



JUNTA DE EXTREMADURA

Consejería de Industria y Energía

Dirección General de Industria, Energía y Minas

MAPA HIDROGEOLOGICO DE EXTREMADURA

Marzo, 1987

50058

JUNTA DE EXTREMADURA

Consejería de Industria y Energía

Dirección General de Industria, Energía y Minas

***MAPA HIDROGEOLOGICO
DE EXTREMADURA***

Escala 1: 300.000

Marzo, 1987

50058

JUNTA DE EXTREMADURA

Camilo José Cela, 2 06071-MERIDA

Tel. (924) 31 93 62

Cartografía y Fotocomposición: CARMAGRAF, S.A. Sambara, 40. 28027-Madrid

Imprime: ARTES GRAFICAS IBARRA, S.A. Madrid

Depósito legal: M-5.999-1987

INDICE

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUCCION	5
1.1. Contenido	6
1.2. Equipo	6
2. ASPECTOS FISICOS.....	7
2.1. Climatología	7
2.2. Indices de aridez.....	8
2.3. Hidrología.....	8
3. MARCO GEOLOGICO	14
3.1. Introducción	14
3.2. Marco geológico regional	14
3.2.1. Zona Centro-Ibérica	14
3.2.2. Zona de Ossa-Morena.....	14
3.2.3. Síntesis geológica regional	14
3.3. Estratigrafía.....	16
3.3.1. Precámbrico.....	16
3.3.1.1. Terreno de Valencia de las Torres-Cerro Murriano	16
3.3.1.2. Terreno de Sierra de Albarrana	16
3.3.2. Depósitos sinorogénicos finiprecámbricos.....	17
3.3.2.1. Complejo vulcano-sedimenario.....	17
3.3.2.2. Complejo flyschoides	17
3.3.3. Paleozoico.....	18
3.3.3.1. Cámbrico.....	18
3.3.3.2. Ordovícico-Devónico.....	18
3.3.3.2.1. Terreno de Barrancos-Hinojales	18
3.3.3.2.2. Terreno Centro-Ibérico.....	19
3.3.3.3. Carbonífero	19
3.3.3.3.1. Cuenca de los Pedroches (Carbonífero inferior)	19
3.3.3.3.2. Carbonífero superior.....	20
3.3.3.3.3. Estefaniense-Autaniense inferior.....	20
3.3.4. Neógeno-Cuaternario.....	20
3.3.4.1. Neógeno	21
3.3.4.2. Rañas (Pliocuatnario)	21
3.3.4.3. Cuaternario	21

3.4. Rocas intrusivas.....	22
3.4.1. Rocas ígneas precámbricas.....	22
3.4.2. Rocas ígneas preherlínicas.....	22
3.4.3. Rocas ígneas hercínicas.....	22
3.4.4. Rocas ígneas posthercínicas.....	23
3.5. Metamorfismo.....	23
3.6. Geología estructural.....	23
4. MARCO HIDROGEOLOGICO.....	26
4.1. Conjuntos impermeables y semipermeables (Precámbrico-Paleozoico).....	26
4.1.1. Conjuntos impermeables del Precámbrico.....	26
4.1.2. Conjunto semipermeable del Precámbrico.....	27
4.1.3. Conjuntos impermeables del Cámbrico.....	27
4.1.4. Conjuntos impermeables del Ordovícico y Silúrico.....	27
4.1.5. Conjunto semipermeable del Devónico superior (Zona Centro-Ibérica).....	27
4.1.6. Conjunto semipermeable del carbonífero.....	28
4.2. Conjuntos permeables paleozoicos.....	28
4.2.1. Calizas del Cámbrico.....	28
4.2.2. Cuarcita armoricana (Ordovícico inferior).....	28
4.2.3. Cuarcitas del Devónico inferior-medio.....	28
4.2.4. Calizas del Carbonífero inferior.....	28
4.3. Conjunto terciario impermeable-semipermeable.....	29
4.4. Conjunto terciario permeable.....	29
4.4.1. Unidad de Cáceres.....	30
4.4.2. Terciario detrítico del Alagón.....	30
4.4.2.1. Subunidad de Galisteo.....	30
4.4.2.2. Subunidad de Moraleja.....	30
4.4.2.3. Subunidad de Zarza de Granadilla.....	31
4.5. Conjunto pliocuaternario semipermeable.....	31
4.6. Conjunto cuaternario permeable.....	31
4.7. Rocas intrusivas diversas.....	31
4.8. Principales dominios hidrogeológicos de los distintos niveles lito-estructurales.....	32
5. UTILIZACION DEL AGUA SUBTERRANEA EN EXTREMADURA.....	33
6. CARACTERISTICAS DE LAS CAPTACIONES.....	34
6.1. Provincia de Cáceres.....	34
6.2. Provincia de Badajoz.....	46
7. CALIDAD QUIMICA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN EXTREMADURA.....	65
7.1. Rocas graníticas.....	65
7.2. Complejo esquistó-grauváquico.....	66
7.3. Cuarcitas.....	67
7.4. Calizas.....	67
7.5. Materiales detríticos terciarios y cuaternarios.....	67
7.5.1. Sistema acuífero n.º 16.....	68
7.5.2. Sistema acuífero n.º 14.....	68
7.5.3. Sistema acuífero n.º 21.....	68
8. LAS AGUAS MINERO-MEDICINALES, MINERO-INDUSTRIALES Y DE BEBIDA ENVASADAS EN EXTREMADURA.....	70
8.1. Definición y clasificación.....	70
7.2. Inventario.....	72
9. LA PROSPECCION DE AGUAS SUBTERRANEAS EN EXTREMADURA.....	75
10. LOS BOMBEO DE ENSAYO A «CAUDAL CRITICO».....	77
11. ASPECTOS GEOTERMICOS EN EXTREMADURA.....	79
BIBLIOGRAFIA.....	80

1. INTRODUCCION

A lo largo de la historia investigativa de las aguas subterráneas en España, ha sido norma frecuente el adoptar el criterio general de impermeabilidad para definir las formaciones precámbricas y paleozóicas. Dicho criterio, estaba basado fundamentalmente por una parte, en su escasa o nula permeabilidad, por otra en la falta de una tecnología adecuada para la captación del recurso y finalmente por la existencia de cuantiosos volúmenes de aguas superficiales, reguladas por embalses, suficientes, en condiciones normales, para satisfacer las demandas.

El conjunto de estas circunstancias han marcado el devenir de la investigación de las aguas subterráneas en Extremadura, en cuyo ámbito geológico la presencia de los terrenos cronoestratigráficamente antiguos es muy amplia.

Al comienzo de la década de los 80, aquella primitiva idea de impermeabilidad ha sido sustituida por otra, más acorde con la realidad física.

La generalizada y prolongada sequía climática 1979-84, que afectó a amplias zonas del territorio nacional obligó a poner en marcha el denominado «Plan Agua Roja».

En Extremadura, sus efectos se reflejaron en un vertiginoso y progresivo aumento en los déficits de agua para abastecimiento. Más de ciento veinte núcleos urbanos, se vieron afectados por cortes en el suministro siendo necesario, en muchos casos, satisfacer parcialmente la demanda mediante cisternas.

Ante tal situación, y dentro del referido Plan, las Administraciones Autonómicas y Central allegaron inversiones, de carácter extraordinario, encaminadas hacia la captación de aguas subterráneas.

Más de trescientas perforaciones fueron realizadas en el citado período, que pusieron en evidencia por una parte, la idoneidad social de la inversión y por otra las posibilidades del recurso agua subterránea en la satisfacción de las demandas.

Si bien es cierto que por diversas razones, muchas de las captaciones fueron negativas y en otras el caudal aforado fue pequeño; lo que sí quedó de manifiesto fue la posibilidad de captar aguas subterráneas en formaciones precámbricas y paleozóicas, en determinadas condiciones favorables, aunque en el mayor número de veces, para paliar problemas locales de pequeña magnitud.

El análisis de los efectos de la sequía, así como de las acciones llevadas a cabo en el «Plan Agua Roja» y sus resultados, han sido los motivos básicos que han impulsado a la Junta de Extremadura, a través de su Consejería de Industria y Energía y más concretamente de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, a realizar el Mapa Hidrogeológico de Extremadura (escala 1:300.000).

Este documento, ha sido realizado por el Instituto Geológico y Minero de España en el ámbito del Convenio existente entre dicho Organismo y la Consejería de Industria y Energía de la Junta de Extremadura.

1.1 CONTENIDO

El Mapa Hidrogeológico de Extremadura que, con un doble carácter didáctico y de análisis de los conocimientos actuales se presenta, está compuesto de dos documentos: el Mapa, en el cual se reflejan cartográficamente, y conforme a unas normas internacionales, las diferentes formaciones geológicas por su carácter de permeabilidad, semipermeabilidad e impermeabilidad y la Memoria, en la cual se desarrollan y analizan los diversos factores que conforman la hidrogeología extremeña.

1.2. EQUIPO

En la confección del Mapa Hidrogeológico de Extremadura, han intervenido:

- Jesús Gómez de las Heras. Instituto Geológico y Minero de España.
- Javier Almoguera Lucena: Instituto Geológico y Minero de España.
- Fernando Jerez Mir: Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras.
- Narciso Lagartos Gonzalez: Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras.
- José Salvador Lázaro: Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras.

Bajo la dirección y supervisión, por parte de la Consejería de Industria y Energía de la Junta de Extremadura, de D. Miguel de Alvarado Barrena, director general de Industria, Energía y Minas, y D. Pedro García Isidro, jefe de sección de Minas, y por parte del Instituto Geológico Minero de España, de D. Jesús Gómez de las Heras.

2. ASPECTOS FISICOS

2.1. Climatología

De forma general el clima de Extremadura puede definirse como continental extremado, si bien con la salvedad de encontrarse en el ámbito mediterráneo de toda la Península.

Particularmente, la influencia atlántica, junto con aspectos fisiográficos como son su altura media y forma acubetada entre montañas, hacen que Extremadura presente un clima más cálido que las áreas circundantes al Norte y Este (Castilla-León y Castilla-La Mancha).

El mapa de isotermas medias anuales, diferencia una pequeña variación de temperatura, entre los 14° y 16°C, coincidiendo con las zonas de menor precipitación, y un progresivo descenso térmico hacia las zonas de máxima precipitación.

Por lo que respecta a los valores absolutos de temperatura, la región extremeña se caracteriza por un fuerte contraste entre las máximas de 46° C y mínimas de -9°C.

Asimismo, es de destacar dentro de la climatología de Extremadura la existencia de una gran variedad de áreas microclimáticas, consecuentes con las estribaciones montañosas que separan valles profundos.

Por lo que respecta a la pluviosidad, en el mapa de isoyetas medias anuales se observa una gran variabilidad, motivo por el cual se pueden diferenciar cuatro zonas:

- Zona Centro, con una pluviometría del orden de 500-600 mm/año.
- Zona Sur, límite con las provincias de Huelva y Sevilla donde llega a alcanzar los 800 mm/año.
- Zona Este, en la cual se encuadran las comarcas de Las Villuercas y Alto Guadiana, en la cual se superan los 1.000 mm/año.
- Zona Norte, que comprende las Sierras de Gata, Hurdes, Tormentos y Gredos, donde se sobrepasan los 1.200 mm/año.

En Extremadura el máximo de precipitaciones se produce entre los meses de febrero y marzo, disminuyendo en abril.

Los meses más secos son julio y agosto produciéndose un segundo período de lluvias de octubre a diciembre con un máximo secundario en noviembre.

Para la confección de los mapas de isoyetas e isotermas medias anuales, se han utilizado los datos de una red de 338 estaciones meteorológicas clasificadas de la forma siguiente, por cuentas hidrológicas:

Cuenca	TIPO DE ESTACION			Total
	P	T.P.	T	
Guadiana	138	91	5	234
Tajo	58	42	4	104
G+T	196	133	9	338

P=Estación Pluviométrica.

T.P.=Estación Termo-pluviométrica.

T=Estación Termométrica.

La distribución de dichas estaciones muy irregular, alcanzando mayor densidad en las zonas llanas y valles.

Estaciones meteorológicas con datos pluviométricos (período 1971-80)

Cuenca	SERIE DE AÑOS CON DATOS			Total c.s.
	Completa	Cinco o más años	Menos de cinco años	
Guadiana	35	49	16	100
Tajo	25	143	61	229
G+T	60	192	77	329

Estaciones meteorológicas con datos termométricos (período 1971-80)

Cuenca	SERIE DE AÑOS CON DATOS			Total
	Completa	Cinco o más años	Menos de cinco años	
Guadiana	9	51	36	96
Tajo	7	32	7	46
G+T	16	83	43	142

Para la confección de los mapas de isotermas e isoyetas medias anuales, se han eliminado las estaciones con menos de cinco años de datos y las demás, se han ponderado teniendo en cuenta el número de años con datos de la serie dentro del período considerado.

2.2. Índices de aridez

Para establecer estos índices se ha seguido la clasificación usada por la UNESCO para la determinación de la distribución mundial de las zonas áridas.

Dicha clasificación se basa en la determinación de la relación $i^h = \frac{R}{E}$, en donde R y E son respectivamente, la precipitación y la evapotranspiración potencial (según Penman) anuales medias.

En función de la relación antes citada se deducen los siguientes límites para el Índice de aridez.

- Zona árida..... $i^h < 0,30$
- Zona semiárida..... $0,30 < i^h < 0,70$
- Zona subhúmeda $0,70 < i^h < 1,00$
- Zona húmeda $i^h > 1,00$

Conforme a estos valores de i^h , en Extremadura se pueden distinguir tres zonas:

- Zona húmeda: Terrenos sin aridez, situada al Norte y Sur de la región extremeña.
- Zona subhúmeda: Terrenos con pequeña aridez; situada al Sur y Norte de la zona húmeda, hasta el paralelo Alburquerque-Montánchez en Cáceres, y desde el límite con Huelva y Sevilla hasta el paralelo Olivenza-Cabeza de Buey en Badajoz.
- Zona semiárida: terrenos con aridez acusada, situada entre los paralelos citados anteriormente.

2.3. Hidrología

La Comunidad Autónoma de Extremadura, con una superficie total de 41.602 km², se ubica en el ámbito de las cuencas hidrográficas de los ríos Tajo y Guadiana.

Ambos ríos, circulan por las tierras extremeñas en dirección Este-Oeste, cambiando el último, a la altura de Badajoz, su discurrir hacia el Sur, sirviendo de límite fronterizo con Portugal hasta su salida de la provincia.

En su recorrido por las tierras cacereñas, el río Tajo recoge por su margen derecha las aguas de los ríos Alagón y Tiétar, y por la izquierda las del Ibor, Tamuja, Salor y Sever, éste último en frontera con Portugal.

Este tramo de la cuenca del río Tajo, y subcuencas de los citados afluentes ocupan prácticamente toda la provincia de Cáceres, siendo regulados dentro de la misma por los embalses de Valdecañas, Torrejón-Tajo, Torrejón-Tietar, Gabriel y Galán, Valdeobispo, Borbollón, Alcántara, Salor y Cedillo, así como por otros de menor entidad, con una capacidad teórica de embalse del orden de 6.000 hm³.

El río Guadiana, discurre por la provincia de Badajoz recibiendo por su margen derecha las aguas de los ríos Guadalepejo, Rucas, Búrdalo, Lacara y Gévora entre otros, y por su izquierda, el Zújar, que es el afluente más caudaloso, Guadajirá, Matachel, Guadamez y Ortigas.

