28,1 "
Tramo E. Benaoján-Jimera	5,7 "
Manantiales Jimera de Líbar	4,0 "
Manantial Charco del Moro	25,0 "

Los aportes subterráneos (86 Hm³) representan el 41,5% de la precipitación y por extrapolación de este valor para el período de 20 años resultan unos recursos medios para la Unidad Montejaque-Cortes de 78,8 Hm³/año.

Aplicando los métodos convencionales de Thorthwaite y Kessler se llega a valores más elevados de infiltración (59 y 55% de la Pluviometría media respectivamente)

Con estas cifras se obtendrían unos recursos de 112-105 Hm³/año, lo que resulta excesivo si se tiene en cuenta que las aportaciones registradas en Buitreras son de 115 Hm³, y en ellas están incluidas los aportes de -



la margen izquierda del Guadiaro y los 13,8 Hm³ correspondientes a los volúmenes circulante por la estación de aforo Guadiaro-1, situada aguas arriba de los principales puntos de drenaje de la Unidad Montejaque-Cortes.

Calidad del Agua

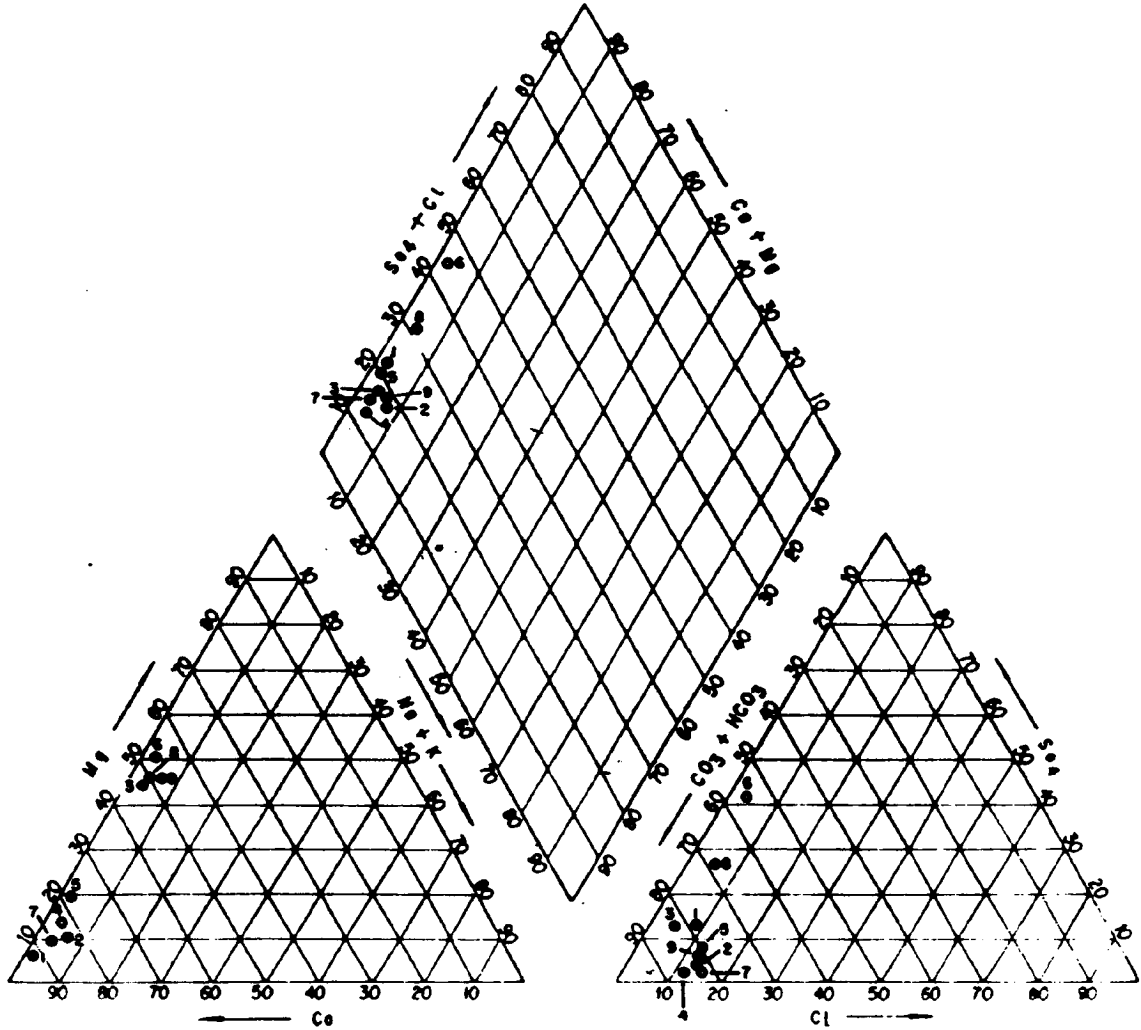
Las aguas subterráneas de la unidad Montejaque-Cortes presentan facies bicarbonatadas cálcicas-bicarbonatadas cálcico-magnésicas con residuos sólidos inferiores a 300 mgr/l, siendo perfectamente aptas para consumo humano.

Se han presentado mediante el diagrama triangular de Piper las características químicas de las muestras tomadas en los principales manantiales de la unidad. Para las muestras correspondientes a la Cueva del Gato, El Ejio y Arquitas (Benaoján) figuran datos de junio de 1.983 y julio de 1.984, observándose que para los tres casos se registra un aumento en el contenido en sulfatos y en magnesio sin que se hayan podido determinar por el período de observación, las causas de este fenómeno.

En el plano 7 se refleja, mediante diagramas de Stiff la calidad química del agua en los distintos puntos de descarga.

DIAGRAMA TRIANGULAR DE PIPER

UNIDAD MONTEJAQUE - CORTES



MUESTRA

FACIES

FECHA

1. Fuente Sanato (1444-7003)	Bicarbonatada cálcica	Julio 83
2. Cueva del Gato (1444-8003)	Bicarbonatada cálcica	Julio 83
3. Cueva del Gato (1444-8003)	Bicarbonatada cálcico-magnésica	Junio 84
4. Abto. Benaoján (1444-8005)	Bicarbonatada cálcica	Julio 83
5. El Ejio (1444-8004)	Bicarbonatada cálcica	Julio 83
6. El Ejio (1444-8004)	Bicarbonatada-sulfatada Magnésica-cálcica	Junio 84
7. Arquitas Benaoján(1444-8030)	Bicarbonatada cálcica	Julio 83
8. Arquitas Benaoján(1444-8030)	Bicarbonatada cálcico-magnésica	Junio 84
9. Jimera de Líbar (1445-3001)	" "	Junio 84

Fig. 8.22.

8.10. Otras Unidades

Se han agrupado en este epígrafe los pequeños afloramientos carbonatados, más o menos aislados y pertenecientes a los distintos dominios del Subbético, así como otros materiales (areniscas del Aljibe) que, pese a su escasa entidad son susceptibles de aportar pequeños caudales que, localmente, significan las únicas disponibilidades con que atender la demanda urbana.

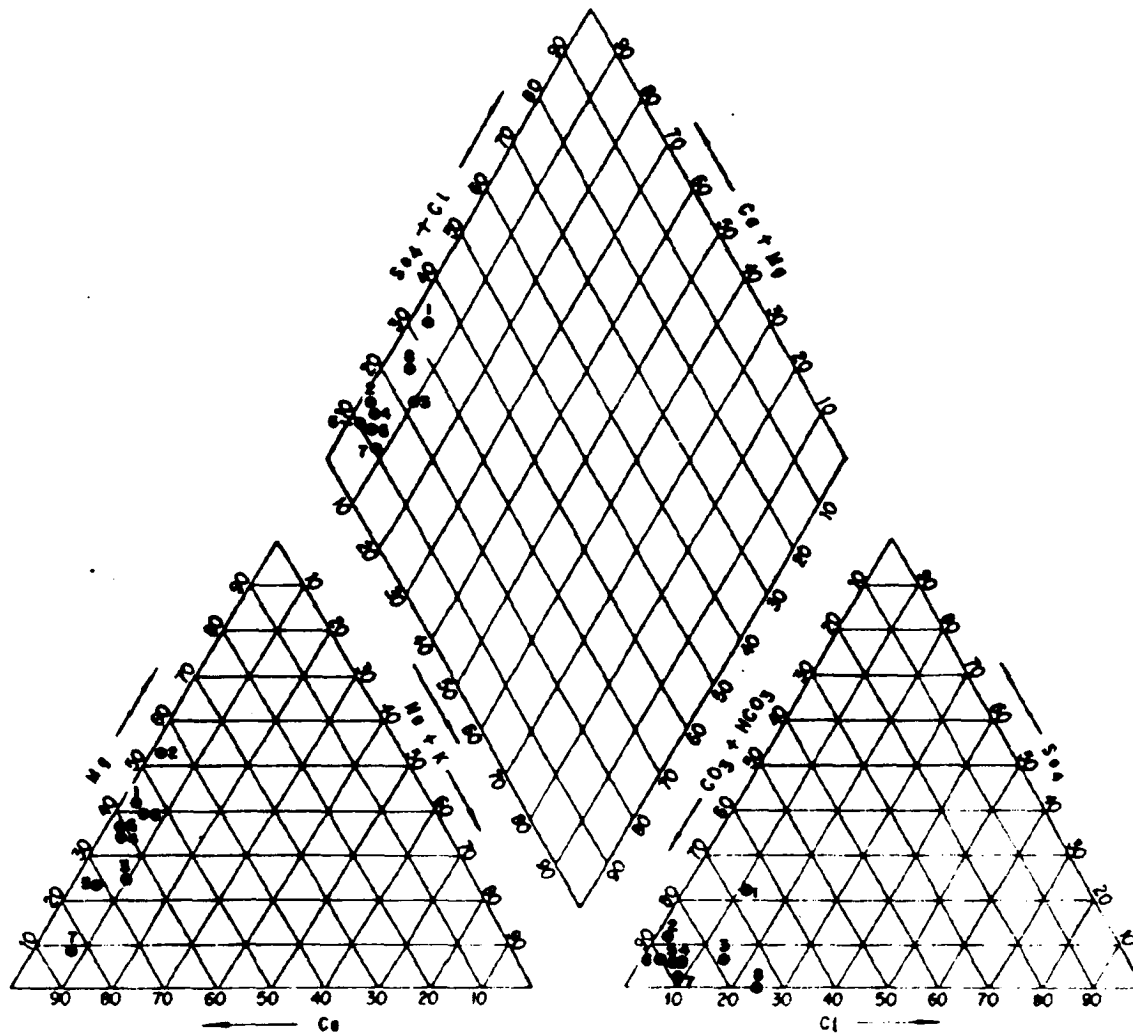
El funcionamiento de todas estas unidades responde a esquemas más o menos sencillos, con una recarga que se produce por infiltración del agua de lluvia y, eventualmente por el aporte de otras unidades similares. La escasa superficie de afloramiento y/o su baja permeabilidad condiciona unas descargas muy ligadas al régimen de precipitaciones.

Mención especial por su mayor entidad, merecen las escamas calcáreas del corredor del Boyar (donde se localizan varias surgencias y dos sondeos utilizados para el abastecimiento de Grazalema) y los isleos de materiales asimismo subbéticos existentes el NE de Be-naocaz, en las que basa el abastecimiento de dicha localidad.