Este tramo de la cuenca del río Guadiana y subcuencas de los mencionados afluentes, ocupan prácticamente toda la provincia de Badajoz, siendo regulados dentro de la misma por los embalses de Cijara, García-Sola, Orellana, Montijo y otros de menor entidad, con una capacidad total teórica superior a los 3.800 hm³.

Dicha capacidad, será incrementada en el futuro en más de 4.200 hm³ como consecuencia de la entrada en servicio, dentro del sistema hidráulico, de los embalses de: La Serena (3.232 hm³), Peña del Aguila (130 hm³) y Alange (878 hm³) y otros de pequeña entidad hoy en construcción.

Como resumen, se puede indicar que la Comunidad Autónoma de Extremadura, cuenta en la actualidad con una capacidad teórica de embalse próxima a los 10.000 hm³, la cual se verá ampliada en más de 4.000 hm³ cuando entren en servicio los embalses en construcción, entre los cuales merece especial mención, por su capacidad, el de La Serena.

A continuación, en los cuadros resumen I, II y III se reflejan, para el ámbito de la Comunidad Extremeña la relación de estaciones de aforos (I y II) y la de embalses en servicio.

CUADRO RESUMEN I ESTACIONES DE AFOROS DE LA CUENCA DEL TAJO (EXTREMADURA)

N.º	Denominación	Río	Sup. Cuenca (Km ²)	Serie de años con datos	Prec. media anual (hm ³)	Aport. media anual (hm ³)	Caudal medio anual m ³ /seg.	Observaciones
127	Rosarito	Tiétar	1.754	37	1.920	1.082	34	Se inaugura el Embalse Rosarito en el año 1958.
184	La Bazagona	Tiétar	4.094	7	3.262	1.323	42	
128	Torrejón	Tiétar	4.450	8	4.196	1.724	55	
203	Azután	Tajo	35.069	6	19.738	2.899	92	
152	Valdecañas	Tajo	365.540	8	21.688	3.634	134	
16	Torrejón	Tajo	37.094	8	23.143	3.696	117	
147	Galisteo	Jerte	631	11	626	437	14	
140	Coria	Alagón	4.015	10	3.436	1.040	33	
19	Alcántara	Tajo	52.170	61	35.529	5.877	186	
162	Moraleja	Rivera de Gata	388	4	—	85	3	
169	Monroy	Almonte	787	8	626	152	5	

CUADRO RESUMEN II
ESTACIONES DE AFOROS DE LA CUENCA DEL GUADIANA (EXTREMADURA)

N.º	Denominación	Río	Sup. Cuenca (Km²)	Serie de años con datos	Prec. media anual (hm³)	Aport. media anual (hm³)	Caudal medio anual m³/seg.	Observaciones
12	García de Sola	Guadiana	25.750	20	10.784	1.407	44	
104	Emb. del Zújar	Zújar	7.637	12	4.790	687	22	
13	Orellana	Guadiana	26.125	13	7.327	1.217	39	
14	Villanueva	Guadiana	34.771	63	12.838	1.855	59	
163	Alange	Matachel	2.497	27	1.516	159	5	
15	Mérida	Guadiana	41.924	6	19.380	1.386	44	
18	Puente Palmas	Guadiana	48.515	63	26.137	2.960	94	
19	Benavides	Guadiana	49.437	55	26.830	3.119	99	

CUADRO RESUMEN N.º III
RELACION DE EMBALSES EN LA AUTONOMIA DE EXTREMADURA

Embalse	Río	Término municipal	Provincia	Superficie cuenca embalse (km ²)	Volumen embalse (hm ³)	Aportación(hm ³) Parcial	Total	Volumen regulado (hm ³) Embalse	Sistema	Destino
Cornalbo	Albarregas	Mérida	Badajoz		10,0					Riego
Proserpina	Ayº Pardillas	Mérida	Badajoz		4,0					Riego-Recreo
Albuera de Castellar	Alconera	Zafra	Badajoz		0,3					Riego
Albuera Feria	Ribera de Feria	La Parra y Feria	Badajoz		0,7					Abastcimient.
Zalamea	Ortigas	Zalamea-Serena	Badajoz		0,2					Riego
Albuera Casabaya	Ayº Casabaya	Jerez de los Caballeros	Badajoz		0,1					Riego
El Mosquil	Ayº Los Labrados	Usagre	Badajoz		0,2					Riego
Zafra	Alconera	Zafra	Badajoz		240					Abastecimiento
Peña del Aguila	Zapatón	Villar del Rey	Badajoz		18,0					Riego-Abast.
Montijo	Guadiana	Mérida	Badajoz		8,0					Derivación-Riego
Piedra Aguda	Olivenza	Olivenza	Badajoz		16					Riego-Abast.
Valuengo	Ardila	Jerez de los Caballeros	Badajoz		20,0					Riego-Energía
Brovales	Ayº Brovales	Jerez de los Caballeros	Badajoz		7,0					Riego
Orellana	Guadiana	Orellana la Vieja. Campa- nario	Badajoz		824,0		1.324	128	1.215	Riego-Energ. Abas- tecimientos
Guadajira	Guadajira	La Lapa. Feria	Badajoz		1,0					Abastecimiento
García de Sola	Guadiana	Talarrubias	Badajoz		554,0	1	1.294	169	1.176	Riego-Energía
Zujar	Zujar	Castuera-Esparragosa	Badajoz		723		732	274	274	Riego-Energía
Zujar (Collado)	Zujar	Castuera-Esparragosa	Badajoz							Riego-Energía
Barrueco de Arriba	Ayº Zafrillas	Malpartida-Plasencia	Cáceres		0,6					Riego
Vegas Altas	Ayº Las Chabarcas	Brozas. Navas del Madroño	Cáceres		0,2					Riego
Petit n.º II	Ayº del Moro	Arroyo de la Luz	Cáceres		0,6					Riego-Energía
Arce de Abajo	Jumadiez	Brozas	Cáceres		0,4					Riego-Pesca. Abas- tecimiento
Arce de Arriba	Ayº Cabezas	Brozas	Cáceres		0,8					Riego-Pesca. Abas- tecimiento
Barroso	Ayº Calles	Villa del Rey	Cáceres		0,2					Pesca-Abastec.
Brozas	Ayº de la Mata	Brozas	Cáceres		0,3					Abastecimiento
Cueto	Rib. Mata Alcánta- ra	Villa del Rey	Cáceres		0,6					Pesca-Abaste.
Greñas	Ayº Chabarcas	Brozas	Cáceres		0,3					Riego-Pesca

CUADRO RESUMEN N.º III
RELACION DE EMBALSES EN LA AUTONOMIA DE EXTREMADURA

Embalse	Río	Término municipal	Provincia	Superficie cuenca embalse (km ²)	Volumen embalse (hm ³)	Aportación(hm ³)		Volumen regulado (hm ³)		Destino
						Parcial	Total	Embalse	Sistema	
Mata de Alcántara	Ctes. Pluviales	Mata de Alcántara	Cáceres		0,2					Abastecimiento. Pesca
Molino de Cabra	Jartín	Alcántara-Villa del Rey	Cáceres		0,1					Riego
Quebrada de Tiendas	Ay ^o Quebrada de Tiendas	Talayuela	Cáceres		0,2					Riego
Helechal	Ay ^o Helechal	Alcántara	Cáceres		0,2					Riego
Valdecañas	Tajo	Belvis. Valdecañas	Cáceres	36.540	1.446	144	4.612	740	3.402	Riego-Energía
Valdeobispo	Alagón	Valdeobispo-Monte hermoso	Cáceres	2.450	53	157	1.280	51	686	Riego-Energía
Torrejón-Tajo	Tajo	Torrejón-Toril	Cáceres	37.094	176	87	4.700	86	3.187	Energía
Torrejón-Tiétar	Tiétar	Serradilla-Toril	Cáceres	4.450	22	576	1.528	36	156	Energía
Alcántara II	Tajo	Alcántara	Cáceres		3.137	1.365	9.017	1.810	5.904	Energía
La Cumbre	Ay ^o Magasquilla	La Cumbre	Cáceres		0,2					Abastecimiento
Montehermoso	Ay ^o del Pez	Montehermoso	Cáceres		0,6					Abastecimiento
Cáceres	Guadiloba	Cáceres	Cáceres	135	20					Abastecimiento
El Corono	Ay ^o Godino	Pasaron de la Vera	Cáceres		0,1					Riego
Malpartida de Plasencia	Ay ^o La Dehesa	Malpartida de Plasencia	Cáceres		0,2					Abastecimiento
Cedillo	Tajo-Sever	Cedillo	Cáceres		260	800	10.512	290	7.679	Energía
Madroñeras	Ay ^o Aguijas	Madroñeras	Cáceres		1,					Abastecimiento
Malpartida de Cáceres	Ay ^o Tallón	Casar de Cáceres	Cáceres		0,5					Abastecimiento
Tres Torres	Ay ^o Zorita	Torremocha	Cáceres		0,3					Abastecimiento
Petit n.º I	Ay ^o Pontones	Arroyo de la Luz	Cáceres		1,0					Riego
Zamores	Ay ^o Pozo Seco	Membrío	Cáceres		0,2					Abastecimiento. Riegos
García	Cabeza Jartín	Villa del Rey	Cáceres		0,5					Pesca-Abastec.
Charca del Lugar	Ay ^o Cañadilla	Malpartida de Cáceres	Cáceres		0,2					Riego
Albuera	Ay ^o Albuera	Trujillo	Cáceres		0,3					Riego
Barrueco de Abajo	Ay ^o Zafrillas	Malpartida	Cáceres		0,7					Riego
Casilla I	Ay ^o Casillas	Trujillo	Cáceres		0,3					Riego
Charca Arroyo de la Luz	Ay ^o Cañada	Arroyo de la Luz	Cáceres		0,8					Pesca
Garguera	Gargüera	Plasencia	Cáceres		0,3					Riego
La Maside	A ^o Hornacinos	Aldeanueva del Camino	Cáceres		0,3					Riego

CUADRO RESUMEN N.º III
RELACION DE EMBALSES EN LA AUTONOMIA DE EXTREMADURA

Embalse	Río	Término municipal	Provincia	Superficie cuenca embalse (km ²)	Volumen embalse (hm ³)	Aportación(hm ³)		Volumen regulado (hm ³)		Destino
						Parcial	Total	Embalse	Sistema	
Ribera de Mula	Rib. de Mula	Salorino	Cáceres		0,7					Uso industrial
Alcantara I	Jartín	Alcántara	Cáceres		1,0					Abastecimiento
Armiñán	Baños	Baños de Montemayor	Cáceres		0,3					Riego
Vid N.º 1	Ayº La Vid	Torrejón el Rubio	Cáceres		0,1					Riego
Arrago	Arrago	Santibáñez el Alto	Cáceres		1,0					Riego
Borbollón	Arrago	Santibáñez el Alto	Cáceres	329	86,0	145	145	64	64	Riego-Energía
Charca de la Generala	Ayº de la Generala	Cáceres	Cáceres		0,2					Riego-pesca
Solana	Ayº Cabrioso	Herrera-Alcántara	Cáceres		0,3					Riego
Cijara	Guadiana	Alia. Herrera del Duque	Cáceres-Badajoz		1.670		1.233	591	997	Riego
Araya de Arriba	Ayº Ancianas	Brozas	Cáceres		2,0					Riego
Araya deArriba (Collado)	Ayº Ancianas	Brozas	Cáceres		—					Riego
La Vid n.º 3	Ayº La Vid	Torrejón el Rubio	Cáceres		0,6					Riego
Molano	Ayº Lanchuela	Arroyo de la Luz	Cáceres		0,8					Riego-Abast.
Gabriel y Galán	Alagón	Guijo de Granadilla	Cáceres	1.848	924,0	1.122	635	635	635	Riego-Energ.
Tozo	Tozo	Torreillas de la Tiesa	Cáceres		0,5					Riego
La Jarilla	Ayº La Cavera	La Jarilla	Cáceres		0,2					Riego
Salor	Salor	Cáceres	Cáceres		14,0	43	43	11,5	11,5	Riego
Boyeril N° 2	Ayº del Manco	Castejada	Cáceres		0,2					Riego

3. MARCO GEOLOGICO

3.1. Introducción

La base geológica aquí presentada se ha realizado, en lo que a cartografía se refiere, a partir de una simplificación de los contactos entre los diferentes terrenos diferenciados en el Mapa Geológico-Minero de Extremadura. Los 33 términos distinguidos en este último han sido reducidos aquí a 17, es decir aproximadamente a la mitad. Conviene añadir que el citado Mapa Geológico-Minero constituye, a su vez, una síntesis simplificada del Mapa Geológico Nacional, a escala 1:50.000, complementada con otros trabajos recientes de diverso origen.

La reducción de términos a que se alude más arriba, realizada, lógicamente, por la agrupación de formaciones geológicas con similar comportamiento hidrogeológico, no es óbice para que en la presente descripción se haga referencia, de forma individualizada, a las diversas formaciones de base que constituyen cada una de esas agrupaciones.

3.2. Marco geológico regional

Extremadura, ocupa una gran parte del Suroeste peninsular y pertenece, desde el punto de vista geológico, al Macizo Hespérico o Macizo Ibérico; este último constituye el extremo occidental de la llamada Cadena Herciniana de Europa.

El Macizo Hespérico ha sido subdividido en distintas unidades o «zonas», de acuerdo con criterios estructurales y estratigráficos. Las subdivisiones más utilizadas son las debidas a Lotze (1945) y Juliver et al. (1974). En Extremadura afloran parte de dos de las «zonas» meridionales; la zona Centro-Ibérica y la zona de Ossa-Morena.

El límite entre ambas zonas viene marcado por el batolito de Los Pedroches, si bien otros autores han hecho otras propuestas en cuanto a la posición del mismo haciéndolo coincidir con la Falla de Azuaga, la zona de cizalla Badajoz-Córdoba o la Falla de Villaharta o de Hornachos.

Además de las citadas unidades del Macizo Hespérico, afloran en Extremadura depósitos recientes (neógenos y cuaternarios) que forman parte, principalmente, del relleno de las cuencas del Tajo y Guadiana.

3.2.1. Zona Centro-Ibérica

La Zona Centro-Ibérica ocupa la mitad septentrional de la Comunidad Autónoma Extremeña. Su carácter más sobresaliente es la existencia de amplios afloramientos de una serie detrítica de edad comprendida

entre el Rifeense superior y el Vendicense, conocida en la literatura geológica bajo las denominaciones de Complejo Esquisto-Grauwaquico o Serie Alcudicense. Dichos afloramientos constituyen amplios anticlinorios separados por estrechos sinclinales. En estos últimos afloran series paleozoicas de afinidad «armoricana» que incluyen desde el Cámbrico (sólo localmente) hasta el Devónico superior; puntualmente se alcanza hasta el Carbonífero inferior.

Otro rasgo característico de la zona Centro-Ibérica es la profusión de plutones graníticos que la atraviesan, mejor desarrollados al Norte de la región extremeña, en la cual constituyen el llamado Batolito de Extremadura Central así como la terminación occidental del Batolito de Los Pedroches. En ambos casos, se trata de rocas casi exclusivamente ácidas (granodioritas y granitos) intruidas con posterioridad a la primera fase de deformación.

3.2.2. *Zona de Ossa-Morena*

La Zona de Ossa-Morena se caracteriza, en primer lugar, por la existencia de amplias áreas en las que afloran materiales precámbricos, intensamente deformados y metamorfizados con anterioridad al Paleozoico y, en segundo lugar, por la densa red de fracturas y zonas de cizalla subverticales, con direcciones que varían entre WNW-ESE y NW-SE, y producen una compartimentación de la zona en bloques, con forma de cuña, a todas las escalas. Hay que añadir que, entre las bandas precámbricas anteriormente señaladas, existen otras en las que afloran depósitos paleozoicos correspondientes a dos cuencas de sedimentación diferentes. La situada al Norte representa la parte marginal de la cuenca paleozoica Centro-Ibérica mientras que la meridional, perteneciente propiamente a la Zona de Ossa-Morena, presenta características distintivas muy diferentes de la anterior, lo que hace pensar en una separación importante entre ambas en el momento del depósito.