La calidad química de las aguas varía en función de la litología de los materiales que constituyen las unidades, siendo de calidad excelente para las procedentes de areniscas del Aljibe y de calidad buena-tolerable para las ligadas a calizas. Las facies bicarbonata-

DIAGRAMA TRIANGULAR DE PIPER

OTRAS UNIDADES



MUESTRAS

ACUIFEROS

FACIES

1. Caños de Grazalema (1444-2005)	Calizas subbéticas (Escamas del Boyar)	Bicar.calc.Mag.
2. Sondeo Abto. Grazalema (1444-2018)	" "	" "
3. Peñaloja (1444-2019)	Calizas subbéticas (Nivel Colgado)	Bicar.calc.
4. Fuente Santa (1444-6001)	" "	Bicar.cálc.Mag.
5. Moralejo Benaocaz (1444-6002)	Isleo calizas subbético interno	Bicar.cálc.
6. Cancho Grande Benaocaz (1444-6004)	" "	" "
7. Fte. de la Mina. Villaluenga. (1444-6007)	Puente del Monte	" "
3. Abto. Villaluenga (1444-7001)	Areniscas del Aljibe	" "

Fig. 8.23.

das cálcicas son, con gran diferencia, las que más pre
dominan como queda reflejado en el diagrama triangular
de Piper adjunto.

9.- RECURSOS SUBTERRANEOS

9.1.- Modelo matemático de simulación

La ausencia de sondeos en el macizo kárstico hace que una de las principales indeterminaciones del sistema sea la piezometría y los parámetros hidrogeológicos.

Como uno de los métodos más asequibles para estimar estos parámetros se ha realizado un modelo digital que trata de reproducir el comportamiento del acuífero a gran escala.

Entre los objetivos que se pretendían hay que citar los siguientes:

- descartar por incoherentes algunas hipótesis de funcionamiento del sistema.
- determinación de un orden de magnitud para los parámetros medios del sistema: transmisividad y coeficiente de almacenamiento.
- estimación de la respuesta del sistema frente a una explotación a gran escala, incluyendo el posible trasvase subterráneo desde la cuenca del Guadiaro a la del Majaceite.

Pese a las limitaciones propias de este modelo: no se conoce el espesor saturado, la transmisivi

9. RECURSOS SUBTERRANEOS

dad se considera constante, límite impreciso por debajo de los materiales impermeables del borde, y otros, los resultados se consideran satisfactorios.

Dado que el modelo ha sido objeto de un estudio completo (ANEJO n°5), donde se explican y analizan los datos de entrada, el proceso de calibración y los resultados obtenidos, aquí se resúmen únicamente las conclusiones más importantes a que se ha llegado.

Hay que hacer notar que existe una cierta discrepancia entre los datos del modelo y los correspondientes a los balances de las unidades hidrogeológicas. Ello se debe a que, puesto que el modelo era una herramienta más de cálculo, en él se han introducido los datos de aforos sin depurar previamente.

La calibración del modelo se ha hecho en base a la hipótesis de que las unidades Zafalgar-Labradiello, El Bosque y Pinar están conectadas y a la vez independizadas de las unidades de Ubrique, El Hondón, El Endrinal y Montejaque-Cortes a su vez conectados entre sí

El resultado es una distribución de transmisividades medias menor en la unidad de Zafalgar ($100 \text{ m}^2/\text{día}$) y mayor en las de Ubrique-El Hondón-El Endrinal ($250 \text{ m}^2/\text{día}$) y en la de Montejaque-Cortes ($500 \text{ m}^2/\text{día}$)

Según el modelo el caudal de los manantiales de Ubrique debería ser mayor al real, la interpretación de este fenómeno puede ir desde considerar que la diferencia se debe a los manantiales intermitentes del Garciago, a que la infiltración y/o la permeabilidad es pequeña en la zona de Ubrique, o a que exista un trasvase subterráneo a la unidad de Montejaque-Cortes.

Por otra parte los coeficientes de las curvas de agotamiento calculadas con el modelo resultan inferiores a las medidas realmente a partir de las secciones de aforo. Según ello la porosidad eficaz media del sistema sería tan solo del orden del 0,3%.

Sin embargo en las simulaciones se considerará una porosidad eficaz del 1% más acorde con los resultados obtenidos en otros acuíferos kársticos.

A fin de utilizar el modelo como elemento de análisis se ha hecho una segunda calibración considerando que las unidades de la Sierra del Caíllo (El Hondón, El Endrinal y Ubrique) están perfectamente desconectadas de la Unidad Montejaque-Cortes. En este caso se comprueba que los caudales simulado) en el modelo presentan las siguientes características:

- En los manantiales de las unidades de Zafalgar los caudales son exactamente los mismos.

- En el manantial de El Hondón el caudal as -
ciende a prácticamente el doble, de 1.01 a
2.34 Hm³. El caudal real era de 1.2 Hm³ y -
se considera un mínimo.
- En los manantiales de Ubrique en conjunto -
el caudal simulado disminuye aproximándose
más a la realidad.
- Los manantiales de El Ejio y Cueva del Gato
aumentan de caudal aproximado más a la rea-
lidad.

Las conclusiones son por tanto poco determinantes pero sí se puede asegurar que el modelo no permite descartar la hipótesis de desconexión entre ambas unidades.

Para la explotación del acuífero se han simulado tres alternativas que tienen por objeto el aumento del caudal de estiaje en los ríos Guadalete y Majaceite y la tercera consiste en el trasvase subterráneo - de agua de la Cuenca del Guadiaro a la del Guadalete.

En el río Guadalete se simuló un bombeo de 1m³/seg. durante 4 meses extrayéndose 0,5 m³/seg. en Arroyomolinos y otros 0,5 m³/seg en Bocaleones. Al final de los 4 meses los descensos medios son de 60 y 70 m. respectivamente. Los manantiales vuelven a surgir al cabo de 4 meses de cerrar los bombeos y a los 8 meses el acuífero vuelve a estar como al principio de la - operación.

En el río Majaceite, se simuló un bombeo de $1,5 \text{ m}^3/\text{seg}$, también durante 4 meses $0,5 \text{ m}^3/\text{seg}$ en Ubrique y $1 \text{ m}^3/\text{seg}$ en la Garganta de Barrida. Al final de los 4 meses los descensos medios son de 40 y 100 m. respectivamente. Esta operación no es suficiente para secar los manantiales de Benafeliz y Cornicabra, pero sí se secan los de El Saltadero y El Garciago.

Estos manantiales vuelven a tener agua a los dos meses de cesado el bombeo y a los 8 meses los niveles estan totalmente recuperados.

En la Garganta de Barrida existe una zona en la que la piezometría del acuífero está por encima de la topografía. Ello hace que sea una zona inmejorable para la explotación, y si se bombea de un modo confinado disminuirá el caudal drenado por el manantial de El Moro, trasvasándose de ese modo agua desde la Cuenca del Guadiaro hasta la del Majaceite.

Simulando el mismo bombeo que en la alternativa anterior al cabo de 5 años de explotación continuada el agua descendería 150 m. en la Garganta y 70 m. en Ubrique. Ello limita las posibilidades de explotar el acuífero por debajo de la cota 400. En caso contrario había que drenar el agua desde profundidades prohibidas.

9.2.- Funcionamiento hídrico. Recursos subterráneos

En el capítulo 8 se han analizado por separado cada una de las unidades haciendo hincapié especialmente en sus balances respectivos en base a dos datos sujetos a poco margen de error en nuestro caso precipitación y aforos directos durante el año hidrológico 1.983-1984.

En el apartado 9.1. se comenta la utilidad del modelo matemático como herramienta de chequeo conjunto del sistema, estableciéndose un orden de magnitud para dos parámetros hidrogeológicos del acuífero: Transmisividad y Coeficiente de almacenamiento, y un esbozo de la superficie piezométrica.

En el presente apartado se trata de cuantificar de un modo conjunto el drenaje de las unidades y en relación a los ríos así como el funcionamiento conjunto del sistema.

En este sentido se ha representado en la figura 9.1. el esquema de funcionamiento hidráulico del sistema acuífero y en el cuadro 9.1. los balances precipitación/drenaje subterráneo en cada una de las unidades. Para el establecimiento de los recursos subterráneos se ha seguido el procedimiento lógico de extrapolar los valores de coeficientes de infiltración obtenidos para el año 1.983-84 a la precipitación media del período de 20 años 1.962-63 a 1982-83. Como se comprueba en el cuadro los valores del

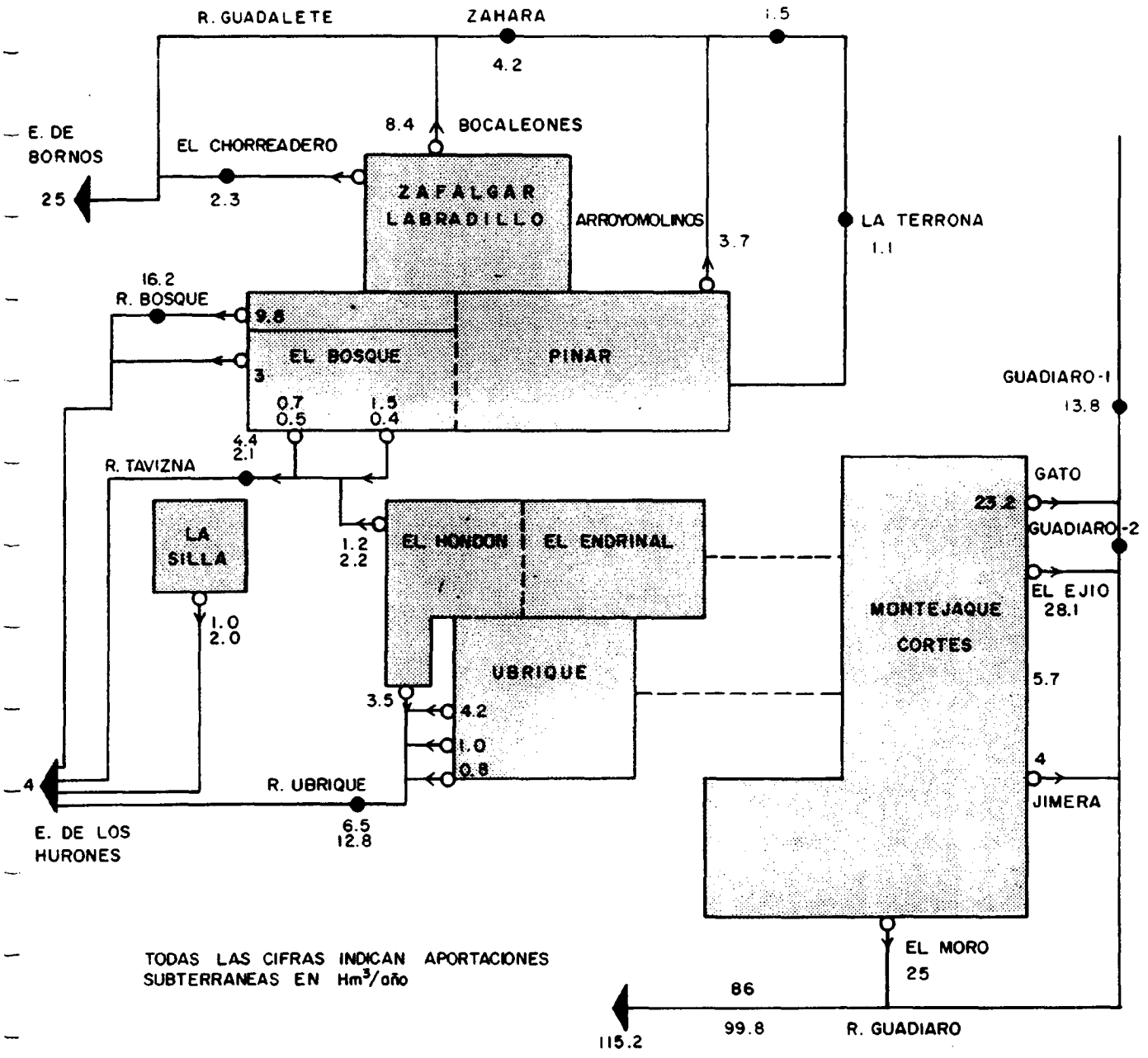


Fig. 9.1.

- ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO DEL ACUIFERO. DATOS 1983-84

año 1.983-84 para la precipitación han resultado muy próximos a la media, generalmente algo inferiores. -

En función de la coherencia de los datos se ha establecido el grado de comunicación entre las unidades. Así parece determinarse que la unidad de Zafalgar-Labradillo es totalmente independiente y el drenaje se realiza fundamentalmente por los manantiales del borde norte (Bocaleones) y oeste (El Chorreadero y abastecimiento de Prado del Rey). El conjunto de estos manantiales, arroja un drenaje de 12 Hm^3 equivalentes al 22% de la precipitación. -

La Unidad del Pinar es la que suministra el caudal de base del Guadalete alto gracias a una serie de manantiales entre los que destaca el de Arroyomolinos. Los datos contabilizados en La Terrona pueden ser algo por defecto en estiaje puesto que existen pequeñas extensiones regadas. En cualquier caso el drenaje fundamental de la sierra del Pinar se realiza hacia el R. Bosque por el Manantial de Benamahoma ($9,8 \text{ Hm}^3/\text{año}$). -

La Unidad de El Bosque tiene un drenaje mucho más difuso y por tanto es menor la fiabilidad de los datos que han sido corregidos en función de los aforos realizados en el río Tavizna. El drenaje fundamental comprende a los manantiales de El Bosque y en menor medida a los del borde sur El Gorito-La Máquina. -

Las unidades de El Hondón y El Endrinal están seguramente relacionadas puesto que no se conoce el drenaje de la segunda. Una parte va al Guadiaro a través de la cuenca endorreica del Gaduares y otra menor se drenaría asimismo por los manantiales de El Hondón y Benafeliz.

La Unidad de la Silla es independiente de todas las anteriores y lamentablemente, por su poca importancia se ha incorporado tarde a la red de medidas, puesto que hubiese sido de gran utilidad para el cálculo del coeficiente de infiltración. En función de los datos de que se dispone el drenaje habrá sido de unos 2 Hm^3 durante 1.983-84 con lo que el coeficiente de infiltración será del orden del 20%. Los recursos son de tan solo $2 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

La Unidad de Ubrique tiene un drenaje principal en los manantiales de esta población: Cornicabra y El Saltadero en régimen continuo y el Garciago de salidas estacionales. Comúnmente se había considerado que el manantial de Benafeliz era independiente de esta unidad pero las pruebas de fluoresceína realizada en la sima de Villaluenga y captada en Benfeliz comprueban la conexión subterránea de las Unidades de El Hondón y Ubrique por lo menos en la cabecera de las mismas.

El drenaje de los manantiales de Ubrique ha sido corregido al alza en función de los aforos realizados en el río Ubrique puesto que se considera que dada la escasa cuenca de la sección de aforos, la mayoría de la aportación debe ser subterránea y en este sentido se ha descompuesto el hidrograma.

La diferencia de caudal subterráneo entre el río Ubrique y la zona de los manantiales puede ser debida a la falta de datos concretos en el Garciago, a salidas difusas no contabilizadas y a que en los hidrogramas de los manantiales de Benafeliz, Cornicabra y El Saltadero el campo de validez de la escala no permitía contabilizar los períodos de máximo caudal.

El conjunto de todas estas unidades se drena hacia el Guadalete. La unidad de Zafalgar-Labradillo directamente al Alto Guadalete. Los recursos subterráneos son muy inferiores ($12 \text{ Hm}^3/\text{a}$) a la escorrentía subterránea contabilizada en el Embalse de Bornos y ello se explica porque al mismo vierten otras unidades hidrogeológicas de la margen derecha del Guadalete.

Por su parte, todas las otras unidades se drenan hacia el río Majaceite en el Embalse de los Hurones. La suma de todos los drenajes es ligeramente superior a las descomposiciones lógicas del hidrograma de las entradas en el embalse de Los Hurones tal como puede verse en el cuadro siguiente:.

	<u>HIPOTESIS CONSERVADORA</u>	<u>HIPOTESIS OPTIMISTA</u>
- R. BOSQUE	16,2	16,2
- MANANTIALES EL BOSQUE	3	3
- RIO TAVIZNA	2,1	4,4
- LA SILLA	1	2
- RIO UBRIQUE	9,5	12,8
<hr/>		
T O T A L	31,8	38,4
<hr/>		
LOS HURONES	24	34
<hr/>		

En todos los casos debe hacerse una corrección a hoja de las hipótesis optimistas singularmente en el caso de los ríos Tavizna y Ubrique. Por el contrario a la vista de los aforos realizados parece mas coherente la cifra de 34 Hm³/año para la escorrentía subterránea total del embalse de los Hurones.

Por su parte a la Cuenca del Guadiaro vierte únicamente la unidad de Montejaque-Cortes. El drenaje fundamental se realiza por 3 manantiales importantes - Cueva del Gato, El Ejio y El Moro y otros menos importantes.

La suma de todos ellos totaliza 86 Hm³/año con lo que el coeficiente de infiltración alcanza una cifra respetable: el 41%.

ENTRADAS EN EL EMBALSE DE BORNOS

1983 - 84

$A_p = 80 \text{ Hm}^3/\text{año}$

$E_s = 25 \text{ Hm}^3/\text{año}$

— 32 %

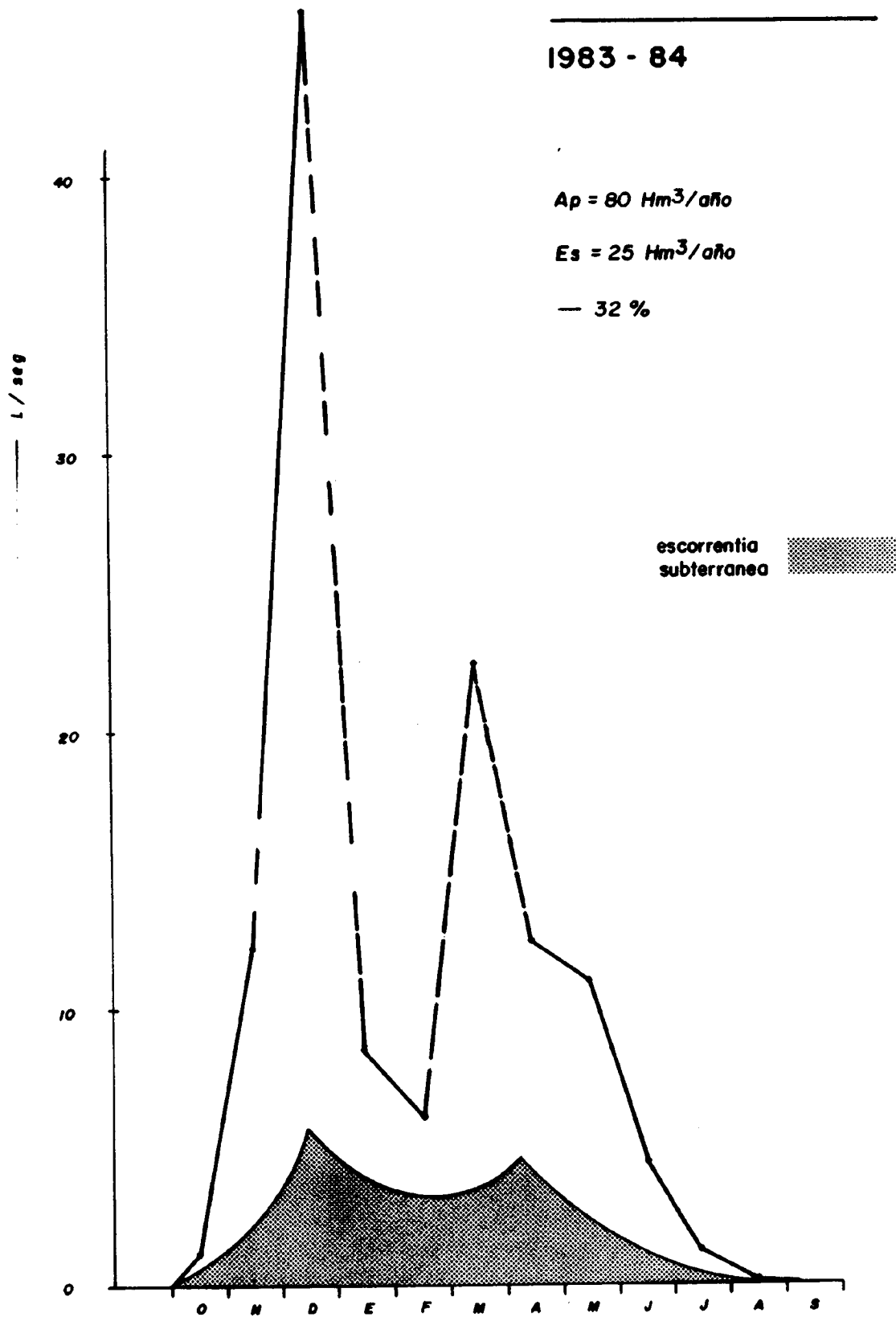


Fig. 9.2.