Las rocas ígneas presentes en la zona de Ossa-Morena corresponden a tres períodos principales. Granitoides calcoalcalinos precámbricos, ligados a la orogenia de dicha edad; granitoides prehercínicos, generalmente de carácter alcalino; y granitoides carbonífero-pérmicos, ligados al ciclo herciniano de deformación.

3.2.3. *Síntesis geológica regional*

En la región Suroeste de la Península Ibérica, desde un punto de vista tectonoestratigráfico, afloran los siguientes conjuntos:

- dos terrenos precámbricos amalgamados en la orogenia finiprecámbrica y posteriormente dispersados a lo largo del Paleozoico. Se denominan aquí, terrenos de Valencia de las Torres-Cerro Muriano y de Sierra Albarrana.
- un complejo sinorogénico ligado a la amalgamación de los dos terrenos citados que consiste en dos unidades: unidad flyschoides (Complejo Esquisto-Grauwaquico, Formación Azuaga), y unidad vulcanosedimentaria (Formaciones Malcocinado, Loma del Arre, etc.). Las relaciones entre ambos son por cambio de facies, e indistintamente recubren en discordancia a los dos terrenos precámbricos.
- un complejo expansivo Vendicense-Cámbrico inferior y medio que consta de una parte basal con facies de relleno de valle y marinas de plataforma somera, presente en toda la región si bien sólo de forma local en la Zona Centro-Ibérica, y una parte superior que únicamente se reconoce en la zona de Ossa-Morena y que constituye un complejo de tipo rift (vulcanismo bimodal alcalino a toleítico, turbiditas, etc.).
- dos conjuntos de edad Ordovícico-Devónico bien diferenciados. El septentrional que ocupa la zona Centro-Ibérica y el norte de la de Ossa-Morena, y el meridional (Cuenca de Barrancos-Hinojales), exclusivamente en la zona de Ossa-Morena. Como ya se dijo, las diferencias acusadas existentes entre ambos conjuntos hacen presuponer una separación importante entre las cuencas en que se depositaron.

- dos áreas con sedimentación durante el Carbonífero inferior, establecidas una vez que se había producido la mayor parte de la deformación herciniana de los dos conjuntos citados anteriormente. El área meridional constituye la zona Sudportuguesa, y no aflora en Extremadura, mientras que la septentrional que aflora a ambos lados del Batolito de Los Pedroches, constituye la cuenca de igual nombre.
- depósitos de relleno de cuencas intramontañosas de edad Carbonífero superior y Pérmico inferior, dispersos por toda la región.

3.3. Estratigrafía

3.3.1. Precámbrico

3.3.1.1. Terreno de Valencia de las Torres-Cerro Muriano

La serie estratigráfica de este terreno consta de dos partes bien diferenciadas.

La parte basal consiste en una secuencia metavolcánica bimodal (gneises y anfibolitas), generalmente metamorfizada en condiciones de grado medio y alto, en la que localmente aparecen niveles metasedimentarios poco potentes (mármoles, cuarcitas negras). En la literatura reciente este conjunto aparece con la denominación de Formación blastomilonítica que incluiría los tramos de Gneises del Arroyo Argallón y de Anfibolitas de Las Mesas, etc. (Delgado, 1971).

La parte superior del Terreno de Valencia de Las Torres-Cerro Muriano está constituida por la bien conocida «Serie Negra» (Carvalhosa, 1965; Vegas, 1968), una potente y monótona sucesión de metapelitas y metaarenitas grafitosas con intercalaciones de anfibolitas, cuarcitas negras, mármoles y metavulcanitas ácidas (gneises). En la alineación de Olivenza-Monesterio que constituye el mejor afloramiento de esta serie, Eguíluz et al (1984) distinguen dos tramos; el inferior (sucesión de Montemolín), caracterizado por la profusión de anfibolitas (metavulcanitas básicas) y un carácter cuarzoesquistoso de los niveles de metaarenitas; y el superior (sucesión de Tentudía), con pocas anfibolitas y un carácter grauwáquico vulcanoclástico de los niveles metaarenosos.

Es en la «Serie Negra» donde se han encontrado los únicos restos fósiles del Terreno de Valencia de Las Torres-Cerro Muriano. Se trata de Acritarcos que permiten atribuirle una edad Rifeense medio-superior (Chacón, 1979; Chacón et al., 1984).

Los principales afloramientos de este terreno en Extremadura se encuentran en las áreas de Arroyo molinos, Zafra-Alanís-Córdoba, Valencia de las Torres-Cerro Muriano y Obejo Valsequilla-Puebla de la Reina.

3.3.1.2. Terreno de Sierra Albarrana

Muestra una sucesión totalmente diferente a la de Valencia de las Torres-Cerro Muriano. Escasamente presente en Extremadura, su estratigrafía puede reconstruirse con datos suministrados por afloramientos de la vecina provincia de Córdoba. De techo a muro consta de los siguientes tramos:

- tramo potente de micasquistos, muy moscovíticos, con algunas intercalaciones delgadas de metaarenitas impuras hacia la base.
- tramo de cuarcitas feldespáticas con intercalaciones de metaconglomerados cuarcíticos.
- tramo de micasquistos moscovíticos, con pasadas de micasquistos con porfiroblastos de plagioclasa y paquetes de cuarcitas tableadas.

Aunque no se dispone, por el momento de ninguna evidencia paleontológica o radiométrica, la situación de estos materiales por debajo de la Formación Azuaga, la cual forma parte del complejo sinorogénico

precámbrico, parece hoy incuestionable, por lo que la edad Precámbrica de dichos materiales no ofrece lugar a dudas.

3.3.2. *Depósitos sinorogénicos finiprecámbricos*

3.3.2.1. Complejo vulcano-sedimentario

Aflora extensamente en la zona Ossa-Morena, siendo mucho más dispersos sus ocurrencias en la zona Centro-Ibérica. Consiste principalmente en rocas epiclásticas y sedimentarias vulcanoderivadas de composiciones que oscilan entre basaltos y riolitas, predominando largamente los términos intermedios andesíticos y dacíticos. Las rocas volcánicas en sentido estricto (lavas, piroclastos), son minoritarias, dado su bajo potencial de preservación.

Granulométricamente, las rocas vulcanosedimentarias de este complejo varían entre tamaño grava y lutita, predominando los depósitos de tamaño arena y lutita.

Desde el punto de vista sedimentológico se reconocen depósitos de *debris-flow* y capas turbidíticas, que alternan con lechos pelíticos (tufíticos) y frecuentemente con bancos de carbonatos, que localmente llegan a ser potentes (Fuente del Maestre, Fuente del Arco, etc.).

Con frecuencia, aparecen asociados a estas rocas, espacial y genéticamente, plutones de rocas dioríticas a graníticas (Ahillones, Palomas, Valle de la Serena, etc.), que muestran evidencias de un emplazamiento muy superficial.

Geoquímicamente, muestran un marcado carácter calcoalcalino (Apalategui et al, Guadalcanal, 1986).

La única evidencia paleontológica citada por el momento corresponde a estromatolitos, oncolitos, algas cianofíceas y «Problemática» que sugieren una edad Rifeense (Liñan, M.; Schmidt, 1980), recogidos en calizas de la Formación Loma del Aire.

En Extremadura aflora extensamente en los dominios de Zafra-Monesterio, Sierra Albarrana (tramo del Encinalejo; Delgado, 1971), Valencia de las Torres-Cerro Muriano y Obejo-Valsequillo-Puebla de la Reina.

3.3.2.2. Complejo Flyschoides

Se trata de una potente (varios miles de metros) sucesión de rocas eminentemente detríticas, en las que localmente se encuentran intercalaciones poco importantes de carbonatos y de rocas volcánicas, generalmente retrabajadas.

Litológicamente muestra gran monotonía, predominando las alternancias de grauwas y lutitas, con características de capas turbidíticas. Se reconocen facies turbidíticas de abanicos submarinos, facies de talud y facies de plataforma (Gabaldón, comunicación personal), así como megaturbiditas correspondientes a sismoeventos (Nivel de Fuentes, Fangoconglomerados de Moreno, 1975). Sin embargo, la falta de datos estratigráficos y sedimentológicos suficientes, impiden la reconstrucción paleogeográfica de la cuenca y el análisis de su evolución en el tiempo.

La edad de las rocas de este complejo ha sido considerada como Rifeense superior-Cámbrico inferior, en base fundamentalmente a determinaciones de Acrítarcos (Palacios, com. pers.; Díez y Fournier, 1981). Sin embargo, en la mayor parte de la región, el Cámbrico inferior e, incluso series de edad Vendíense, reposan en discordancia sobre la serie flyschoides, mostrando, además, características sedimentarias muy diferentes (véase el epígrafe relativo al Cámbrico). Este hecho no descarta que en las áreas marginales de la cuenca sedimentaria, más alejadas del orógeno, puedan haber existido facies de plataforma de forma estable, siendo el tránsito de la serie esquistograuwaquica al Cámbrico totalmente concordante.

3.3.3. *Paleozoico*

3.3.3.1. *Cámbrico*

Los primeros depósitos preservados corresponden a conglomerados y areniscas, fluviales a marinos muy someros, que parecen representar depósitos de relleno de valle (fosas tectónicas); (Formación Torreárboles, Areniscas de Azorejo, etc.).

Enseguida progresa la transgresión, generalizándose las condiciones marinas de plataforma somera que persisten durante buena parte del Cámbrico inferior.

En estas condiciones se depositan secuencias, variables de unas localidades a otras, de materiales terrígenos (lutitas y areniscas) con intercalaciones más o menos potentes de calizas.

Hacia el final del Cámbrico inferior, la progresión del régimen extensivo antes aludido (período de rifting) tiene como resultado la formación de turbiditas, depósitos de talud, etc., así como la aparición de rocas volcánicas en ciertas zonas, mientras que en otras persistían las condiciones de plataforma.

Dicho vulcanismo, generalizado durante el Cámbrico medio, consiste en una serie bimodal (basaltos-riolitas) de alcalina-hipercalina a toleítica, en la que predominan ampliamente los términos básicos (Espilitas de La Umbria-Pipeta, Bard, 1969; Xistos de Terragem, Goncalves y Torre, 1970).

Las rocas volcánicas alternan con pelitas oscuras y están recubiertas en algunas localidades (entre Juromenha y Elvas particularmente por una serie de esquistos negros y, sobre ellos, una serie de alternancias pelítico-arenosas (Formación de Fatuquedo, Delgado, 1904) que contiene Acritarcos del Cámbrico medio (Erdtmann, com. pers.).

Tanto las series del Cámbrico inferior como las del Cámbrico medio han sido datadas, con bastante detalle, en base a determinaciones de Trilobites y Acritarcos (Gil, 1981, 82, 84, Bard, 1964; Perejon, 1973, 75, 76, 80, 81; Liñán, 1978, 81, 84). No así, el Cámbrico Superior, que no parece existir en el Suroeste Ibérico. En dicho período, ocurrió el referido episodio sárdico de deformación, cuyas características se describirán más adelante y que condujo al aborto del régimen sedimentario iniciado en el Cámbrico y a la erosión del mismo en determinadas áreas, particularmente de la zona Centro-Ibérica.

3.3.3.2. *Ordovícico-Devónico*

Como consecuencia del evento «sárdico» de deformación, las condiciones uniformes que reinaron en la región durante el Cámbrico, se rompieron, generándose dos cuencas diferentes de sedimentación que, habida cuenta de las notables diferencias que presentan entre sí, debieron ubicarse en áreas relativamente separadas, con tierra emergida entre ellas.

3.3.3.2.1. *Terreno de Barrancos-Hinojales*

La sucesión estratigráfica en el terreno de Barrancos Hinojales comienza con la Formación de Barrancos (Delgado, 1908), que reposa en discordancia cartográfica sobre el Cámbrico medio. Se trata de una potente secuencia eminentemente pelítica, con finas pasadas areniscosas que se hacen más abundantes hacia el techo. La discordancia viene materializada por conglomerados cuya potencia, muy variable, oscila entre 0 y 250 m, y, en su ausencia, por unos niveles arenosos con abundantes nódulos y diseminaciones de óxidos de manganeso e hierro (Oliveira, 1984).

En esta formación se han encontrado faunas de Graptolites, que permiten asignarle una edad Ordovícico inferior y medio (Delgado, 1980; Schneider, 1939; Perdigo, 1967; Gutiérrez, 1982).

En tránsito gradual sobre la Formación de Barrancos se sitúa la Formación de S.^a Colorada, un tramo arenoso, generalmente grauváquico, cuya potencia no excede de un centenar de metros. Su edad, ante la

ausencia de restos fósiles, por el momento, se considera comprendida entre el Ordovícico superior y el Silúrico más bajo.

Sigue un tramo delgado (0-50 m.) de ampelitas y liditas negras, que han suministrado faunas de Graptolites de Silúrico inferior y medio, sobre la que se dispone, en el flanco norte del Sinclinorio de Terena, una formación de pizarras oscuras con intercalaciones arenosas milimétricas a centimétricas, conocida como Formación de Xistos Raiados en la región de Barrancos. Esta formación, sin restos fósiles por el momento, se considera como Silúrico superior y, quizás, Devónico basal.

Finalmente, la secuencia preorogénica del Terreno de Barrancos-Hinojales, se completa con una formación delgada de pizarras, margas y calizas, con abundantes restos de Braquiópodos, Bivalvos, etc., de edad Devónico inferior-medio (Formación Russianas).

En discordancia angular y erosiva sobre la sucesión anteriormente expuesta, se sitúa una formación flyschoides (Flysch de Terena) que consiste en turbiditas, mayoritariamente, en la que se intercalan depósitos de *debris-flow* y olistolitos, que incluyen fragmentos de los propios depósitos ordovícico-silúrico de la cuenca, junto con fragmentos de los materiales cámbricos infrayacentes, todos ellos con evidencias de deformación.

3.3.3.2.2. Terreno Centro-Ibérico

Se han distinguido los siguientes conjuntos:

- Ordovícico inferior. Presente en toda la región y representado principalmente por los generalmente potentes tramos cuarcíticos que constituyen la Formación Cuarcítico Armórica. Asimismo se engloban los tramos de conglomerados, cuarcitas y pizarras de tonos rojizos que localmente aparecen bajo ella (Serie *lie-de-vin*; Tamain, 1972).
- Ordovícico medio-superior. Se incluye dentro de este grupo una serie eminentemente pelítica (Pizarras de Calymene) que presenta frecuentes intercalaciones cuarcíticas, aunque con poca continuidad lateral. Contienen numerosos restos de Trilobites del Ordovícico medio y superior y, en un tramo carbonatado discontinuo (Caliza Urbana de la región de Almadén; Tamain, 1972), situado hacia el techo, abundante fauna del Ordovícico superior (Ashgill).
- Silúrico. Constituido generalmente por un tramo cuarcítico discontinuo en la base (Cuarcitas del Criadero de la región de Almadén; Tamain, *op. cit.*), al que siguen niveles de ampelitas y liditas negras con abundantes graptolites del Silúrico inferior y medio. Sobre ellas se sitúan alternancias de pelitas y areniscas con algunas intercalaciones esporádicas de vulcanitas básicas.
- Devónico inferior-medio. Se trata de series eminentemente cuarcíticas, con intercalaciones de pizarras y calizas con abundante fauna. Las faunas, fundamentalmente de Braquiópodos, encontradas en estos materiales alcanzan hasta la parte inferior del Devónico medio, siendo notoria la existencia de una laguna estratigráfica que abarca al resto del Devónico medio y la parte basal del Devónico superior (Herranz, 1984).
- Devónico superior. Se trata de series eminentemente cuarcíticas, con intercalaciones de pizarras, areniscas, calizas y conglomerados, que se sitúan en discordancia sobre los materiales infrayacentes, en la mitad sur del Terreno Centro Ibérico, y sobre la mencionada laguna estratigráfica en las áreas más septentrionales.