ENTRADAS EN EL EMBALSE DE LOS HURONES

1983 - 84

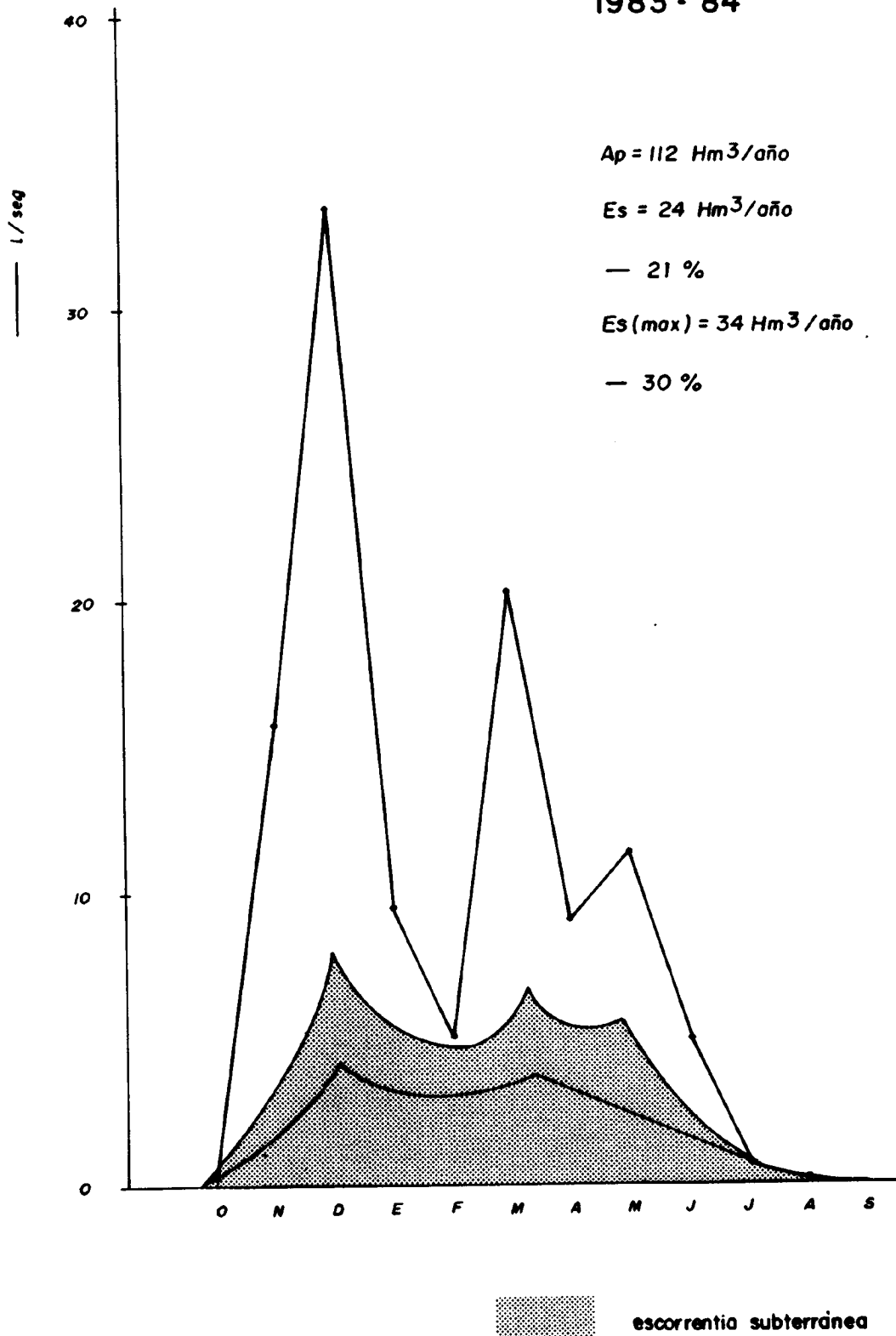
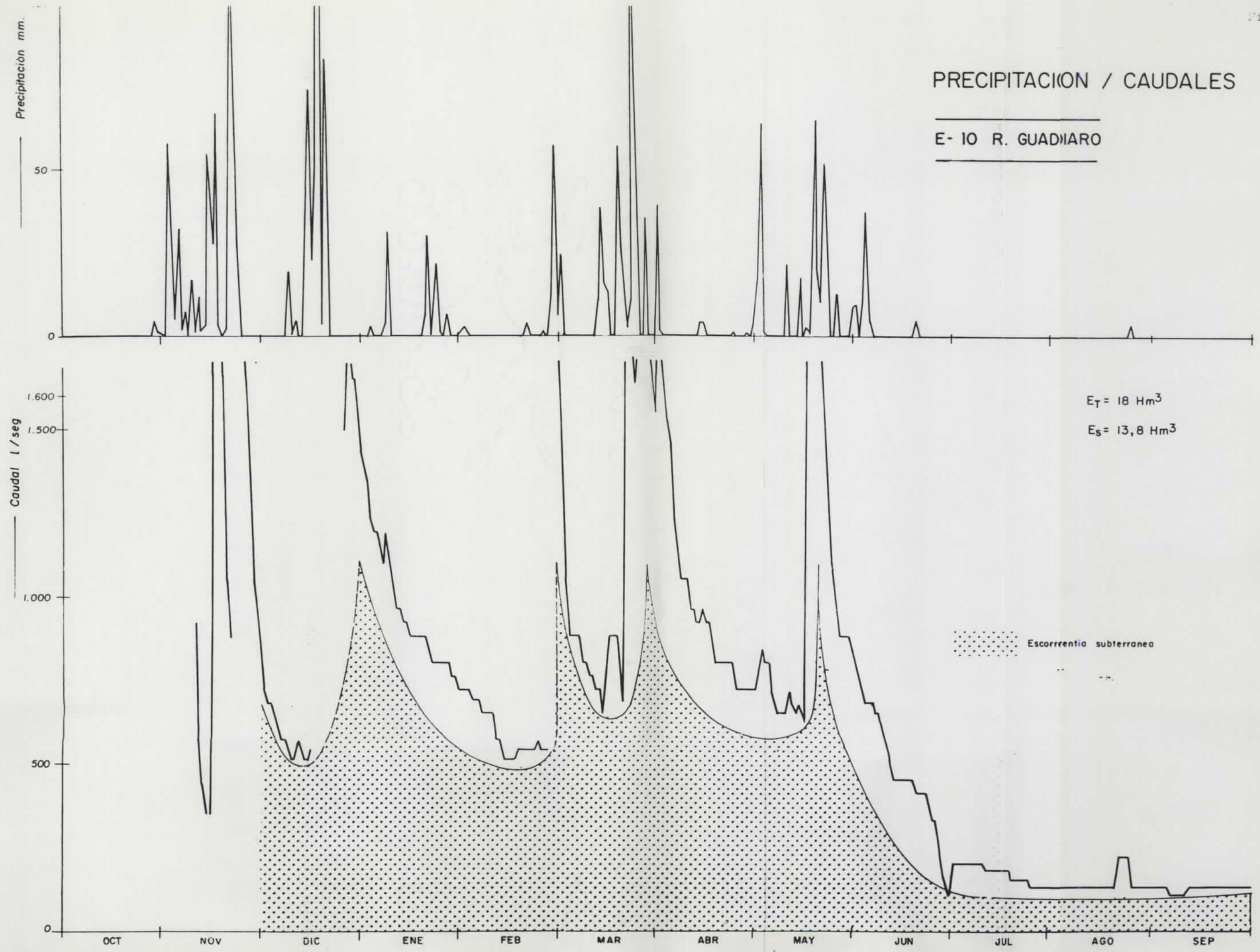
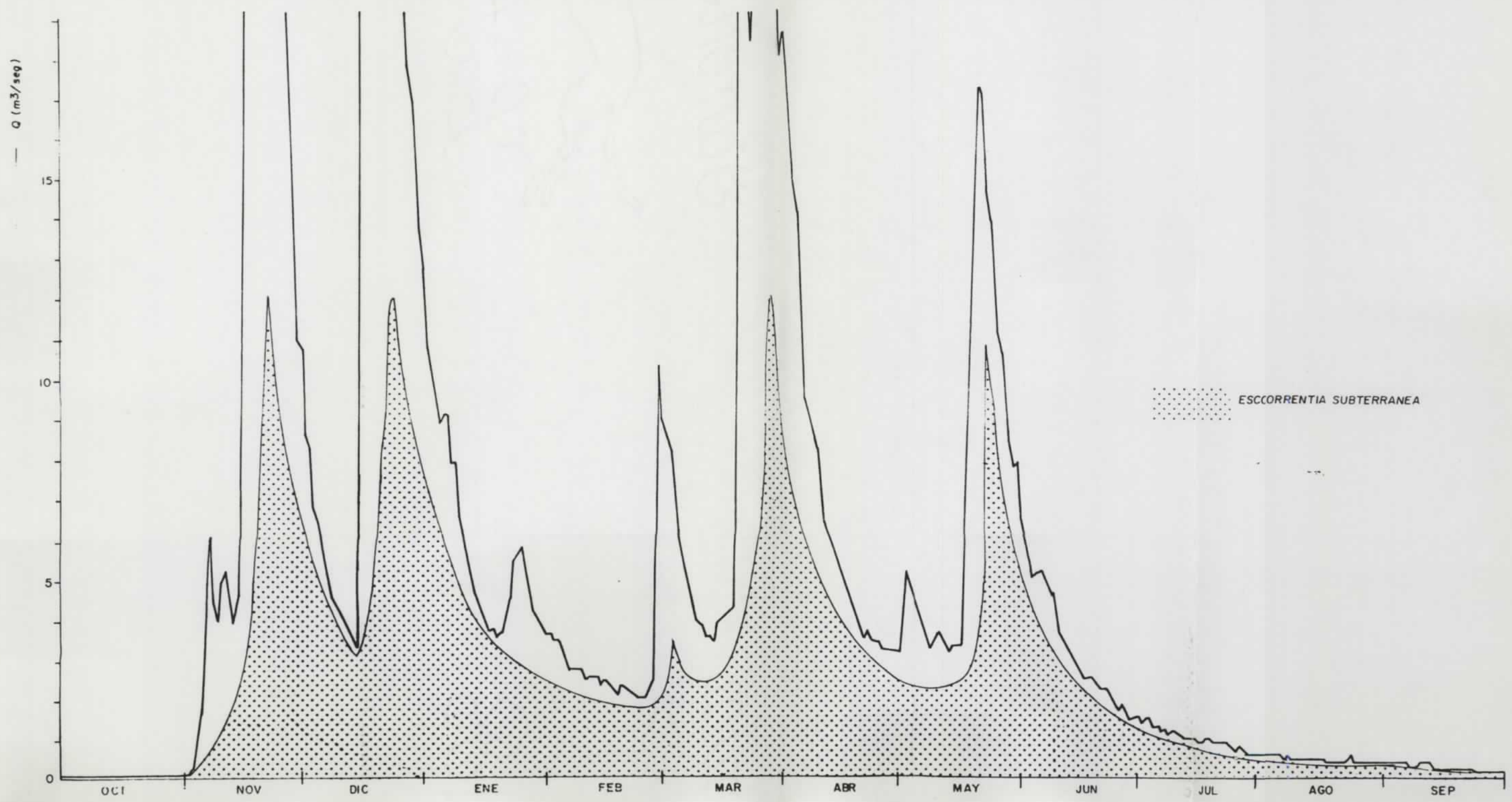
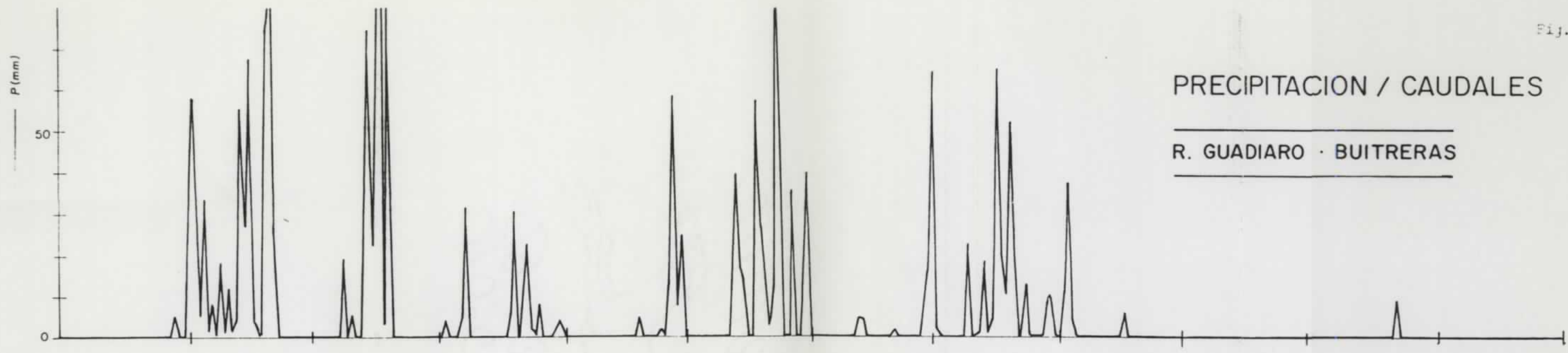