3.3.3.3. Carbonífero

3.3.3.3.1. Cuenca de Los Pedroches (Carbonífero inferior)

Afloran en Extremadura fragmentos aislados de la misma, siendo mucho más extensas sus ocurrencias en las provincias de Córdoba y Jaén.

Las facies marginales, están representadas por facies deltaicas y de *lagoon*, según las localidades (Gabaldon, et al, 1985). Pero el elemento más característico de esta cuenca lo constituían, sin duda, varias alineaciones de relieves volcánicos que la compartimentaban (Alineaciones volcánicas de Villaviciosa de Córdoba-La Coronada, Guadalbarbo y Pedroches).

Los sedimentos entre las citadas alineaciones volcánicas, aparte de los marginales ya descritos, corresponden mayoritariamente a series terrígenas, con algunas intercalaciones carbonatadas, depositadas en una plataforma dominada por tormentas. Sólo en determinadas áreas existen capas turbidíticas sin retrabajamiento de oleaje de tormentas, correspondiendo a las partes más profundas de la cuenca (Gabaldon et al, 1985).

El espesor de la secuencia carbonífera de la cuenca de Los Pedroches es muy variable. En general es sólo de unos centenares de metros, hallándose el área más subsidente entre la alineación volcánica de Los Pedroches (de la cual sólo quedan hoy relictos como enclaves en el Batolito de igual nombre, y facies distales en las proximidades) y el área marginal del sinclinal de Guadalmez, donde se han podido medir unos 3.000 m. de espesor de sedimentos.

La edad de esta cuenca, basada tanto en restos de plantas (Garrote y Broutin, 1979; Quesada y Garrote, 1983) como de fauna marina Armengot y Martínez, 1972; Crousilles et al, 1976; Mamet y Martínez, 1981; Quesada y Garrote, 1983), puede estimarse comprendida entre el Tournaisiense superior y el Namuriense basal, momento en que se instauran condiciones continentales en la misma, visibles en los afloramientos del Guadiato (Quesada y Garrote, op. cit.).

3.3.3.3.2. *Carbonífero superior*

Existen varias cuencas de edades diferentes y deformadas con desigual intensidad.

En general, se trata de fosas tectónicas muy alargadas y estrechas en las que se depositan materiales en régimen continental, con características de sistemas de abanicos aluviales. Predominan las facies detríticas groseras, conglomeráticas y arenosas que representan depósitos de *debris-flow* y fluviales. Las facies finas corresponden a sedimentos fluviolacustres, que localmente tienen carbón asociado.

Sin embargo, los únicos afloramientos en Extremadura de este tipo, son los depósitos estefanienses de la Sierra de San Pedro, que no contienen carbón.

3.3.3.3.3. *Estefaniense-Autuniense inferior*

Se han individualizado los depósitos de esta edad, por fosilizar toda la estructuración herciniana, aunque se trata de afloramientos muy reducidos. En Extremadura únicamente afloran en la cuenca de Fuente del Arco y otros pequeños afloramientos entre ella y Guadalcanal.

Se trata de depósitos fluvio-lacustres con carbón que formaban parte de un amplio lago desarrollado en el SE (actual) de la zona de Ossa-Morena y que aparecen indeformados (únicamente afectados, con pequeño salto, por fallas de poca envergadura).

Poseen la peculiaridad de contener floras muy ricas de edad Estefaniense superior-Autuniense inferior.

3.3.4. *Neógeno-Cuaternario*

A partir del final de la orogenia herciniana el territorio extremeño quedó sometido a un período de erosión y desmantelamiento, sin que se produjese nuevamente su invasión por las aguas marinas.

Los únicos depósitos posteriores al Paleozoico corresponden al relleno continental de depresiones originadas en el Neógeno, probablemente como consecuencia de la orogenia alpina que afectó a áreas periféricas al Macizo Ibérico.

3.3.4.1. Neógeno

Existen materiales neógenos en Extremadura que constituyen el relleno de las cuencas del Tajo y Guadiana, y de otras de menor entidad. Dichas cuencas aparecen como fosas o semifosas tectónicas y están afectadas por una tectónica modesta de fallas normales que las compartimentan.

Los depósitos son continentales, en régimen general de sistemas de abanicos aluviales. Las facies marginales están representadas por *debris-flow* y facies fluviales de relleno de canales *braided*. Las facies centrales corresponden a facies finas de llanura de inundación con algunos canales arenosos y *crevasse-splay*. Localmente existen facies lacustres, como las que producen los depósitos de carbonatos laminados e intrascásticos que culminan la serie neógena en numerosas localidades (Jorquera y Villalobos, 1985).

La edad de estos materiales, generalmente azoicos, en razón del hallazgo de un yacimiento de mamíferos en los alrededores de Plasencia, se atribuye al Mioceno (Hernández-Pacheco y Crusafont, 1960).

3.3.4.2. Rañas (Pliocuaternalio)

Están constituidas generalmente por 1-2 m. de arcillas rojizas con cantos redondeados, generalmente de cuarcita, de tamaño variable entre 5 y 20 cm. Localmente no existen cantos, estando constituida por 0,5-1 m. de arcillas rojas, como es el caso en los alrededores de Torremejía (Jorquera y Villalobos, 1985).

El medio que originó estos depósitos se considera el de un flujo en masa de fangos con cantos, desarrollado bajo un clima húmedo con lluvias estacionales de gran intensidad. Produce una cicatriz erosiva en las rocas del zócalo (pediment) que se manifiesta mediante una superficie arrasada, ampliamente desarrollada en los relieves que circundan las cuencas neógenas (Jorquera y Villalobos, op. cit.).

Por correlación con los depósitos de idénticas características del resto de las cuencas neógeno-cuaternalias de la Península se les atribuye una edad Plioceno-Pleistoceno inferior.

3.3.4.3. Cuaternalio

Son tres los tipos de depósitos cuaternalios.

- Depósitos coluviales. Bajo este término se han agrupado todos los materiales de vertiente y suelos desarrollados sobre las distintas litologías. En general se incluyen todos los materiales que constituyen la delgada capa reciente que cubre a los materiales de los que se alimenta. La litología varía en cada caso, en función de la roca de la que provienen. Cuando están sobre las rocas del zócalo se producen coluviones de cantos de cuarcita y de otras litologías (calizas, pizarras, gneises, etc.). Cuando el área fuente son granitos se producen arenas de meteorización. En los flancos de los crestones de cuarcitas, se forman los típicos piedemontes de cantos angulosos de las citadas cuarcitas. Sobre materiales terciarios se producen suelos arcillosos rojos con cantos sueltos de los niveles de carbonatos laminados. Por último, cuando los coluviones proceden de la degradación de terrazas, están formados por una matriz arcilloso-arenosa, con cantos redondeados, heredados de la terraza.
- Terrazas. Están bien desarrolladas en los cauces de los ríos Tajo y Guadiana, sobre todo de este último, en el que se reconocen tres niveles sucesivos escalonados. Se considera que son de edad Pleistoceno (Jorquera y Villalobos, 1985).

La primera terraza del Guadiana es la que presenta mayor extensión superficial y potencia (30 m.). Su morfología es la de un cordón paralelo al cauce actual del río, y está formada por cantos redondeados de cuarcita (1-25 cm. de diámetro) con matriz arcilloso-arenosa. Presenta estratificación neta en bancos de arenas y gravas, e hiladas de cantos.

La segunda terraza, en todo idéntica a la primera, es más delgada (10 m.) y presenta lechos de materia orgánica a muro.

La tercera terraza es la actual del río, quedando cubierta por las aguas en las épocas de crecida. En general, sólo se desarrolla en las áreas internas de meandros, y está constituida por arenas finas y medias de color pardo.

- Aluviales. Corresponde a los depósitos actuales y subactuales en el cauce de los ríos principales. Están formados por elementos detríticos finos (arenas y arcillas), presentando, a veces, intercalaciones de niveles de gravas y cantos.

3.4. Rocas intrusivas

Cuatro son los grandes grupos de rocas intrusivas que se pueden distinguir en consideración a sus relaciones con los ciclos orogénicos.

- Rocas ígneas precámbricas.
- Rocas ígneas prehercínicas.
- Rocas ígneas hercínicas.
- Rocas ígneas posthercínicas.

La adscripción de ciertos plutones a uno de estos grupos es muchas veces dudosa, ante la pobreza de dataciones absolutas y estudios geoquímicos de detalle.

3.4.1. Rocas ígneas precámbricas

Se pueden distinguir bajo esta denominación cuatro grupos diferentes de rocas.

Dos de ellos, francamente minoritarios, lo constituyen gabros y serpentinitas.

Los gabros afloran únicamente en unas pocas manchas de reducidas dimensiones en los alrededores de Oliva de Mérida.

Las serpentinitas, aflorantes en tres pequeños afloramientos junto a Calzadilla de los Barros, y en otros aún más reducidos en el valle del río Matachel, parecen corresponder a relictos de una antigua lámina ofiolítica obducida en el curso de la orogenia finiprecámbrica.

Los otros dos grupos de rocas ígneas precámbricas (granitos s.l., y granodioritas, tonalitas y dioritas, respectivamente) están ampliamente representados en la región extremeña, en la que constituyen plutones de dimensiones generalmente pequeñas que están relacionados, genética y espacialmente, con las rocas calcoalcalinas del complejo sinorogénico vulcanosedimentario.

3.4.2. Rocas ígneas prehercínicas

Se incluyen en este apartado un grupo de rocas, en general muy deformadas (ortogneises) que intruyen en ambos terrenos precámbricos y están afectados por la deformación dúctil asociada a la zona de cizalla Badajoz-Córdoba.

Merecen mención especial los ortogneises de Aceuchal, Almendralejo, Ribera del Fresno, Las Minillas, etc.

3.4.3. Rocas ígneas hercínicas

Es éste el grupo de rocas ígneas más heterogéneo y cuyo rasgo más llamativo es la falta de carácter orogénico que muestran.

Probablemente sean los grandes accidentes de cizalla, actuando intensamente en el Paleozoico superior, los responsables de la movilización y ascenso de la gran cantidad de material granítico que aflora en el suroeste ibérico, y al propio tiempo de su deformación (Castro, 1984).

Se puede diferenciar cuatro tipos, a saber:

- Gabros y diabasas. Afloran exclusivamente en la zona de Ossa-Morena, en relación espacial con granitos y también, al parecer, en clara relación genética con rocas volcánicas. Frecuentemente se presentan bandeados, como es el caso del plutón de Burguillos del Cerro.
- Granodioritas y tonalitas. Representan facies minoritarias de algunos plutones del Batolito de Extremadura Central (Castro), siendo el constituyente mayoritario del Batolito de Los Pedroches y de algunos plutones menores de la zona de Ossa-Morena (Santa Olalla de Cala, Valencia del Ventoso, etc.).
- Granitos s.l. En este grupo se incluye, entre otros, los granitos del Batolito de Los Pedroches y la parte principal del Batolito de Extremadura Central. Otra parte de estos granitos corresponde a los equivalentes plutónicos de las rocas volcánicas ácidas del Carbonífero inferior, y aparecen asociados con los gabros.
- Granitos alcalinos. Se incluyen en este grupo algunos plutones de reducidas dimensiones que afloran en la terminación NO de la alineación Olivenza-Monesterio.

3.4.4. *Rocas ígneas posthercínicas*

Dentro de este apartado se incluyen exclusivamente las rocas básicas que constituyen el relleno de diques que, como los que se asocian a la falla de Plasencia, están relacionados probablemente con la apertura del Atlántico actual. Son rocas emplazadas en el Mesozoico durante el proceso de *rifting* que dio lugar a dicho océano.

Se trata de rocas hipoabisales, doleríticas, con quimismo que varía de alcalino a toleítico.

3.5. **Metamorfismo**

En Extremadura, la mayor parte de las rocas paleozoicas y precámbricas que afloran, se presentan en condiciones de metamorfismo de grado muy bajo, o incluso anquimetamórficas. Únicamente en algunas bandas de zócalo precámbrico en la zona de Ossa-Morena y en las aureolas de contacto que rodean a la mayor parte de los plutones graníticos, se encuentran asociaciones minerales que atestiguan condiciones metamórficas más severas.

Las rocas de medio y alto grado metamórfico se formaron en el proceso dinamo térmico que acompañó a la orogénia finiprecámbrica, en tanto que durante el ciclo herciniano, el metamorfismo en el área que aquí se trata fue muy débil o inexistente.

Mención aparte merece la banda de cizalla Badajoz-Córdoba, en la que se desarrolla un metamorfismo dinámico muy importante, con desarrollo de todo tipo de rocas miloníticas. En esta zona de cizalla se alcanzaron condiciones de grado bajo (localmente de grado medio) de metamorfismo, pero es importante reseñar que tales condiciones fueron anteriores al Carbonífero inferior, ya que los depósitos de esta edad recubren a las blastomilonitas de grado más alto.

En la zona periférica de la mayor parte de los intrusivos graníticos existe una orla de rocas metamórficas, de anchura muy variable de unos plutones a otros, cuyo grado metamórfico decrece con la distancia al contacto.

3.6. **Geología estructural**

Haciendo abstracción de los rasgos de tipo alpino (fosas del Tajo y Guadiana) sobresalientes en la estructura actual, el área extremeña aparece dividida en tres zonas:

— Zona Septentrional

La zona Septentrional, coincidente con los afloramientos del Terreno Centro-Ibérico, presenta una estructura caracterizada por la existencia de amplias áreas anticlinoriales, en las que afloran las Series del Complejo Esquisto-Grauváquico, entre las cuales se presentan estrechos sinclinales, en los que afloran las series paleozoicas del citado terreno. Todo ello cortado por numerosos plutones graníticos.

— Zona Intermedia

La zona intermedia desde el punto de vista estructural, coincide aproximadamente con la zona de cizalla Badajoz-Córdoba e incluye la banda situada inmediatamente al Norte (Dominio Obejo-Valsequillo-Puebla de la Reina), que representa la zona marginal del Terreno Centro-Ibérico, con series de cobertera poco potentes y afloramientos frecuentes del zócalo precámbrico.

La zona de cizalla en sí misma, limitada por accidentes frágiles relativamente tardíos (fallas de Azuaga al Sur y de Hornachos al Norte), presenta una estructura caracterizada por una densísima red de zonas de cizalla subvertical, anastomosadas, de direcciones comprendidas entre E-O y NO-SE, que delimitan cuerpos en forma de cuña, en los que se ha desarrollado una foliación milonítica, muy penetrativa, en la que es muy evidente una lineación de estiramiento subhorizontal o buzando suavemente hacia el O-NO.

— Zona Meridional

Por último, la banda más meridional muestra una estructura también compartimentada por zonas de cizalla, aunque bastante espaciada, que permite observar los rasgos de la estructura hercínica y, localmente, de la estructura precámbrica.