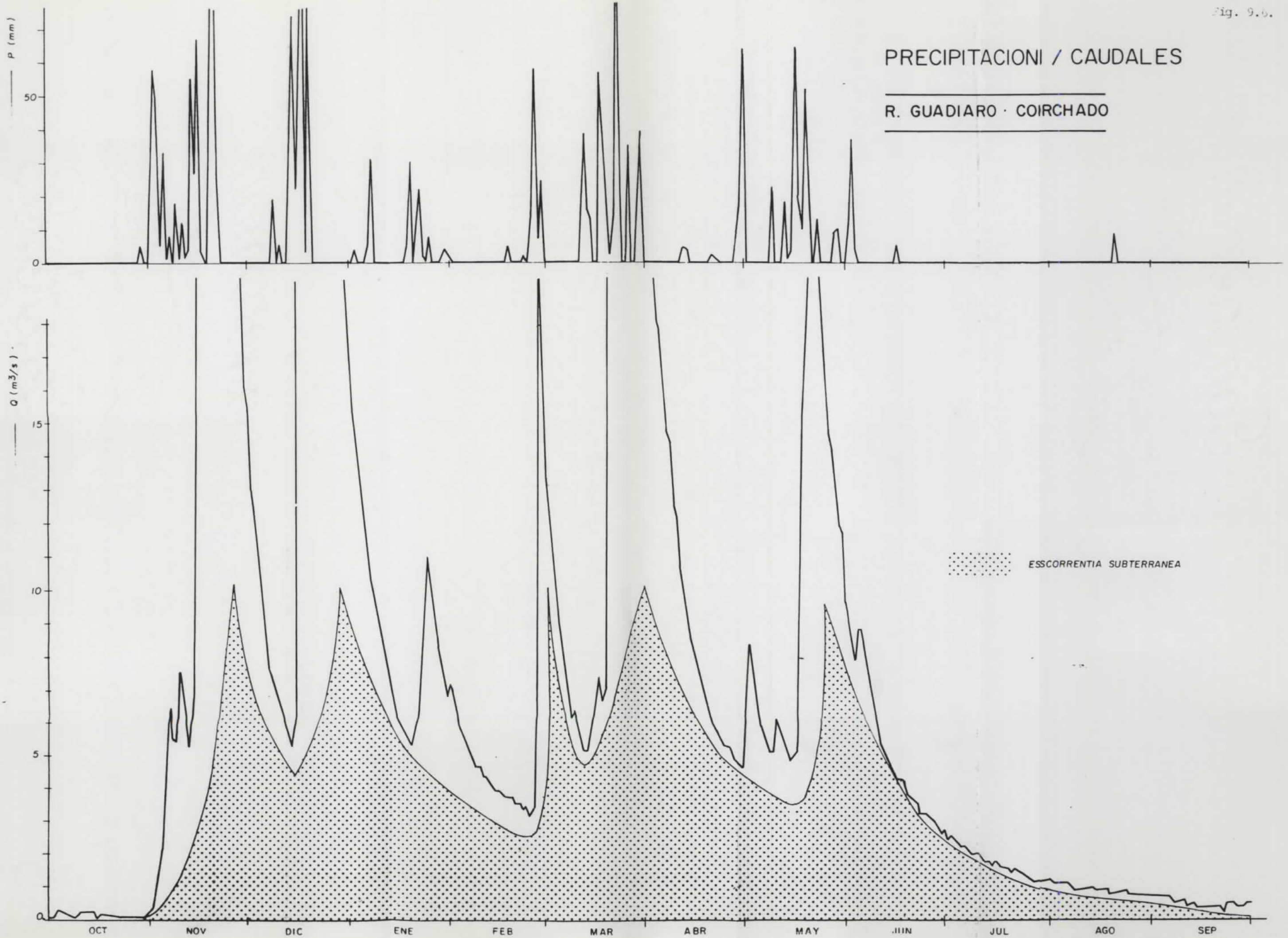
Fig.9.3.



PRECIPITACION / CAUDALES

R. GUADIARO · BUITRERAS





El número es sin embargo coherente con la descomposición del hidrograma en la Presa Buitrera (E-33) que contabiliza $115 \text{ Hm}^3/\text{a}$ para la aportación subterránea total de la Cuenca que se distribuiría de - la siguiente forma:

Alto Guadiaro	13,8	Hm^3/a
Unidad Montejaque-Cortes	86,0	Hm^3/a
Acuíferos Margen izquierda	15,4	Hm^3/a
<hr/>		
TOTAL EN BUITRERAS	115,2	Hm^3/a
<hr/>		

A su vez entre Buitreras y Corchado la aporta-
ción subterránea sería del orden de $22,2 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

En total los recursos subterráneos del sistema ascienden aproximadamente a $125 \text{ Hm}^3/\text{año}$ cuyo drenaje se realiza fundamentalmente al Guadiaro $79 \text{ Hm}^3/\text{año}$ y en menor medida al Guadalete $46 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

El régimen irregular de la mayor parte de las - descargas, que por otra parte tienen lugar en invier- no y en primavera, y la mayor demanda de la cuenca del Guadalete aconsejan obras de regulación de estos manan- tiales y si es posible la derivación de caudales del - Guadiaro a la cuenca del Guadalete.

10. CONCLUSIONES

10.- CONCLUSIONES

La utilización conjugada de aguas subterráneas y superficiales debe ser idea prioritaria en todos los proyectos hidráulicos como base de la utilización racional de los recursos hídricos. Ello que es así en general se hace mucho más evidente en zonas ya deficitarias o en las que las obras convencionales previstas alcanzan presupuestos desmesurados con costes del m^3 regulado que difícilmente puede absorber la rentabilidad de las acciones generadas.

El presente informe trata de sentar las bases de utilización coordinada en una zona, que si bien in situ tiene una demanda limitada esta destinada a abastecer importantes proyectos de regadío y el abastecimiento urbano e industrial de una comarca de la importancia de la Bahía Gaditana.

En el Balance Disponibilidades/Demandas del Plan Hidrológico del Guadalquivir (Redacción de 1.984) existe en la actualidad un déficit de $48 \text{ Hm}^3/\text{año}$ que absorbe en su mayor parte el sector agrícola. A la vista de este dato se propugna la necesidad de construcción del recrecimiento del Pantano del Guadalcañín y el trasvase de recursos del Guadiaro para poder satisfacer el déficit actual y las demandas calculadas para 1.990.

En la situación actual por tanto se considera necesario el conocimiento de los sistemas acuíferos subterráneos sobre los que se asienta la divisoria hi-

drográfica entre la cabecera del río Guadalete y el río Guadiaro de forma que se pueda elegir la alternativa más viable a corto plazo para cubrir el déficit medio actualmente presentado y que se agudiza en períodos de sequía dada la gran irregularidad de las aportaciones y la fuerte dependencia de éstas de la pluviometría.

La posibilidad de actuaciones escalonadas de magnitud variable que permiten las aguas subterráneas aconseja también la investigación de las posibilidades de explotación de estos recursos.

En este sentido se plantearon los objetivos fundamentales del Proyecto: incrementar los caudales circulantes en la cabecera del Guadalete durante los estiajes (incremento de disponibilidades reguladas o de su garantía) y trasvase subterráneo de caudales actualmente drenados por el río Guadiaro a la cuenca del Majaceite (Guadalete).

Establecido el funcionamiento hidráulico de las distintas unidades que configuran el sistema se ha llegado a una cifra de recursos subterráneos del orden de $125 \text{ Hm}^3/\text{año}$ que en la actualidad se drenan en su mayor parte al Guadiaro ($86 \text{ Hm}^3/\text{año}$) y en menor medida al Guadalete ($12 \text{ Hm}^3/\text{año}$) y al Majaceite ($27 \text{ Hm}^3/\text{año}$).

Los parámetros hidráulicos medios del acuífero se han obtenido en un análisis conjunto por medio de un modelo digital simplificado que reproduce las con-

diciones del sistema con los siguientes valores:

- Transmisividad: $100/500 \text{ m}^2/\text{día}$
- Coeficiente de almacenamiento: 1%

Para aumentar el caudal de base del río Guadalete se propone la regulación de los manantiales de Bocaleones y Arroyomolinos explotando en conjunto un total de $1 \text{ m}^3/\text{seg.}$ durante el verano (4 meses).

En el caso del río Majaceite se propone el bombeo durante los cuatro meses de verano de $0,5 \text{ m}^3/\text{seg.}$ en el sector de Ubrique y $1 \text{ m}^3/\text{seg}$ en la Garganta de Barrida.

En conjunto se dispondría por tanto de un caudal en el Alto Guadalete de $2,5 \text{ m}^3/\text{seg.}$ en verano equivalentes a unos recursos adicionales de 26 Hm^3 exclusivamente en verano.

En ambos casos los descensos provocados en el acuífero alcanzan como máximo entre 40 y 100 m. por lo que se considera que son perfectamente absorbibles los costes de bombeo.

El mantenimiento de este caudal regulado representa por si solo una disponibilidad de $78 \text{ Hm}^3/\text{año}$ liberándose capacidad de los embalses de Bornos y los Hurones para la regulación de los excedentes de invierno que se pierden actualmente por insuficiente capacidad de embalse.

En la simulación efectuada la recuperación de los bombeos es absoluta a los ocho meses de cesada la explotación en un año de pluviometría media. En cualquier caso se considera que las reservas del sistema son suficientes para absorber períodos secos de por lo menos 5 años. En efecto para 100 m. de espesor saturado las reservas serían del orden de $155 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

La posibilidad de trasvasar agua del Guadiaro al Majaceite ha sido también chequeada en base a explotación del agua subterránea. Simulando una explotación continuada durante 5 años de $1,5 \text{ m}^3/\text{seg}$ entre Ubrique y la Garganta de Barrida. Al cabo de este tiempo los descensos regionales eran del orden de 150 m. en la Garganta y de 70 m. en Ubrique.

En cualquier caso todos los resultados responden a parámetros medios del acuífero. La existencia en los macizos kársticos de zonas de circulación preferente y por tanto de Transmisividad elevada, tal como se han puesto de manifiesto en la prueba de inyección de fluoresceína efectuada y en la rápida respuesta de los manantiales a las precipitaciones, hacen más sugestivo este tipo de realizaciones.

En este caso el caudal bombeado sería del orden de $47 \text{ Hm}^3/\text{año}$ por lo que, descontado los recursos de la Unidad de Ubrique, el trasvase del río Guadiaro sería del orden de aproximadamente $38 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

En resúmen existe la posibilidad de aumentar los recursos de la cuenca del Guadalete en por lo menos $38 \text{ Hm}^3/\text{año}$ del río Guadiaro y otros $20 \text{ Hm}^3/\text{año}$ en el Alto Guadalete con lo que se paliaría el déficit actual de $48 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

Como es lógico antes de emprender estas obras sería necesario un proyecto en el que se comprobasen algunas hipótesis con sondeos de reconocimiento, ensayos de bombeo y piezómetros que permitiesen a su vez realizar un modelo digital mucho más preciso que el realizado actualmente.

11. RECOMENDACIONES

11.- RECOMENDACIONES

Como ya se ha dicho repetidamente, la ausencia de datos de sondeos profundos aporta una indeterminación que dificulta la toma de decisiones. La viabilidad del Proyecto, demostrada en líneas generales - con los procedimientos hidrogeológicos más comunes, queda pendiente del rendimiento que se pueda obtener en los sondeos de explotación, y este rendimiento es la principal incógnita que se presenta en los acuíferos de tipo kárstico.

Por ello se hace indispensable como primer paso la realización de una campaña de sondeos de investigación y pre-explotación con el fin de verificar las hipótesis hidrogeológicas planteadas y determinar la productividad de las obras siguientes.

El objetivo fundamental sería comprobar la permeabilidad y el coeficiente de almacenamiento por debajo de los niveles de drenaje y de circulación preferente.

Se descartan, por ineficaces frente al problema planteado, otros métodos de investigación que se refieren a la circulación del agua en la capa subsuperficial tales como el empleo de trazadores o análisis de las curvas de agotamiento.

Por el contrario se aconseja proseguir con las medidas de caudal en las escalas instaladas y los aforos periódicos en los puntos significativos, con el objetivo de mejorar el balance hídrico.

Sería aconsejable incluso la instalación de escalas fijas con vertedero de obra que mejore la calidad de las medidas en los puntos más interesantes.

En principio se recomiendan los puntos siguientes:

ESCALAS FIJAS CON VERTEDERO DE OBRA

R. Bosque en El Pontón
R. Tavizna en Carretera de Ubrique
Arroyomolinos en el manantial
Bocaleones en Zahara
R. Guadalete en La Terrona
R. Ubrique en Ubrique
R. Guadiaro en El Ejío
El Ejío en el manantial
Manantial de "El Moro"

En cuanto a las obras de investigación-preexplotación se tiene prevista la ubicación de algunas - siendo necesarias técnicas de exploración geofísica - para el más exacto emplazamiento de otras.

La ubicación de los sondeos que se proponen se representa en el Plano nº 8. En un círculo se indican las zonas en las que pueden iniciarse los sondeos de preexplotación con mayores garantías, mientras que en las zonas representadas con un círculo negro, la investigación puede resultar positiva o negativa dependiendo de variables menos definidas (profundidad del nivel piezométrico, columna litológica y permeabilidad fundamentalmente).

Los sondeos que se recomiendan son los siguientes, indicando su profundidad:

<u>Arroyomolinos:</u>	150 m
<u>Bocaleones:</u>	150 m
<u>Benamahoma:</u>	150 m
<u>El Saltadero:</u>	150 m
<u>R. El Bosque:</u>	250 m
<u>Garciago:</u>	300 m
<u>El Endrinal:</u>	350 m
<u>Garganta de Barrida:</u>	400 m

TOTAL METROS DE SONDEO: 1.900

Los caudales de explotación en cada una de las zonas deberían ser del orden de $0,5 \text{ m}^3/\text{seg}$ durante 4-6 meses dependiendo de la hidraulicidad del año.

Según ello el rendimiento de los sondeos debería ser como mínimo de unos 100 l/seg. para así obtener los caudales precisos con un número de obras razonable.

Para obtener mejores rendimientos debe preverse en todos los sondeos el correspondiente desarrollo con compresor y posterior acidificación con ClH.

Los procedimientos de perforación que se recomiendan son los siguientes:

- En los sondeos inferiores a 200 m, directamente a percusión con máquinas de suficiente potencia que garanticen llegar al objetivo con la necesaria verticalidad y diámetro suficiente para entubar con 400 mm.

- En el resto de lo sondeos, cuya viabilidad está sometida a mayor riesgo, se recomienda perforar a menor diámetro por el procedimiento de rotoperCUSión y en caso positivo ensanchar posteriormente a percusión.

Para la ubicación de los sondeos próximos a manantiales (Arroyomolinos, Bocaleones, Benamahoma, Ubrique y Garciago) se recomienda efectuar una investigación geofísica previa por el procedimiento de "puesta a masa" a partir del punto de emergencia para localizar las zonas de conducción preferente.

Obviamente la ventaja de este tipo de investigación es su desarrollo escalonado incorporando los nuevos datos que se vayan obteniendo, de forma que a lo largo del proceso se vayan tomando las decisiones más adecuadas.

Madrid, Diciembre de 1984

VºBº EL DIRECTOR DEL PROYECTO FDO/ ALBERTO BATLLE GARGALLO

MANUEL MARTIN MACHUCA

12. BIBLIOGRAFIA

12.- BIBLIOGRAFIA

- BOURGOIS, J (1970): "Etude Geologique du Corredor de Boyar et de ses abords (Andalousie-Espagne). - Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias de París.
- CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRAFICOS. "Inventario de recursos hidráulicos (Cuenca Sur)
- CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRAFICOS. "Inventario de recursos hidráulicos (Cuenca del Guadalquivir)
- COMISARIA DE AGUAS DEL SUR DE ESPAÑA. "Datos meteorológicos y foronómicos de la Cuenca Sur"
- COMISION INTERMINISTERIAL DE PLANIFICACION HIDROLOGICA. Plan Hidrologico. Cuenca del Guadalquivir. - (Avance/80 y Borrador 83-84). Inéditos.
- C.G.S., S.A. (1.984). "Encuestas de Abastecimiento a núcleos urbanos". Atlas Hidrogeológico de la Provincia de Cádiz. Inédito.
- CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL GUADALQUIVIR (C.H.G.)
 - . Proyecto de reconocimiento de la Presa de Embalse del Pantano de Guadalcaçín.
 - . Estudio hidrogeológico preliminar para la redacción del anteproyecto de la Presa de Algodonales en el río Guadalete.
 - . Proyecto de defensa de márgenes y protección de crecidas del rio Guadalete (Plan coordinado del Guadalcaçín).
 - . Estudio de aprovechamiento de los rios Guadalete y Majaceite
 - . Estudio previo del aprovechamiento integral de la cuenca del Guadalete.
 - . Primer proyecto reformado del primer grupo de obras del plan coordinado de la zona regable

del Guadalquivir.

. Reconocimiento batimétrico del embalse de los -
Huronos. Abril 1.969

- CRUZ-SANJULIAN, J (1.974). Estudio Geológico del -
sector Cañete la Real-Teba-Osuna. Tesis Universi -
dad de Granada.
- CHAUVE, P y HOPPE, P.(1.963). "Nuevos datos estratigráficos y tectónicos sobre el corrimiento del -
Boyar (Cádiz). Notas y comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. IV. Trimestre nº 72.
- CHAUVE, P (1.968). "Etude géologique du Nord de la province de Cadix. Mem. I.G.M.E. tLXIX.
- DIDON, J(1969). "Etude géologique du Campo de Gibraltar. Thèse Paris.
- DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS (MOPU). "Anuarios de aforos (Cuenca del Guadalquivir).
- DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS (MOPU). "Anuarios de aforos (Cuenca Sur).
- GAVALA Y LABORDE, J(1924). Mapa Geológico de la Provincia de Cádiz. IGME . Madrid.
- GEOS (Sevilla)-GES(Málaga) (1.971). " Villaluenga-71".
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. "Datos Meteorológicos y foranómicos de la cuenca del Guadalquivir".
- IGME. "Archivo Nacional de puntos acuíferos. Cuencas Sur y Guadalquivir". Inédito.
- IGME. (1.980). "Estudio Hidrogeológico para el abastecimiento de Grazalema, Benaocaz y Villaluenga del Rosario (Cádiz).

- IGME (1.982). "Calidad de las Aguas subterráneas en Andalucía. Situación actual y focos potenciales de contaminación."
- IGME (1.983). "SINTESIS HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR". Colección Informe.
- IGME(1.983): "Investigación hidrogeológica de las - Cuencas del Sur de España: (Sector Occidental)". Informe técnico nº4.
- IGME (1983): "Hoja Geológica 1/50.000 nº14-43 (Olvera) y memoria (sin editar)
- IGME (1.983). "Hoja geológica 1/50.000 nº14-44 - (Ubrique) y memoria (sin editar).
- IGME (1.983): "Hoja geológica 1/50.000 nº14-45 (Cortes de la Frontera y memoria (Sin editar).
- MARTI ROMERO, R.(1.972). "Las formas kársticas de - los Llanos de Villaluenga (Cádiz).

EMBALSE DE BORNOS

DA = 143
 DF = 116
 CA = 143
 Ap = 238

U. DE ZAFALGAR-LABRADILLO

S = 46.0
 R = 10.8

EMBALSE DE ZAHARA

DA = 0
 DF = 56
 CF = 212

U. DE EL BOSQUE

S = 16.0
 R = 4.8

U. SIERRA DEL PINAR-MONTE PRIETO

S = 37.0
 R = 14.1

U. DEL ENDRINAL

S = 5.0
 R = —

EMBALSE DE LOS HURONES

DA = 76
 DF = 76
 CA = 135
 Ap = 126

EMBALSE DE GUADALCACIN

DA = 48
 DF = 289
 CA = 76
 CF = 800
 Ap = 218

U. DE SILLA

S = 9.2
 R = 1.8

U. SIERRA ALTA-PEÑON GRANDE O DEL HONDON

S = 16.5
 R = 5.3

U. MONTEJAQUE - CORTES

S = 80.0
 R = 78.8

U. DE UBRIQUE

S = 24.0
 R = 9.0

LEYENDA

RECURSOS SUPERFICIALES

- Ap = Aportación media. Hm³/año
- CA = Capacidad de embalse actual. Hm³
- CF = idem futura. Hm³
- DA = Disponibilidades actuales Hm³/año
- DF = idem futuras Hm³/año

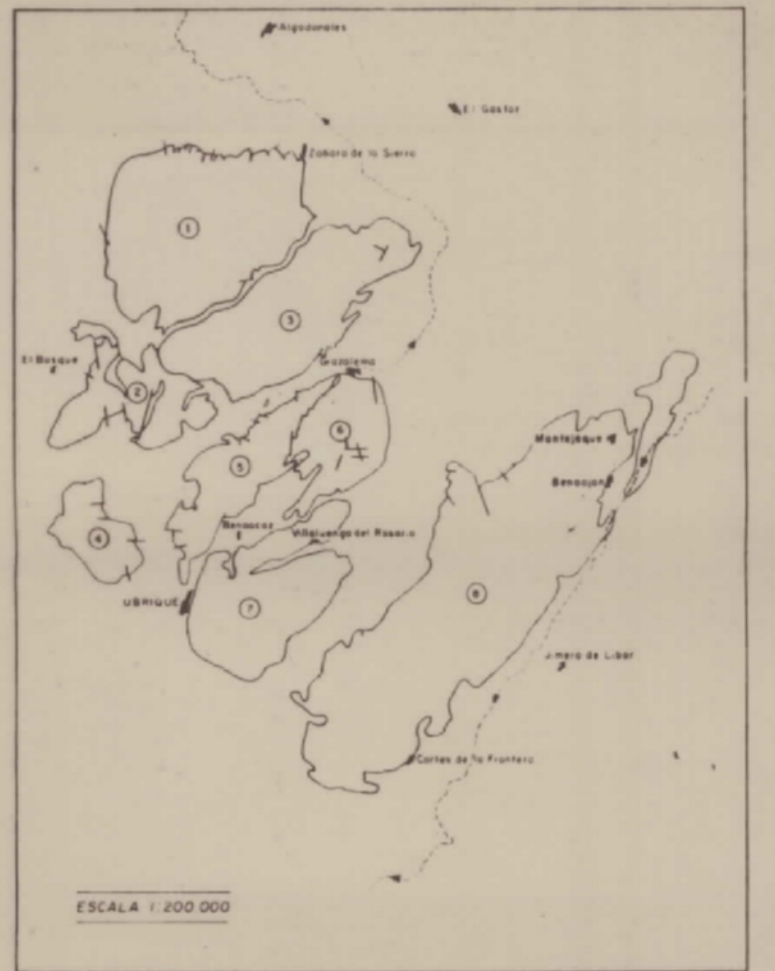
RECURSOS SUBTERRANEOS

- S = Superficie de los acuíferos Km²
- R = Recursos subterráneos medios. Hm³/año

- Zonas recomendadas para la explotación
- " " " " investigación

DIBUJADO LILLO MORALES	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA OCTUBRE - 1984		
COMPROBADO M. MARTIN MACHUCA	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	PROYECTO ESTUDIO PARA LA REGULACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUBTERRANEOS DE LA DIVISORIA GUADALETE - GUADIARO
AUTOR MANTECÓN GOLLONET		
ESCALA 1:100.000	RECURSOS HIDRAULICOS	CLAVE
CONSULTOR 		PLANO N.º 8

ESQUEMA DE UNIDADES HIDROGEOLOGICAS



- Divisoria Guadalete-Guadiaro
- 1 Unidad de Zafra
 - 2 El Bosque
 - 3 Sierra del Pinar Monte Prieta
 - 4 de Silla
 - 5 Unidad Sierra Alta-Pinar Grande del Mondur del Endrial
 - 6 de Ubrique
 - 7 Montequique-Cortes



14-43 (1.036)
14-44 (1.050)

14-44 (1.050)
14-45 (1.064)