Los procesos responsables de la estructuración anterior, incluidos los citados rasgos alpinos son los siguientes:

- Orogenia finiprecámbrica.
- Etapa rift del Cámbrico inferior y medio.
- Fase sárdica.
- Deformación herciniana.
- Tectónica posthercínica.

A modo de síntesis puede decirse que Extremadura se ha visto involucrada de lleno en dos ciclos orogénicos (Cadomiense y Hercínico), y en un tercero (Alpino) de manera atenuada.

Respecto a la estructura generada durante el ciclo Cadomiense, en la zona septentrional existen numerosos pliegues menores de tal evento, sin esquistosidad asociada, así como inversiones de la serie estratigráfica de cierta envergadura, pero su expresión cartográfica es nula, a causa de la falta de niveles de referencia en el Complejo Esquisto-Grauváquico.

En cuanto a la zona meridional esta estructura precámbrica puede observarse principalmente en la alineación Olivenza-Monesterio, en la que los únicos elementos hercínicos corresponden a zonas de cizalla y cabalgamientos, espaciados. La estructura Cadomiense, viene aquí constituida por dos fases de plegamiento sinmetamórficas que interfieren con una geometría en «ganchos», siendo recubierta en discordancia por los depósitos del Complejo sinorogénico vulcanosedimentario, a su vez afectado por las últimas fases precámbricas, aunque no se reconocen estructuras cartográficas atribuibles a las mismas, que producen crenulaciones en los materiales infrayacentes ya deformados.

Por lo que se refiere a la estructuración hercínica en la zona septentrional, la misma es el resultado de la superposición de dos fases de deformación durante el ciclo herciniano, desarrollada en un régimen transgresivo. La primera fase es la responsable de la formación de los grandes anticlinorios más arriba aludidos, así como de una esquistosidad que transecta a los pliegues con ángulo variable (evidencia de transgresión). Esta fase debe ser de edad Namuriense, ya que afecta a los materiales del Carbonífero inferior, siendo fosilizada por los depósitos del Westfaliense de la cuenca de Peñarroya-Bélmez.

La segunda fase, asociada aún más claramente a determinadas zonas de cizalla en el zócalo (Castro, 1984), produce en la cobertera un apretamiento importante de la estructura previa, así como rotaciones con eje vertical de la misma, que confieren la geometría curvada en Z tan característica de algunos sinclinales. Localmente se desarrollan crenulaciones de esta fase, que debe ser de edad Carbonífero superior, aunque no se pueda precisar. Asimismo, el emplazamiento de los plutones graníticos se produjo principalmente durante esta fase, aprovechando las zonas tensionales desarrolladas en tal situación de cizalla.

La estructura hercínica, en la zona meridional, muestra características variables de norte a sur, según la proximidad a la sutura de la cuenca de Barrancos-Hinojales, y según se trate de afloramientos de zócalo precámbrico o de cobertera.

El zócalo, generalmente sin deformación interna importante en este ciclo, al menos en Extremadura, presenta cabalgamientos en general de alto ángulo, con vergencia al SO. La cobertera, por su parte, presenta una estructuración compleja en pliegues y cabalgamientos generada en el curso de dos fases sucesivas de deformación.

Una vez finalizado el ciclo herciniano de deformación, el Macizo Ibérico quedó cratonizado, actuando de manera rígida desde entonces.

La única deformación sufrida desde el Trías hasta la actualidad corresponde a fracturas, entre las cuales cabe distinguir dos tipos principales, que en la mayor parte de los casos significan la reactivación de antiguas fracturas del zócalo.

Un primer grupo corresponde a fracturas desarrolladas en el proceso de *rifting* que, durante el Mesozoico, dio como resultado la formación del océano Atlántico actual. Con frecuencia, aparecen haces de diques básicos asociados a este sistema de fracturas, cuyo representante más significado es la falla de Plasencia, que atraviesa Extremadura en dirección SO-NE.

El segundo grupo de fracturas, generalmente normales, se desarrolló como consecuencia del ciclo orogénico alpino, durante el Neógeno. Representan la respuesta frágil del antepaís ante dicha orogénesis. Las fallas de este grupo limitan y compartimentan las cuencas neógeno-cuaternarias de la región, en cuyo origen tuvieron un papel principal.

De momento, no existen evidencias que hablen a favor de la existencia de neotectónica en el área extremeña, por lo que el evento tectónico alpino, parece ser el último sufrido por la región.

4. MARCO HIDROGEOLOGICO

En el Mapa Hidrogeológico de Extremadura resaltan, a primera vista, dos características hidrogeológicas esenciales que la marcan negativamente con respecto a otras regiones más privilegiadas, especialmente las situadas en el Sur y Este de la Península, en las que la participación de las aguas subterráneas en el conjunto del ciclo hidrogeológico es apreciablemente mayor.

Dichas características consisten, por una parte, en la total ausencia de los acuíferos carbonatados del Mesozoico (calizas y dolomías del Jurásico y Cretácico, concretamente); y, por otro lado, en el predominio, de formaciones antiguas (Precámbricos y Paleozoicos) y rocas intrusivas diversas de carácter impermeable o escasamente permeable en general.

A continuación, se hace una exposición de los distintos terrenos que afloran en Extremadura, agrupados en dos tipos de conjuntos, impermeables y permeables. Esta división en conjuntos es, por otra parte, la que corresponde a la Leyenda del Mapa Hidrogeológico, a escala 1:300.000 a que se refiere la presente Memoria.

Se hará también referencia a la distribución espacial de los principales dominios hidrogeológicos pertenecientes a los distintos niveles lito-estructurales presentes en Extremadura.

4.1. Conjuntos impermeables y semipermeables (Precámbrico-Paleozoico)

Se hace ciertamente difícil establecer, de manera precisa y objetiva, una divisoria respecto de la impermeabilidad o semipermeabilidad de los conjuntos precámbricos y paleozoicos si se atiende exclusivamente a su litología.

Para llegar a caracterizar, de forma subjetiva, la impermeabilidad o semipermeabilidad general de un conjunto estratigráfico del tipo indicado, con niveles litológicos alternantes, ha sido preciso conjugar dos factores: litología predominante y productividad de las captaciones.

A partir de la citada metodología serán expuestos, por su orden cronológico, los conjuntos impermeables y semipermeables precámbricos y paleozoicos.

4.1.1. Conjuntos impermeables del Precámbrico

Prácticamente todos los terrenos o depósitos del Precámbrico son, a grosso modo, de carácter impermeable, a excepción de algunos niveles muy concretos intercalados en los mismos. No obstante lo anterior, por razones metodológicas y de diferencias lito-estructurales, se ha distinguido en el Mapa los siguientes conjuntos impermeables:

- Gneises de Azuaga y Serie Negra. Está compuesto por gneises y anfibolitas en la base y por la «Serie Negra» en la parte superior; esta última consta de metapelitas, metaarenitas, anfibolitas, mármoles y gneises.
- Micasquistos de Sierra Albarrana. Los afloramientos de este terreno son muy escasos en Extremadura. Consta fundamentalmente de micasquistos moscovíticos, lógicamente impermeables. No obstante entre estos micasquistos se intercala un tramo de cuarcitas y conglomerados relativamente permeables, aunque no haya sido diferenciado, de hecho, como conjunto permeable.

4.1.2. *Conjunto semipermeable del Precámbrico*

- Se trata, por un lado, del Complejo vulcanosedimentario de Ossa-Morena, compuesto de rocas sedimentarias derivadas de basaltos y riolitas; y, por otro lado, del Complejo esquisto-grauwáquico de la Zona Centro-Ibérica que consiste en una potente y monótona serie flyschoides con alternancia de grauwas y lutitas. El agrupar ambos Complejos se debe a que el paso de uno a otro se realiza por cambio de facies y a menudo encontrarse los dos tipos de depósitos en una misma sección vertical.

No obstante, se hace preciso indicar que, el complejo esquisto-grauwáquico es, dentro de la semipermeabilidad del conjunto, más permeable que el complejo vulcanosedimentario, salvo en aquellas zonas en las cuales las intercalaciones carbonatadas (Fuente del Maestre) confieren a éste un marcado carácter permeable por fracturación y/o carstificación.

4.1.3. *Conjuntos impermeables del Cámbrico*

Se ha diferenciado, en el mismo, dos conjuntos impermeables. De muro a techo:

- Serie lutítico-areniscosa. Es de carácter marino de plataforma, a veces turbidítico. Es de señalar que, a la base, se encuentran depósitos fluviales de conglomerados y areniscas de carácter relativamente permeable, si bien no han sido diferenciados, de hecho, como conjunto permeable.
- Rocas volcánicas. Se trata de basaltos y riolitas, alternantes con pelitas y recubiertos, a veces, por esquistos y sedimentos pelítico-arenosos.

4.1.4. *Conjuntos impermeables del Ordovícico, y Silúrico*

Dentro del intervalo correspondiente a esta edad se han diferenciado dos conjuntos impermeables, uno en la zona de Ossa-Morena y otro en la Zona Centro-Ibérica.

- Terreno de Barrancos-Hinojales (Zona de Ossa-Morena). Consiste en una serie de pelitas (Formación Barrancos), seguida, hacia arriba, por un tramo de 100 m. de grauwas, otro tramo (0-50 m.) de ampelitas y liditas negras, más una formación de pizarras oscuras (formación de xistos raídos) y finalmente, otra formación de poco espesor, de pizarras, margas y calizas, todo ello recubierto, en discordancia, por una formación flyschoides (Flysch de Terena) compuesta por turbiditas. La edad del conjunto es Ordovícico inferior-Devónico superior y su carácter es marcadamente impermeable, a juzgar por su litología.
- Serie pelítica del Ordovícico medio-superior y Silúrico (Zona Centro-Ibérica). Está constituida por las pizarras de Calymene (Ordovícico) y las ampelitas y liditas negras con graptolites del Silúrico. A veces se intercalan niveles discontinuos de cuarcitas más permeables dentro de este conjunto fundamentalmente impermeable.

4.1.5. *Conjunto semipermeable del Devónico superior (zona Centro-Ibérica)*

Este conjunto se encuentra separado, en la vertical, del anterior, por las cuarcitas, más permeables, del Devónico inferior-medio, sobre las que se sitúa en discordancia. En el mismo predominan las cuarcitas.

con intercalaciones de pizarras, areniscas, calizas y conglomerados, todo lo cual hace que el conjunto presente un carácter semipermeable.

4.1.6. *Conjunto semipermeable del Carbonífero*

Se trata, en el Carbonífero inferior, de series terrígenas con algunas intercalaciones carbonatadas; y en el Carbonífero superior, de depósitos de abanicos aluviales con facies detríticas groseras, conglomeráticas y arenosas, y también facies finas de sedimentos fluviolacustres con carbón.

4.2. **Conjuntos permeables paleozoicos**

Los principales conjuntos permeables paleozoicos existentes en Extremadura se presentan en el Cámbrico inferior, Ordovícico inferior, Devónico inferior-medio, y Carbonífero inferior,

En todos ellos la permeabilidad está motivada por su fracturación y/o carstificación.

4.2.1. *Calizas del Cámbrico*

Son calizas más o menos masivas y a menudo fracturadas y/o carstificadas que se encuentran intercaladas, a diversos niveles y con diferente potencia, dentro de la serie terrígena del Cámbrico inferior.

4.2.2. *Cuarcita Armoricana (Ordovícico inferior)*

Es una formación fundamentalmente cuarcítica con tramos de bastante potencia por lo general, y cuya permeabilidad viene establecida, lógicamente, a través de su frecuente y más o menos densa red de fracturación.

Como producto de la fracturación de esta formación, y siempre junto a la base de sus altos relieves, se encuentran los depósitos Pliocuaternarios de «pie de monte», cuya característica hidrogeológica más importante es su elevada permeabilidad.

No obstante, tanto por su ubicación topográfica como por la dificultad que representa la captación de las aguas que por ellos circulan, anula en la práctica sus posibilidades de explotación.

4.2.3. *Cuarcitas del Devónico inferior-medio*

Se trata de series en las que siempre predominan las cuarcitas, pero con intercalaciones de pizarras y calizas. La permeabilidad viene dada por la fracturación de las cuarcitas y, lógicamente, se ve más o menos reducida a tenor de la mayor o menor presencia de pizarras, y según el espesor y distribución en la serie de los niveles correspondientes a estas últimas.

4.2.4. *Calizas del Carbonífero inferior*

Limitando el Sur y Sur-Oeste de Cáceres, y conformando el denominado «Calerizo», se encuentra un conjunto carbonatado de color gris constituido por calizas y dolomías marmóreas interestratificadas que constituye, en principio, un excelente acuífero muy permeable por carstificación.

Su potencia, variable según zonas, está comprendida en 60–100 m, y los caudales alumbrados superan los 10–15 l/s.

Por bombeos de ensayo, la transmisividad se cifra entre 250 y 400 m²/día.

Si bien como ya se ha indicado, las calizas del «Calerizo» constituyen un buen acuífero, por su situación geográfica su explotación presenta por una parte problemas de calidad y por otra de cantidad, dado que un incontrolado régimen de explotación puede presumiblemente acarrear problemas de tipo geotécnico.

4.3. Conjunto Terciario Impermeable-Semipermeable

Se corresponde fundamentalmente este conjunto con los rellenos terciarios existentes en la provincia de Badajoz y que abarcan una considerable extensión. Se trata de depósitos continentales de arcillas rojas, limos, arenas y cantos, aparte de sedimentaciones locales más o menos carbonatadas, denominadas «caleños».

El contenido en finos es muy elevado, lo que da idea de su escasa o nula permeabilidad (*).

Sin embargo, algunos sondeos captan más detríticos que locamente pueden ser explotados.

Su espesor es variable y viene condicionado por el paleorrelieve del zócalo. Corrobora lo anterior los datos que a continuación se indican:

Sondeo	Profundidad de zócalo
Lobón	115 m.
Puebla de la Calzada	55 m.
Montijo	21 m.
D. Benito	79 m.
Almendralejo IGME	84 m.
Almendralejo SGOP	23 m.
Zurbarán	48 m.
Vivares	138 m.
Valdehornillo	149 m.
Gargáligas	19 m.

Dentro de este conjunto, también cabe integrar la denominada subunidad acuífera de Talaván, en la provincia de Cáceres, que con una superficie de 200 km² se ubica entre los ríos Tajo y Almonte, y que constituye un acuífero colgado de materiales terciarios que se encuentran siempre en discordancia angular y erosiva sobre las formaciones paleozoicas.

Estos materiales, de origen continental, son fundamentalmente detríticos, pudiéndose distinguir dos tramos: uno inferior, compuesto por unos 8 m. máximo, de arcillas y arenas finas compactadas, y otro superior, formado por areniscas de grano grueso cuya potencia puede alcanzar los 20 m.

La explotación de aguas subterráneas, teniendo en cuenta la escasa potencia de la formación y su pequeña permeabilidad, es prácticamente nula realizándose mediante pozos de poca profundidad.

En el propio Talaván, existe una captación, sondeo, de 61 m. de profundidad, que a los 30 m. tocó el zócalo y alumbró un caudal de 1 l/sg.

4.4. Conjunto Terciario Permeable

Al contrario que ocurre en la provincia de Badajoz, en la de Cáceres el conjunto terciario, por sus características litológicas, sí constituye un acuífero de interés.

A nivel regional o comarcal, se pueden diferenciar dos amplias unidades acuíferas:

- Unidad de Cáceres.
- Terciario detrítico del Alagón.

(*) Asimismo, han sido detectadas, por sondeos, la presencia a profundidades diferentes, de costras calcáreas que influyen negativamente en la calidad del agua subterránea alumbrada.

Los valores de transmisividad, a partir de bombeos de ensayo, son pequeños variando entre 7 y 25 m²/día.