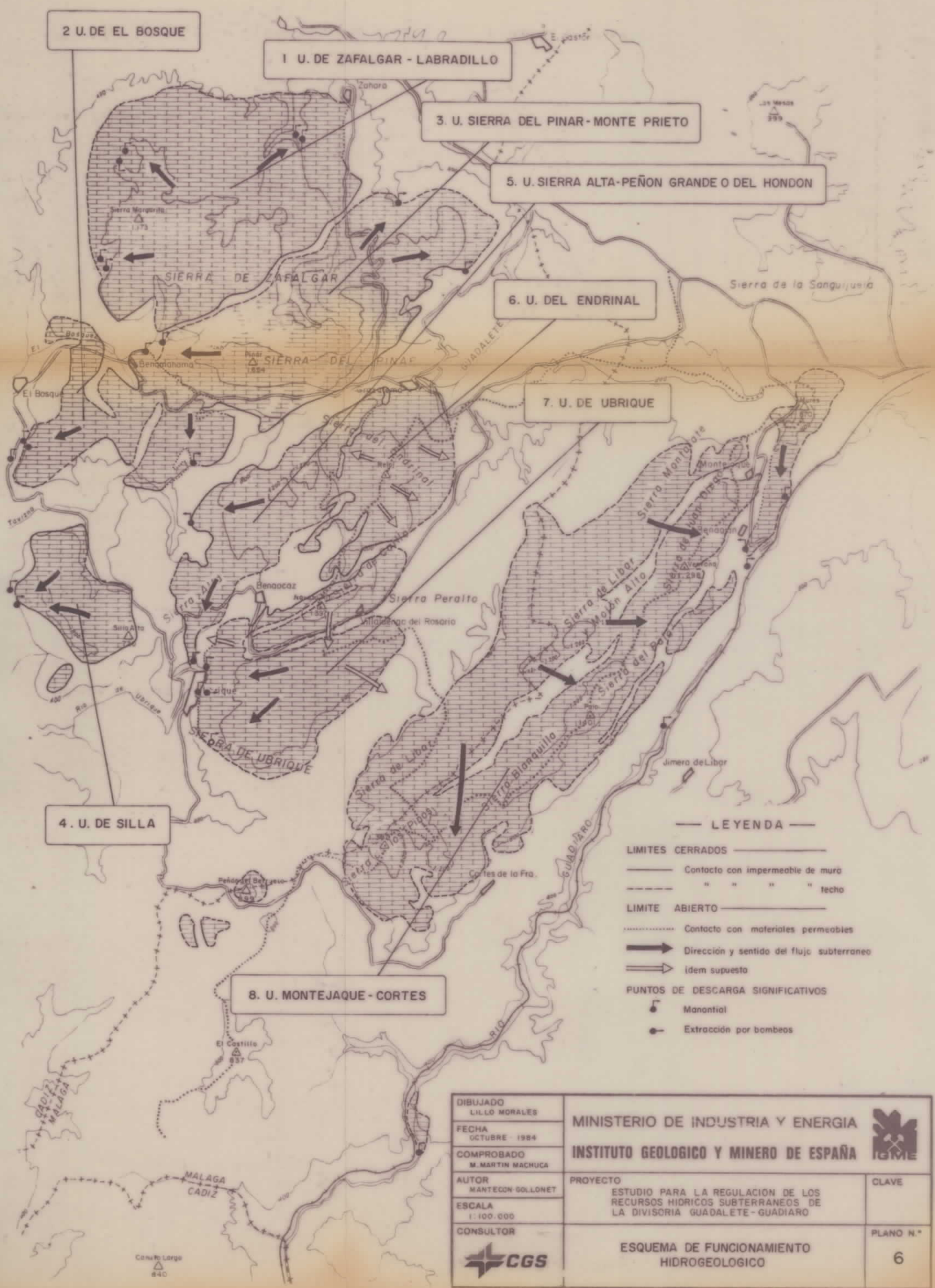
LEYENDA

Diagrama de potencial
Normas código alimentario español
(expresado en mg/l)

Valores correspondientes a Junio de 1984

- Acuíferos carbonatados mesozoico Permeabilidad alta
- " " " " " " " " media
- " " " " " " " " débiles cuaternaria
- Materiales impermeables
- Manantial $Q < 1$ l/s y número de inventario IGME
- " " " " " " " " $1 < Q < 10$ l/s
- " " " " " " " " $10 < Q < 100$ l/s
- " " " " " " " " $Q > 100$ l/s
- Sonda de reconocimiento
- " " " " " " " " SGP
- " " " " " " " " explotación IGME
- Manantial / sonda captada para abastecimiento
- Divisoria hidrológica
- Manantial de control hidrométrica sin escala
- " " " " " " " " con
- Estación de alfo con escala en cursos superficiales

DIBUJADO LALO MORALES	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA OCTUBRE 1984	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	
COMPROBADO M. MARTIN MACHUCA	PROYECTO ESTUDIO PARA LA REGULACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUBTERRANEOS DE LA DIVISORIA GUADALETE-GUADIARO	CLAVE 9982
AUTOR MANTECÓN-SOLLONET	ESCALA 1:50.000	PLANO N.º 7
CONSULTOR CGS	CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS Y SUPERFICIALES	



2 U. DE EL BOSQUE

1 U. DE ZAFALGAR - LABRADILLO

3 U. SIERRA DEL PINAR - MONTE PRIETO

5 U. SIERRA ALTA - PEÑON GRANDE O DEL HONDON

6 U. DEL ENDRINAL

7 U. DE UBRIQUE

4 U. DE SILLA

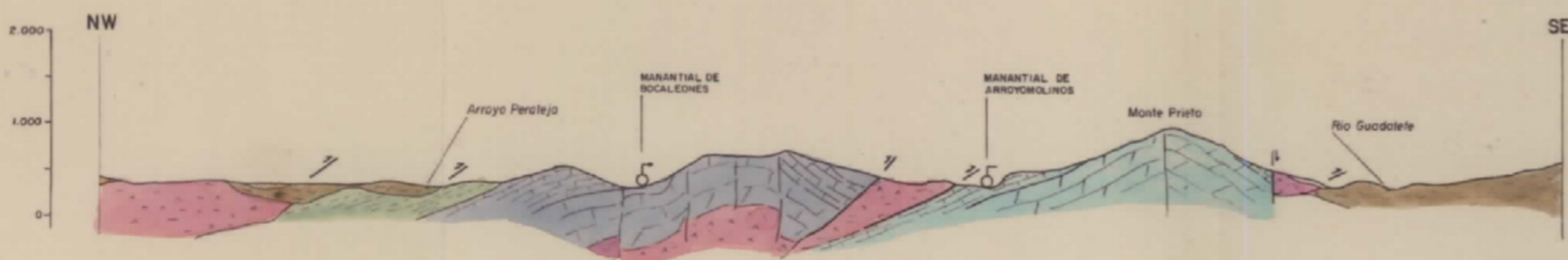
8 U. MONTEJAQUE - CORTES

LEYENDA

- LIMITES CERRADOS
 - Contacto con impermeable de muro
 - - - " " " " techo
- LIMITE ABIERTO
 - Contacto con materiales permeables
- ➔ Dirección y sentido del flujo subterráneo
 - ➡ idem supuesto
- PUNTOS DE DESCARGA SIGNIFICATIVOS
 - ⦿ Manantial
 - ⦿ Extracción por bombas

DIBUJADO LILLO MORALES	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA		
FECHA OCTUBRE - 1984	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		
COMPROBADO M. MARTIN MACHUCA	PROYECTO		CLAVE
AUTOR MANTECÓN GOLLONET	ESTUDIO PARA LA REGULACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUBTERRANEOS DE LA DIVISORIA GUADALETE - GUADIARO		PLANO N.º 6
ESCALA 1:100.000	ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO		
CONSULTOR 			

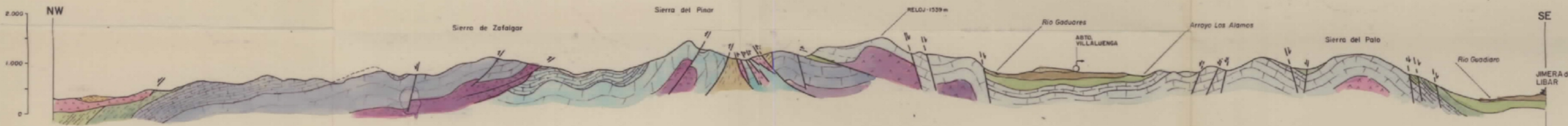
CORTE I - I'



CORTE II - II'



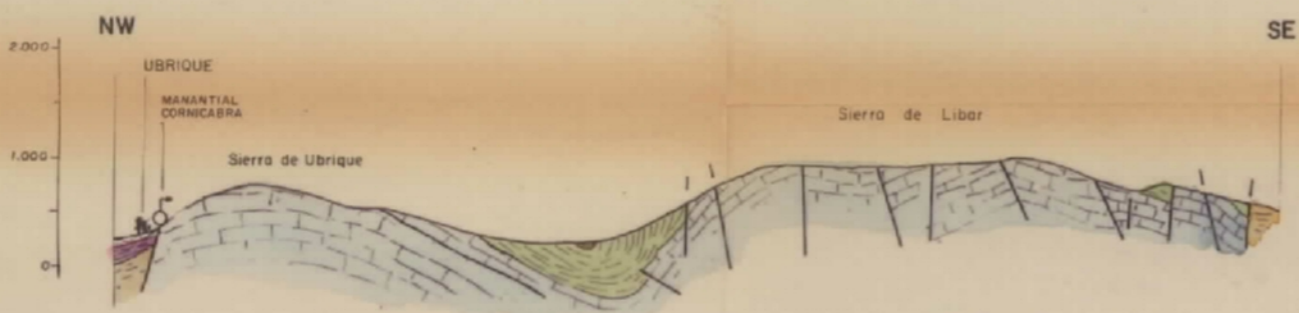
CORTE III - III'



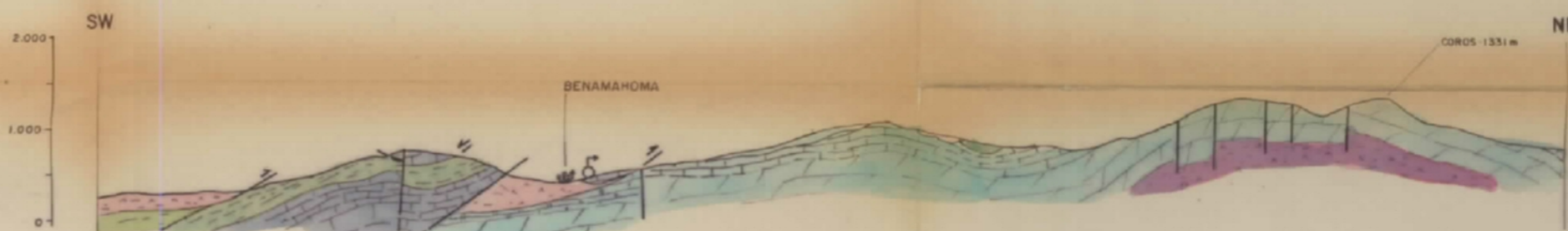
CORTE IV - IV'



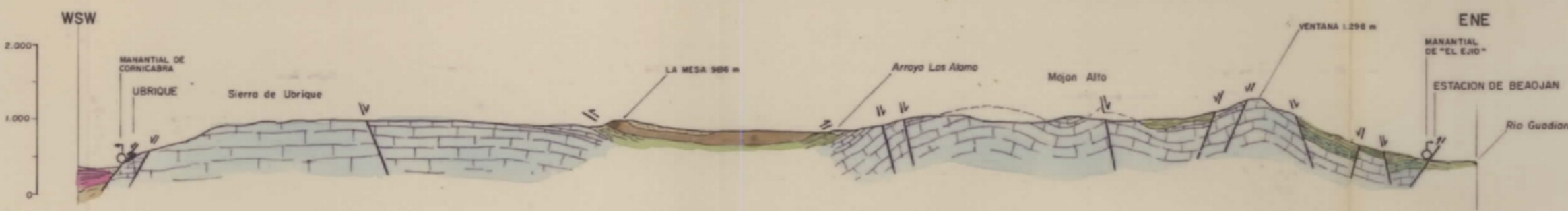
CORTE V - V'



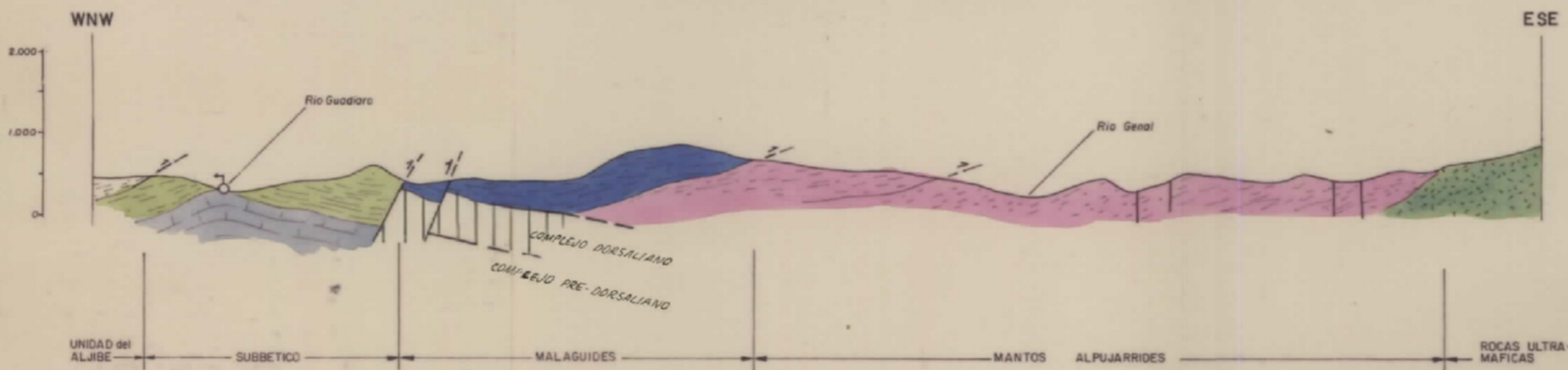
CORTE VI - VI'



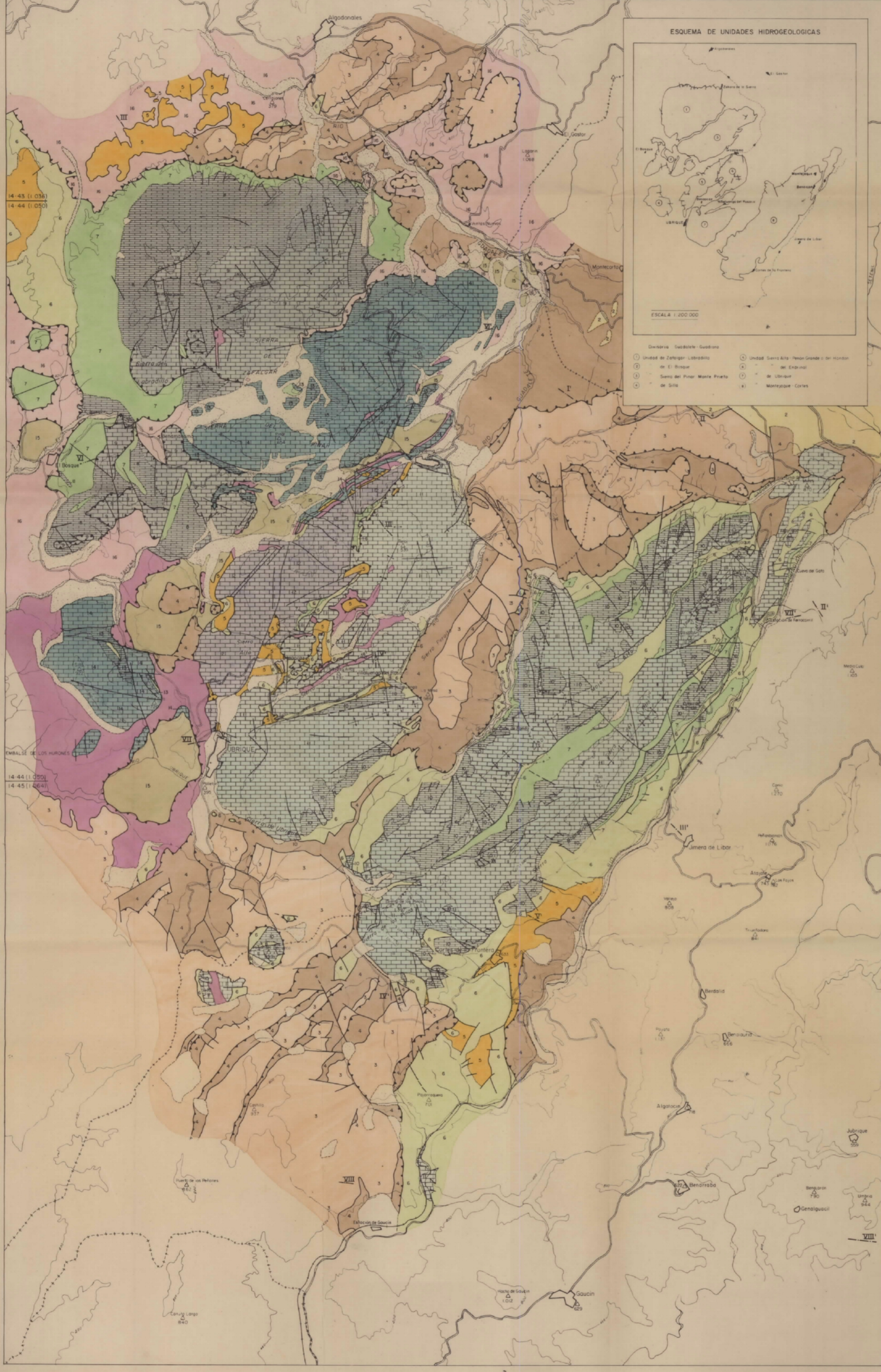
CORTE VII - VII'



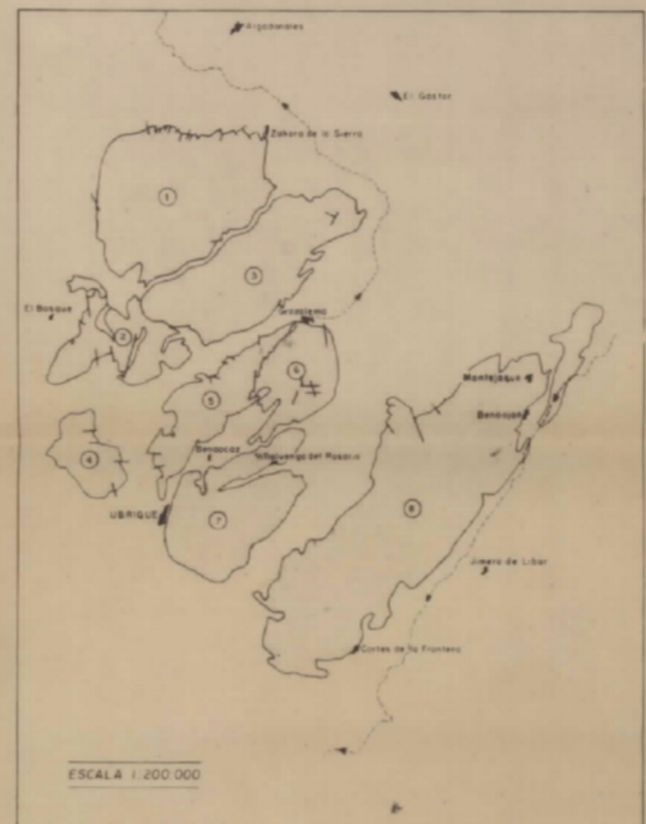
CORTE VIII - VIII' ESQUEMA DE RELACION ENTRE UNIDADES



DIBUJADO LILLO MORALES	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA OCTUBRE 1984	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	
COMPROBADO SR. MARTIN BACHUCA	PROYECTO ESTUDIO PARA LA REGULACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUBTERRANEOS DE LA DIVISORIA GUADALETE-GUADAIRO	CLAVE 1087-84
AUTOR MARTIN GOLLINET	ESCALA 1:50.000	PLANO N.º 4
CONSULTOR 	CORTES GEOLOGICOS	



ESQUEMA DE UNIDADES HIDROGEOLOGICAS



División Guadalete-Guadiana

(1) Unidad de Zafra-Labradillo
 (2) de El Boque
 (3) Sierra del Pinar Monte Prieto
 (4) de Silla
 (5) Unidad Sierra Alta-Peña Grande o del Morón
 (6) del Embudo
 (7) de Utrique
 (8) de Montepío-Cortes

LEYENDA

LITOLOGIA	EDAD	COMPORTAMIENTO HIDROGEOLOGICO	
FORMACIONES POSTMONTAS			
1	Desolitos aluviales, de pó de monte, coluviones y suelos	Cuaternario	Permeabilidad media
2	Arcillas, limas, arenas y calcarenitas	Mioceno superior	Permeabilidad media
UNIDADES TERCIARIAS TIPO FLYSCH			
3	Areniscas del Aljibe	Mioceno inferior	Permeabilidad baja
4	Flysch margo-arcillosos con calizas y areniscas (Unidades de Aljibe, Aljibe y arroyo del Marroquí) y formaciones de arcillas con bloques	Eoceno-Mioceno inferior	Impermeable
SUBBETICO MEDIO			
5	Calizas areniscas grises	Paleoceno	Permeabilidad medio-baja
6	Margas azules y margocalizas grises	Cretácico superior	Impermeable
7	Margas y margocalizas blancas	Cretácico inferior	Impermeable
8	Calizas nodulosas rojas, margas y calizas con sílex	Dogger-Malm	Permeabilidad media
9	Dolomitas grises y blancas. Calizas calcificas a leño	Lias	Permeabilidad elevada
10	Arcillas rojas y verdes con yesos	Triásico	Impermeable
SUBBETICO INTERNO			
11	Arcillas blancas y verdes y flysch arcillo-arenoso con calizas areniscas	Eoceno-Mioceno inferior	Impermeable
12	Calizas y margas (facies capas rojas)	Cretácico superior-Eoceno	Impermeable
13	Margocalizas y calizas blancas	Cretácico inferior	Impermeable
14	Calizas y calizas nodulosas	Jurásico superior-Cretácico inferior	Permeabilidad media alta
15	Dolomitas, calizas y calizas calcificas	Jurásico	Permeabilidad elevada
16	Arcillas, areniscas y calcarenitas	Triásico	Impermeable
SUBBETICO INTERNO (UNIDAD DEL PEÑÓN GRANDE)			
17	Arcillas y areniscas marrones	Mioceno inferior	Impermeable
18	Arcillas y margas rojas y verdes	Cretácico superior-Oligoceno	Impermeable
19	Calizas nodulosas, arcillas y margas	Jurásico superior-Cretácico inferior	Impermeable
20	Dolomitas, calizas y calizas calcificas	Jurásico	Permeabilidad elevada
21	Arcillas rojas, areniscas y calcarenitas	Triásico	Impermeable
SUBBETICO ULTRAINTERNO			
22	Margobrecchas calizas, nodulosas y arcillas	Cretácico inferior	Impermeable
23	Calizas, margocalizas, arcillas y margas	Lias-Dogger	Permeabilidad media
24	Dolomitas breccoladas, calizas y calizas con sílex	Lias	Permeabilidad elevada
25	Arcillas rojas y verdes con yesos, areniscas y calcarenitas	Triásico	Impermeable
FLYSCH CRETACICOS DE UBRIQUE Y DEL CORREDOR DEL BOYAR			
26	Flysch arcillo-arenoso con areniscas y calizas	Cretácico-Paleoceno	Impermeable
TRIAS GERMANO-ANDALUZ			
27	Brecchas arcillo-yesíferas con areniscas, yesos, arcillas, calizas negras y calcarenitas	Triásico	Impermeable

SIGNOS CONVENCIONALES

- Contacto normal
- - - Contacto discordante
- Faltas normales
- Faltas inversas
- Contacto mecánico indiferenciado
- Colgamiento
- Anticlinal
- Sinclinal
- Ventana tectónica
- Klappe
- Corte geológico

ESQUEMA DE SITUACION



DIBUJADO LILLO MORALES FECHA OCTUBRE 1984 COMPROBADO W. MARTIN BACHUCA AUTOR MARTIN GILLOMET ESCALA 1:50.000 CONSULTOR 	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA PROYECTO ESTUDIO PARA LA REGULACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUBTERRANEOS DE LA DIVISION GUADALETE-GUADIANA PLANO GEOLOGICO	CLAVE PLANO N.º 3
--	--	-------------------------