4.4.1. *Unidad de Cáceres*

Constituye el extremo occidental del sistema 14 (Terciario detrítico de Madrid-Toledo-Cáceres. I.G.M.E.), aguas abajo de Talavera.

El relleno terciario se inicia con unos conglomerados basales, para continuar con arcosas finas, arcosas y arcillas para culminar con una sedimentación carbonatada con sílex.

Su potencia varía entre 200-400 m, sobrepasando a veces los 500 m. Por lo que respecta a la productividad de las captaciones, las facies arcóscas dan caudales de cierto interés, sin que existan datos suficientes para su clasificación. En la facies arcósico-arcillosa, cuando la diferenciación entre niveles es buena, los sondeos dan caudales comprendidos entre 2 y 15 l/s.

Los valores de transmisividad son muy variables, pero en la mayoría de los casos se estima superior a los 100m²/día.

La esorrentía total de la unidad, incluyendo el cuaternario del Tietar, está cifrada en 200 hm³/año, y sus reservas estimadas superiores a los 2.700 hm³.

Actualmente el grado de explotación de las aguas subterráneas es muy bajo debido a la escasa densidad de población y al fuerte aprovechamiento de las aguas superficiales.

4.4.2. *Terciario detrítico del Alagón*

Se corresponde esta unidad con los afloramientos terciarios más occidentales de la Cuenca del Tajo.

En ella se pueden diferenciar tres subunidades situadas en sendas fosas tectónicas situadas al norte del Tajo.

4.4.2.1. *Subunidad de Galisteo*

Constituye una depresión tectónica, con superficie de 600 km², rellena de materiales detríticos terciarios, y caracterizada por los frecuentes cambios de facies, tanto laterales como verticales.

Su potencia, por trabajos de geofísica, es superior a los 300-500 m. Los cambios de facies, como ya se ha indicado, condicionan de manera fundamental el rendimiento de las captaciones. No obstante éstos suelen ser interesantes, superiores a los 10-15 l/s., como evidencian los alumbrados en los sondeos de Galisteo (I.G.M.E.), y los realizados por la Excm. Diputación de Cáceres.

De los bombeos de ensayo, se deduce que la transmisividad es superior a los 150 m²/día, si bien puede tener valores inferiores, en función de la menor presencia de facies detríticas.

La esorrentía subterránea media se cifra en 60 hm³/a.

La explotación de aguas subterráneas es escasa.

4.4.2.2. *Subunidad de Moraleja*

Con una superficie de 200 km², se sitúa al Noroeste de la anterior, y como aquella, constituye una depresión tectónica de dirección NE-SW, rellena por materiales terciarios areno-arcillosos, en general poco cementados con abundancia de cantos de cuarzo angulosos.

Respecto a la potencia del terciario, dado que no existen datos de sondeos, se hace difícil precisar su valor.

La explotación de agua subterránea se lleva a cabo, de forma escasísima, mediante pozos de poca profundidad 5-7 m. que en ningún caso proporcionan caudales interesantes.

4.4.2.3. Subunidad Zarza de Granadilla

Situada al Norte, junto al embalse de Gabriel y Galán, constituye una reducida fosa tectónica de 46 km² rellena por materiales terciarios y cuaternarios.

El Terciario, aflora principalmente en la mitad oeste. Son sedimentos miocénicos arcósicos de elevada permeabilidad. No obstante dicha característica, la explotación de aguas subterráneas es prácticamente nula, y se lleva a cabo mediante pozos de poca profundidad, próxima a los 5 m, y cuyos caudales son poco interesantes.

Su escorrentía subterránea media se cifra en 5 hm³/a y sus reservas se estiman en 100 hm³.

4.5. Conjunto Pliocuaternalario semipermeable

Incluye este conjunto los depósitos tipo rañas, que se encuentran ampliamente representados en la geología extremeña.

Las rañas, están constituidas por depósitos mal clasificados de cantos angulosos, arenas, limos y arcillas. Su poco espesor y el estar drenados naturalmente por multitud de manantiales de escaso caudal, en algunos casos son simples rezumes, reducen notablemente su interés como acuífero.

La captación de aguas en estos depósitos se realiza mediante pozos de pequeña profundidad y los caudales alumbrados son exiguos, menor de 15 m³/día.

4.6. Conjunto Cuaternario Permeable

Este conjunto permeable se refiere a los depósitos actuales y subactuales de los ríos principales, así como a los diversos niveles de terrazas adyacentes a los mismos, lateralidad que conlleva la conformación de acuíferos comunes a ambos tipos de terrenos.

La litología de los sedimentos, ya se trate del aluvial o de la terraza, es de arenas y arcillas con intercalaciones de gravas de cantos cuarcíticos existiendo una cierta heterogeneidad horizontal y vertical en la distribución de unos y otros.

En cualquier caso, el conjunto de estos depósitos, tanto por lo que se refiere a los valores de permeabilidad, a menudo elevados, que pueden alcanzar, como por su estratégica distribución espacial, en el interior o próximos a las zonas de mayor densidad de población y/o mayor desarrollo agrícola, constituye un núcleo del interés hidrogeológico en Extremadura.

Entre este tipo de acuífero, se destacan dos fundamentales: el cuaternario del Tíetar y el del Guadiana en este último el tramo comprendido entre D. Benito y Badajoz, es el que presenta mejores características hidrogeológicas.

4.7. Rocas intrusivas diversas

Las rocas intrusivas forman generalmente cuerpos separados, por lo cual, en este caso, no puede hablarse propiamente de conjunto o conjuntos, al modo cómo se ha hecho anteriormente para los niveles lito-estratigráficos. No obstante, aclarado este punto y de acuerdo con la diferenciación expuesta en el Mapa Hidrogeológico, se han distinguido en Extremadura dos grupos o «conjuntos» impermeables de rocas intrusivas: 1) rocas precámbricas, prehercínicas y hercínicas; y 2) diques posthercínicos.

- 1) Se incluyen en este grupo los gabros, serpentinitas, granitos y granodioritas del Precámbrico, los ortogneises prehercínicos, y los gabros, gradioritas y granitos s.l. del Hercínico.

A pesar de su diversidad litológica relativa, este grupo de rocas presenta caracteres comunes desde el punto de vista hidrogeológico, como es su alto grado de consolidación (por enfriamiento a partir de una masa primitivamente fluida) y su nula porosidad, y de ahí su escasa permeabilidad.

No obstante lo anterior, y a efectos precisamente, de la permeabilidad relativa que a veces presentan dichas rocas, conviene señalar que esta última está generalmente relacionada con la existencia frecuente de fracturas en las mismas, las cuales pueden llegar a formar redes suficientemente densas como para constituir acuíferos, si bien éstos serán generalmente más o menos mediocres y superficiales.

Además, y como rasgo particular de los granitos s.l., dada la generalmente importante presencia de granos de cuarzo en su constitución litológica, hay que destacar la formación de suelos («lehm» granítico) sobre estos cuerpos intrusivos y en sus bordes que, dada su buena porosidad intergranular constituyen, a pesar de su poco espesor, acuíferos a tener en cuenta.

- 2) Diques posthercánicos. No existe una diferencia esencial, en cuanto a permeabilidad (evidentemente escasa, por las razones ya citadas) entre estos diques y las rocas intrusivas anteriores. No obstante, por razones metodológicas, se ha juzgado conveniente exponerlos por separado tanto aquí como en el Mapa Hidrogeológico, dada su muy particular edad (Mesozoico, en este caso) y significación geológica (asociación mayoritaria con una fractura de gran envergadura), y, sobre todo, su significativa expresión cartográfica.

En relación con estos diques y, en apoyo a su diferenciación, habría que añadir además, principalmente en lo que se refiere a aquellos que se encuentran asociados con la Falla de Plasencia que ésta, a su vez, se encuentra relacionada con la presencia de manifestaciones termales, por lo cual cabe afirmar que el contexto geológico del que forma parte el dique, si bien no ya esta roca intrusiva en sí misma, tiene un manifiesto interés hidrogeológico.

4.8. Principales dominios hidrogeológicos de los distintos niveles lito-estructurales

En el Esquema, a escala 1:1.500.000, incluido en el Mapa Hidrogeológico, se ha distinguido los principales dominios hidrogeológicos de los distintos niveles lito-estructurales presentes en Extremadura.

En la leyenda del esquema, los distintos conjuntos permeables e impermeables analizados anteriormente aparecen agrupados aun con una mayor simplificación, de acuerdo con criterios de permeabilidad algo menos estrictos que los empleados anteriormente. Los términos diferenciados en el Mapa Hidrogeológico quedan reducidos a ocho terrenos o dominios hidrogeológicos esenciales.

Este esquema tiene por objeto el ofrecer una visión rápida y clara de la repartición superficial de los horizontes de mayor y menor interés hidrogeológico dentro de Extremadura.

A la vez, dicho esquema tiene un matiz hidrogeológico estructural ya que se engloba con un mismo color las partes no aflorantes de acuíferos de interés que se encuentran en profundidad haciendo abstracción de los terrenos impermeables, sin interés hidrogeológico, que recubren a las mismas.

En definitiva, Extremadura queda dividida en ocho dominios hidrogeológicos esenciales, diferenciados de la siguiente manera: 1) rocas plutónicas y diques, impermeable, 2) cuarcitas del Precámbrico, semipermeable, 3) complejo esquisto-grauwáquico semipermeable y rocas metamórficas del Precámbrico, impermeable; 4) Calizas (permeable), y conglomerados, areniscas y pizarras (impermeable), del Cámbrico inferior; 5) cuarcitas del Ordovícico y Devónico, permeable; 6) materiales paleozoicos indiferenciados con rocas volcánicas en la base, impermeable; 7) materiales detríticos del Mioceno, Plioceno y Cuaternario, semipermeable, permeable y 8) Aluviales (incluido terrazas), permeable.

5. UTILIZACION DEL AGUA SUBTERRANEA EN EXTREMADURA

Durante los últimos años, coincidentes con el problema de la sequía, en el ámbito geográfico de Extremadura, se ha puesto en evidencia la importancia que pueden jugar las aguas subterráneas en la resolución total o parcial de los déficits hídricos.

Su aplicación fundamental se enfoca hacia los abastecimientos de núcleos urbanos ubicados, en su mayor parte, dentro de los dominios geológicos paleozóicos s.l.

Si bien no existe un inventario exhaustivo de captaciones, las referencias que se tienen indican un elevado número de ellas, que se pueden cifrar en 6.000 puntos para la provincia de Cáceres y 9.000 puntos para la de Badajoz.

La utilización del agua subterránea en agricultura e industria, es prácticamente despreciable si se compara con los volúmenes utilizados procedentes de aguas superficiales.

Una aproximación a los volúmenes de aguas subterráneas explotados con destino al abastecimiento, durante el «Plan Agua Roja», puede estimarse entre 20–25 hm³/año, que frente a un total consumido de unos 75 hm³/año, representa para el conjunto de Extremadura unos porcentajes entre el 26 y 33 %.

Esta cifra orientativa, y en situaciones climatológicas normales, es lógicamente susceptible de verse reducida por las mayores disponibilidades de aguas superficiales.

6. CARACTERISTICAS DE LAS CAPTACIONES

Se realiza en este apartado, y de forma independiente para las provincias de Cáceres y Badajoz, una aproximación a los aspectos estadísticos elaborados en base al inventario y referido a las captaciones precámbricas y paleozóicas.

El análisis estadístico se centra especialmente en las relaciones: caudal-litología y profundidades-caudales.

6.1. Provincia de Cáceres

En la provincia de Cáceres, y para el análisis de la relación caudal-litología, ha sido elegido un total de 336 sondeos, repartidos de la siguiente forma: 238 sondeos en el complejo esquisto-grauváquico, 35 sondeos en las cuarcitas y 63 sondeos en granitos.

En el cuadro n.º IV, y para seis intervalos diferentes de caudal, se expresa porcentualmente esta relación.

CUADRO N.º IV
RELACIONES ENTRE CAUDALES DE AFORO Y LITOLOGIAS

	Complejo esquisto- grauváquico	Cuarcitas	Granitos
N.º total de sondeos	238	35	63
% Sondeos $0 \leq Q < 0,5$	6	9	30
% Sondeos $0,5 \leq Q < 1$	17	17	32
% Sondeos $1 \leq Q < 2$	18	26	21
% Sondeos $2 \leq Q < 5$	36	28	14
% Sondeos $5 \leq Q < 10$	21	11	3
% Sondeos $Q \geq 10$	2	9	0
Caudales en l/seg			

Los diagramas de frecuencias fig. n.º 1, que reflejan variaciones de caudal para distintas litologías, muestran el mejor comportamiento hidrogeológico del esquisto grauváquico y las cuarcitas frente a los granitos. Esta importante característica se manifiesta de forma incluso más patente a la vista de la figura n.º 2 en la cual, además, se observa la importancia de las cuarcitas en sondeos de caudales elevados.

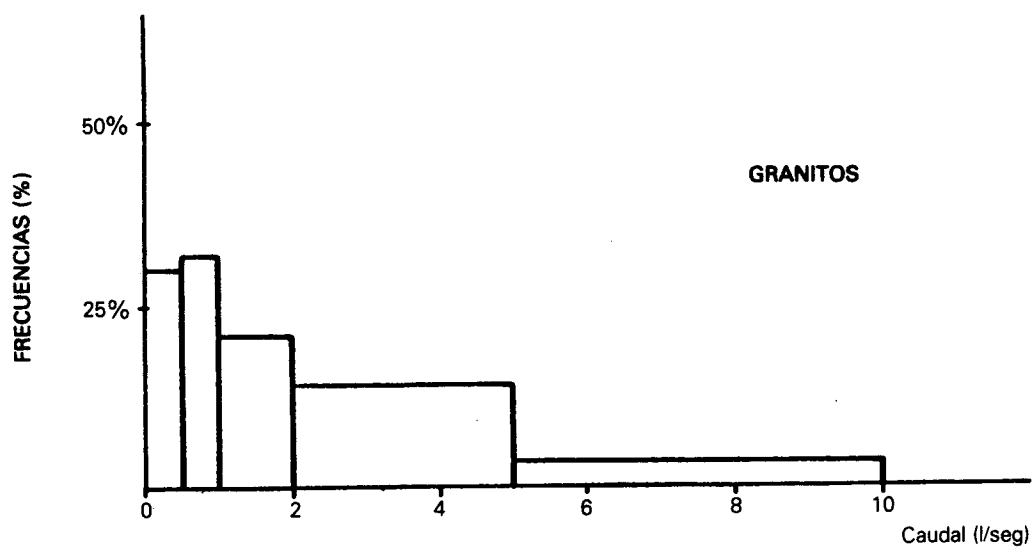
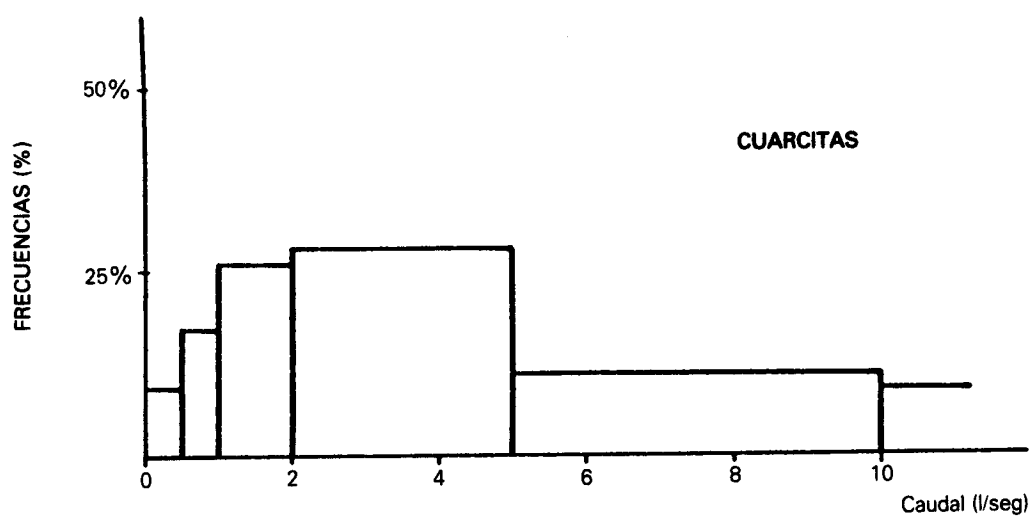
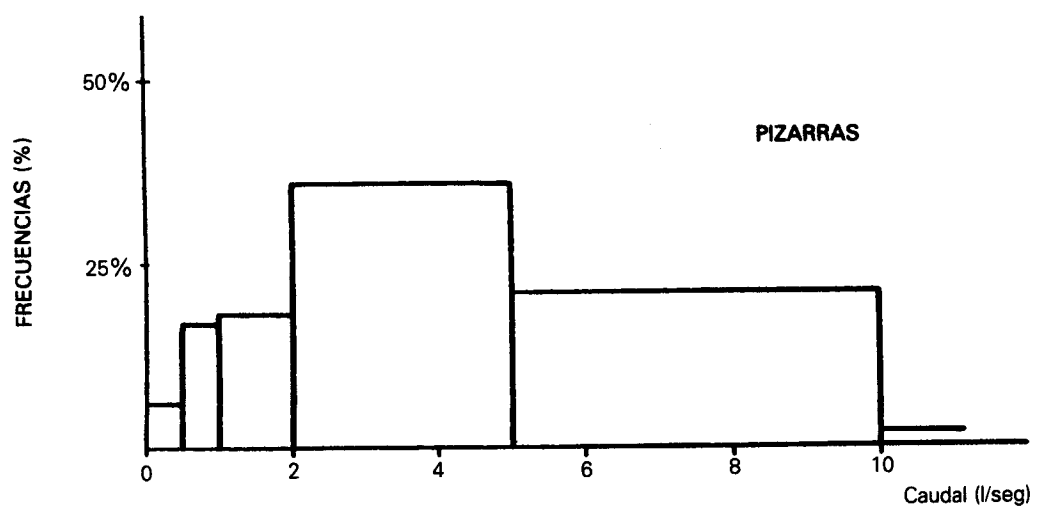


Figura 1 DIAGRAMAS DE FRECUENCIAS DE CAUDALES DE AFORO

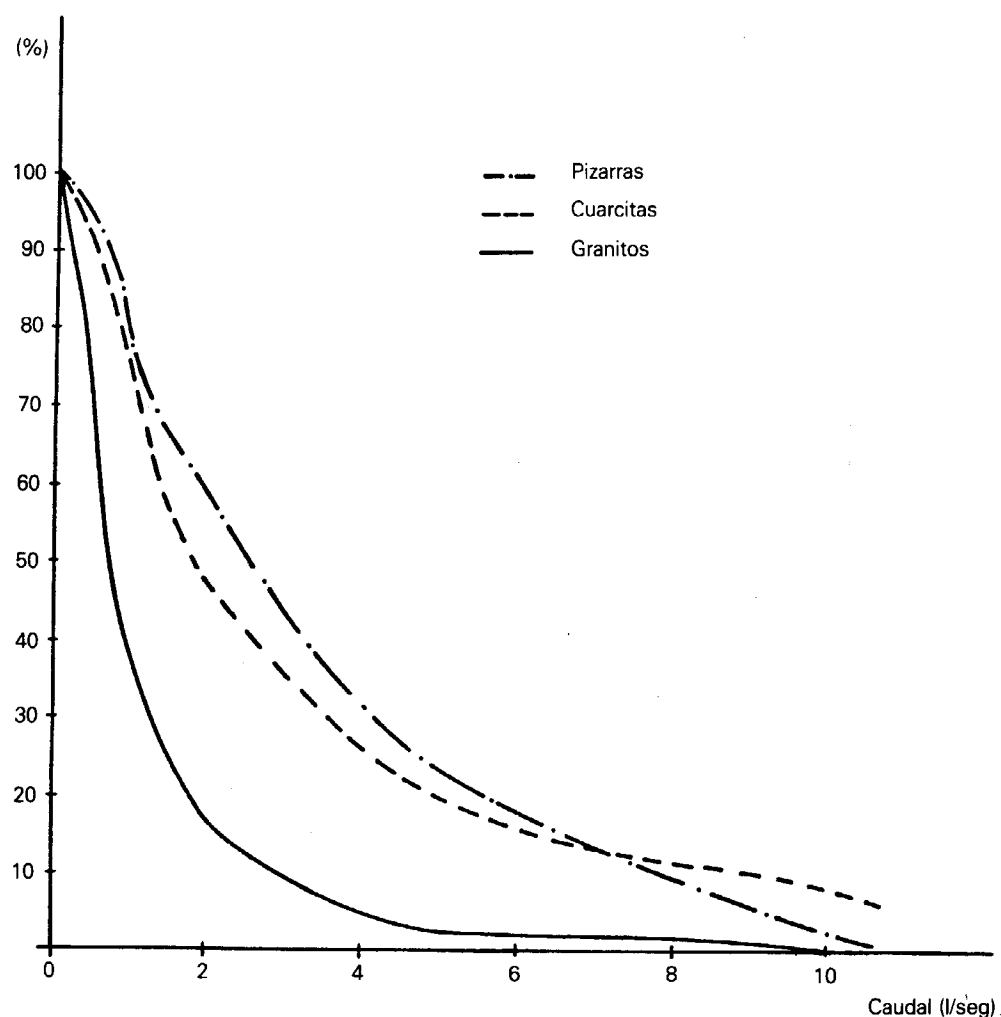


Figura 2 FRECUENCIAS ACUMULADAS EN FUNCION DE LOS CAUDALES DE AFORO

El complejo esquistograuváquico muestra un distinto comportamiento hidrogeológico dentro de la provincia, como puede observarse en el siguiente cuadro n.º V, en el cual se comparan tres zonas.

CUADRO N.º V

RELACION ENTRE CAUDALES DE AFORO EN LAS DIFERENTES ZONAS DEL COMPLEJO ESQUISTO-GRAUVAQUICO DE LA PROVINCIA DE CACERES

	Zona de Alcántara	Penillanura Cacereño-Trujillana	Zona de Las Hurdes
N.º total de sondeos	78	95	29
% Sondeos $0 < Q < 0,5$	10	2	38
% Sondeos $0,5 < Q < 1$	6	13	31
% Sondeos $1 < Q < 2$	18	23	3
% Sondeos $2 < Q < 5$	28	35	21
% Sondeos $5 < Q < 10$	26	23	7
% Sondeos $Q > 10$	12	4	0
Caudales en l/seg			

A partir de los valores de este cuadro, en la figura n.º 3 se representan las frecuencias acumuladas en función de los caudales de aforo, para las tres zonas diferenciadas del Complejo esquistograuváquico en la provincia de Cáceres. La zona más favorable es la de Alcántara, seguida en importancia por la Penillanura Cacerense-Trujillana, mientras que la zona de Las Hurdes tiene un comportamiento bastante más desfavorable, de cara a la obtención de caudales importantes.

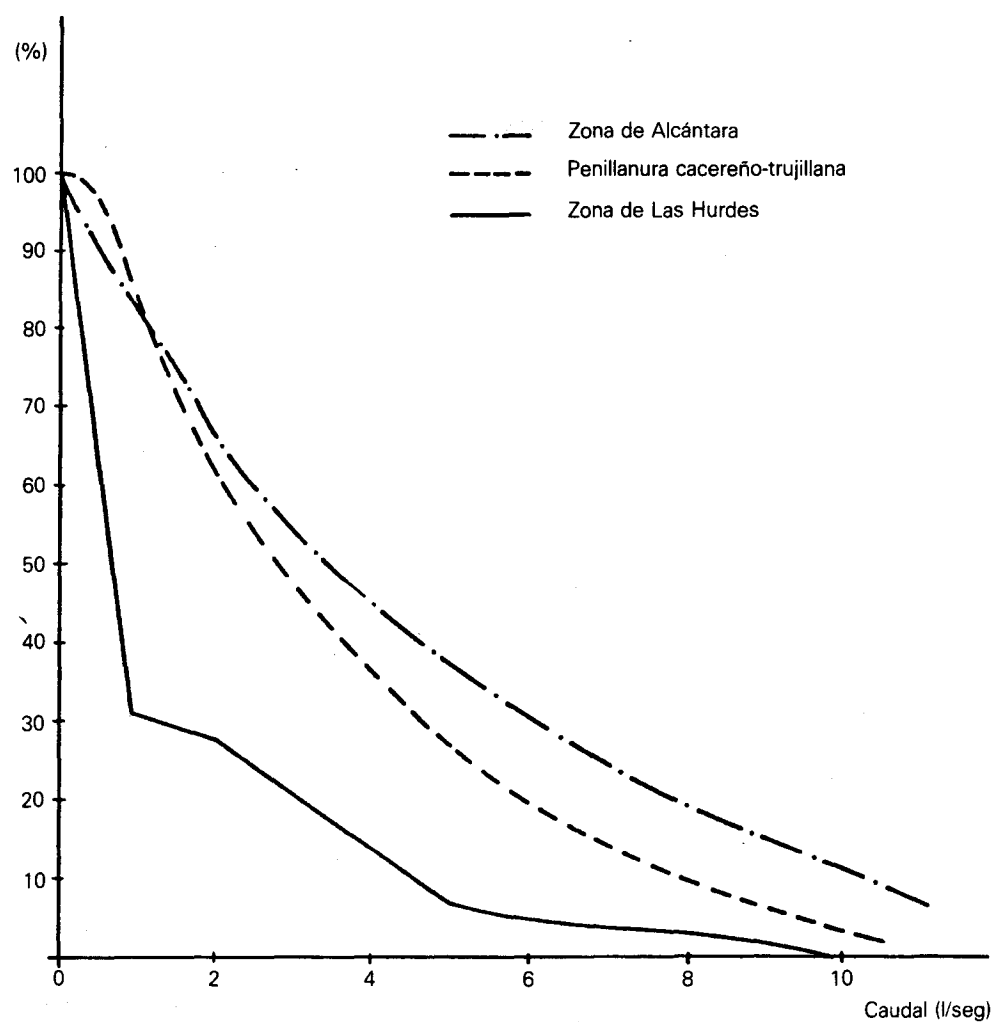


Figura 3 FRECUENCIAS ACUMULADAS EN FUNCION DE LOS CAUDALES AFORADOS

A continuación, y partiendo de la misma metodología, se analiza la relación profundidad-caudal, correspondiente a cinco intervalos de profundidad para el complejo esquistograuváquico, cuarcitas y granitos, con muestreo de 224 sondeos para el primero, 33 sondeos para el segundo grupo y 61 sondeo para los granitos.

CUADRO N.º VI

PORCENTAJE DE SONDEOS EN EL COMPLEJO ESQUISTO-GRAUVAQUICO PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES (RELACION Q-P)

Prof. (m) \ Caudal (l/s)	% Sondeos 0 < Q < 0,5	% Sondeos 0,5 < Q < 1	% Sondeos 1 < Q < 2	% Sondeos 2 < Q < 5	% Sondeos 5 < Q < 10	% Sondeos Q > 10	% Sobre total
P < 25	0,00	0,46	0,00	0,00	0,46	0,00	1
25 < P < 50	3,57	8,03	4,91	10,71	4,91	0,89	33
50 < P < 75	3,12	6,25	10,26	17,85	10,71	0,46	49
75 < P < 100	0,00	2,23	2,23	6,25	5,35	0,89	17
P > 100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,00	≈0

Caudales en l/seg

N.º total sondeos 224

CUADRO N.º VII

PORCENTAJE DE SONDEOS EN CUARCITA PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES (RELACION Q-P)

Prof. (m) \ Caudal (l/s)	% Sondeos 0 < Q < 0,5	% Sondeos 0,5 < Q < 1	% Sondeos 1 < Q < 2	% Sondeos 2 < Q < 5	% Sondeos 5 < Q < 10	% Sondeos Q > 10	% Sobre total (m)
P < 25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
25 < P < 50	0,00	3,03	6,06	9,09	3,03	3,03	24
50 < P < 75	9,09	12,12	18,18	18,18	3,03	0,00	61
75 < P < 100	0,00	0,00	3,03	3,03	3,03	6,06	15
P > 100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0

Caudales en l/seg

N.º total sondeos 33

CUADRO N.º VIII

PORCENTAJES DE SONDEOS EN GRANITO PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES (RELACION Q-P)

Prof. (m) \ Caudal (l/s)	% Sondeos 0 < Q < 0,5	% Sondeos 0,5 < Q < 1	% Sondeos 1 < Q < 2	% Sondeos 2 < Q < 5	% Sondeos 5 < Q < 10	% Sondeos Q > 10	% Sobre total
P < 25	0,00	0,00	0,00	1,63	0,00	0,00	2
25 < P < 50	16,39	13,11	8,19	4,91	0,00	0,00	43
50 < P < 75	9,83	13,11	4,91	4,91	1,63	0,00	34
75 < P < 100	3,27	6,55	6,55	4,91	0,00	0,00	21
P > 100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0

Caudales en l/seg

N.º total sondeos 61

A la vista de los cuadros anteriores, cabe indicar que la mayoría de los sondeos presenta profundidades comprendidas entre los 25 y 75 m., para cualquiera de los grupos litológicos analizados.

A continuación, se representa (figs. n.º 4, 5 y 6) en diagramas de frecuencias acumuladas, los caudales en relación con profundidades y litologías. En ellos se observa por regla general un incremento del caudal con la profundidad. Este incremento es muy palpable en el complejo esquistograuvaquico, y poco perceptible en los granitos, en los que un aumento en la profundidad del sondeo, por encima de los 50 m., no eleva sustancialmente el caudal.

Las cuarcitas tienen un comportamiento algo errático puesto que, si bien para profundidades comprendidas entre los 25-50 m., los caudales son menores que para el intervalo 75-100 m., el intermedio 50-75 m., es el que aporta caudales menores. La razón de este comportamiento quizá debe buscarse en los pocos datos de inventario que existen de esta formación.

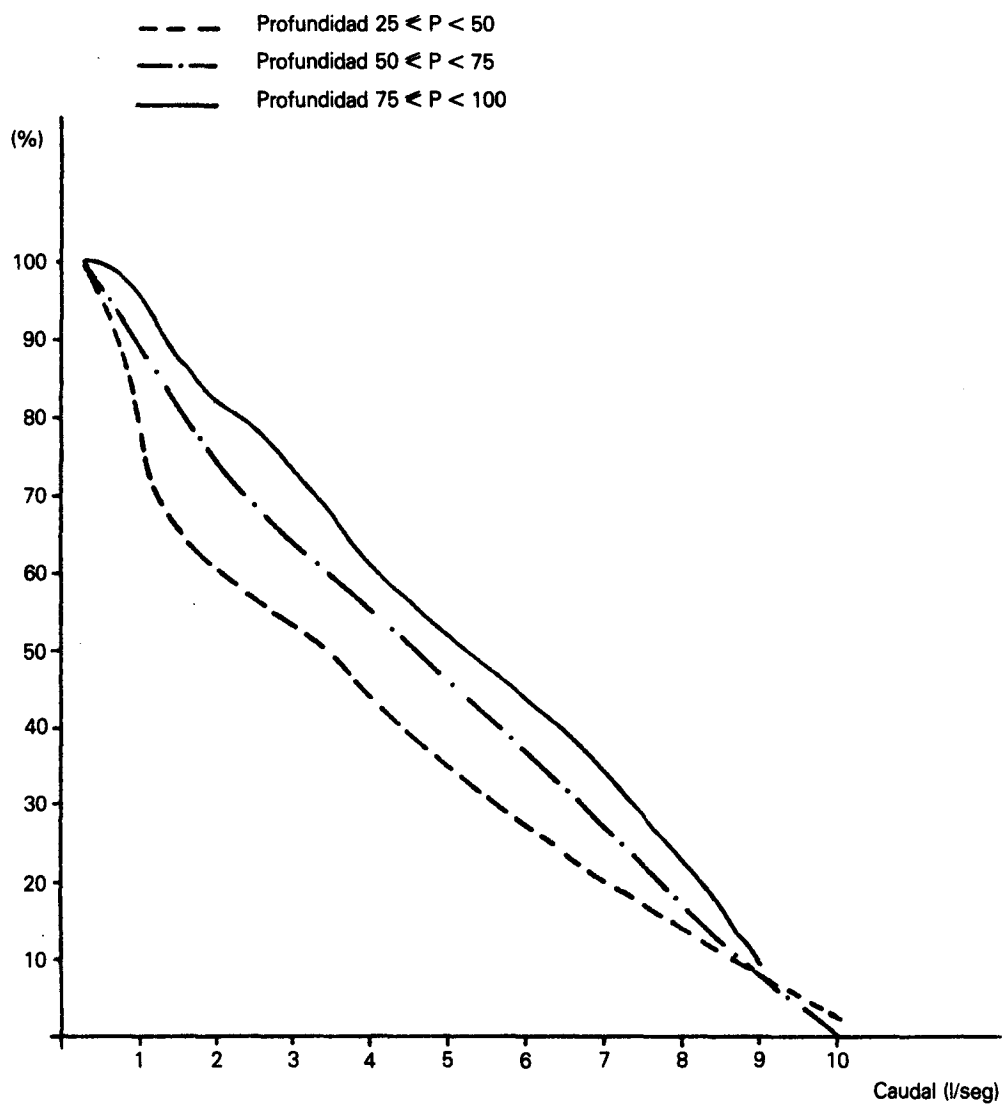


Figura 4 FRECUENCIAS ACUMULADAS DE CAUDALES EN GRANITOS PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES

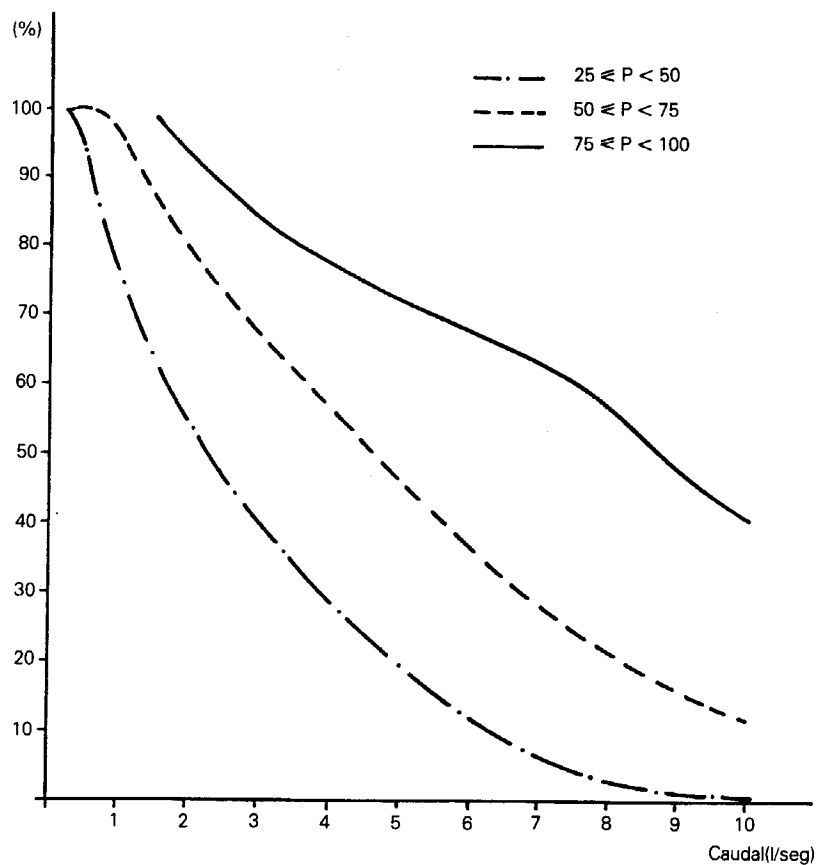


Figura 5. FRECUENCIAS ACUMULADAS DE CAUDALES EN EL ESQUISTO GRAVÁQUICO PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES

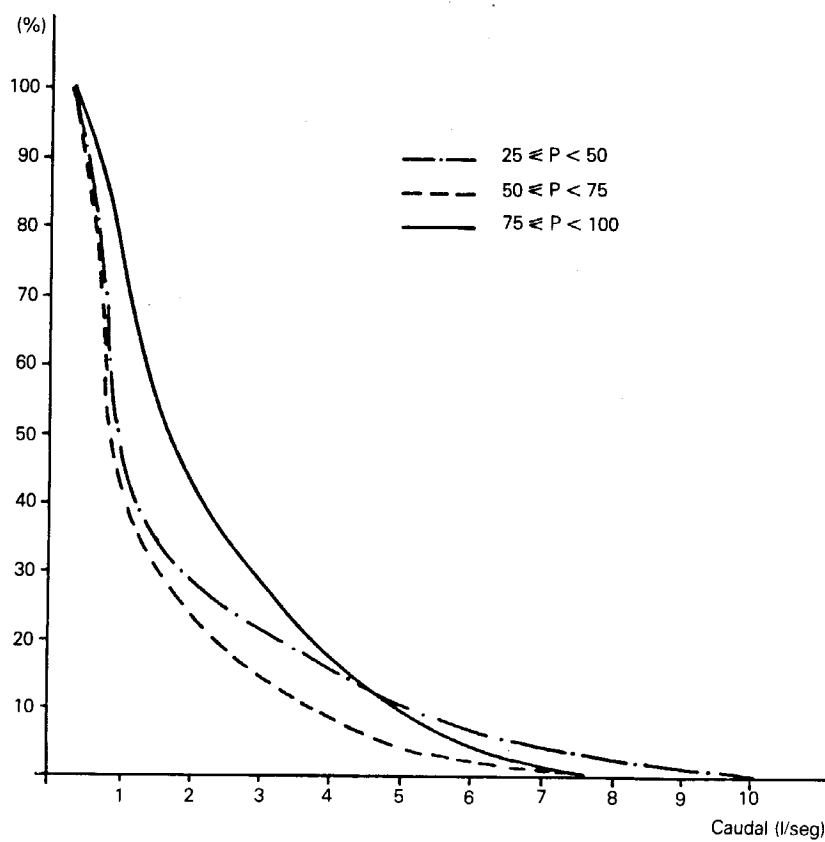


Figura 6. FRECUENCIAS ACUMULADAS DE CAUDALES EN CUARCITAS PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES

Una visualización muy clara de la distribución predominante de profundidades de sondeos, según las litologías y según la zonificación en el Complejo esquistograuváquico, queda representada en los diagramas siguientes (figura n.º 7):

En base a esos diagramas, se observa que en las cuarcitas los sondeos con profundidades comprendidas entre 50 y 75 m. son los más frecuentes, mientras que en los granitos predominan los ejecutados entre 25 y 50 m. Asimismo, en la Penillanura Cacereño-Trujillana los sondeos presentan, en general, mayores profundidades que en las zonas de Alcántara y de Las Hurdes, estando esta última caracterizada por sondeos bastante menos profundos.

Es de resaltar la diversidad de criterios, la mayor parte de las veces sin una metodología adecuada, sobre el lugar de implantación y la profundidad a alcanzar en este tipo de obras. De ahí que, en la mayor parte de los casos, los sondeos no estén situados en condiciones semejantes, que permitan establecer correlaciones óptimas de cara al comportamiento de las estructuras en el almacenamiento de agua en estos materiales.

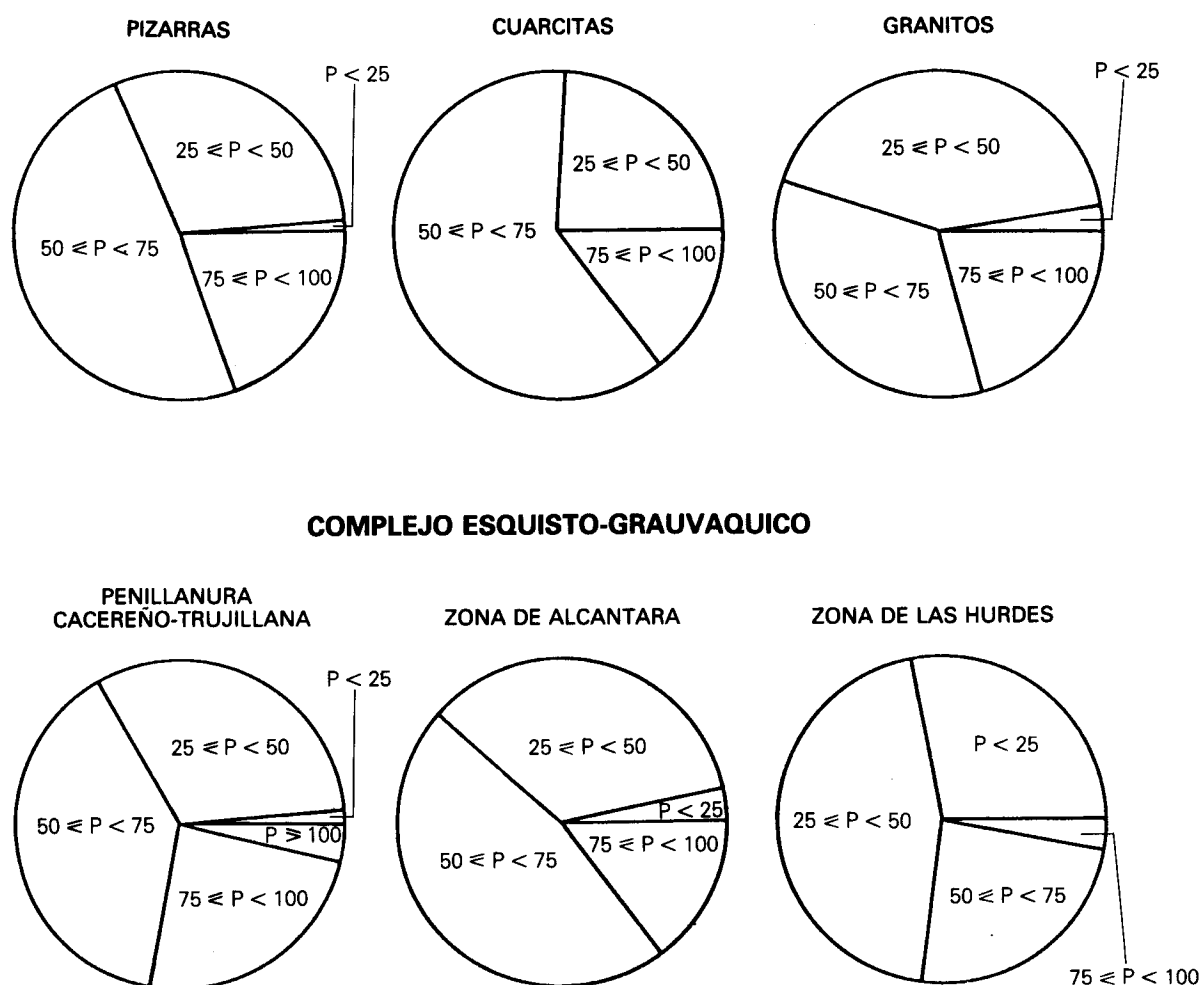


Figura 7 DIAGRAMAS DE DISTRIBUCION DE PROFUNDIDADES EN LOS SONDEOS SEGUN LITOLOGIAS Y SEGUN ZONAS DEL COMPLEJO ESQUISTO-GRAUVAQUICO

Relaciones con diferentes factores estructurales

La prospección hidrogeológica de las formaciones cristalinas y metamórficas está íntimamente ligada con los fenómenos meteóricos y tectónicos, ya que en estado sano y masivo estas formaciones no presentan ninguna porosidad. De ahí, que el almacenamiento del agua sólo sea posible cuando estas rocas han estado sometidas a transformaciones posteriores de tipo meteórico o tectónico, desarrollando una zona de alteración con una cierta porosidad o una red de fracturas no colmatadas.

El espesor de alteración es una función del clima, de la posición morfológica y de la propia naturaleza de la roca; en la provincia de Cáceres el factor de mayor importancia, de cara a lo anteriormente citado, está impuesto por la posición morfológica, siendo de destacar los depósitos de derrubios de laderas en las inmediaciones de la zona de Cañaveral.

Salvo estas zonas, muy restringidas dentro de la provincia, los lugares con mejores recursos acuíferos van ligados con la fracturación. Por ello, su análisis juega un papel de gran importancia en el estudio de estas formaciones.

El análisis específico realizado con los datos del inventario de puntos acuíferos efectuado, ha permitido conocer una serie de fenómenos de interés:

La conexión de fracturas abiertas con almacenes pliocenos o miocenos se presenta de forma favorable y patente, a la vista de los caudales alumbrados, en las inmediaciones de la formación pliocena situada al norte de Monroy.

Por el contrario, este tipo de formaciones puede servir también de drenaje de fracturas, con el consiguiente fracaso en la búsqueda de agua cuando los sondeos intersectan este tipo de fracturas. Este fenómeno parece dar una explicación al comportamiento negativo que reflejan los sondeos situados al Sur de Zorita (zona de Alcollarín-Abertura).

De una forma bastante generalizada se suele observar que gran número de sondeos, con caudales de importancia, se emplazan en el entorno de lineamientos mayores, detectados a partir de las imágenes Landsat. Tal singularidad se pone de manifiesto en las proximidades de Ibahernando, Plasenzuela, García y Herguijuela.

En relación con las estructuras circulares, detectadas también por medio de imágenes Landsat, y que suelen corresponder a la coincidencia de varias direcciones de fracturación, los sondeos situados con este emplazamiento presentan caudales muy favorables, tal como se observa en las inmediaciones de Salorino y Torremocha.

Con respecto a la fracturación falta apuntar por un lado, que los puntos donde concurren una serie de fracturas son lugares ideales para la ubicación de sondeos; por otra parte, parece ser que en la mayor parte de los casos, la dirección de fracturación NNE suele proporcionar caudales de mayor importancia.

En ciertos casos, cuando se trata de fracturas aisladas de corta extensión, la recarga suele llevar mucho tiempo o incluso ser incompleta fuera de las estaciones lluviosas.

El análisis de la red de drenaje es de una gran importancia por su interrelación con la propia fracturación, y por la propia visualización del punto donde se desaguan los almacenes acuíferos fisurados.

Se han observado condiciones favorables para la implantación de sondeos en lugares donde los cauces de los arroyos sufren cambios bruscos y muy angulosos, lo cual refleja la coincidencia de dos direcciones de fracturación.

En la zona de Alcántara, sometida a menores niveles de precipitación que la de la penillanura Cacereno-Trujillana, la alimentación o recarga de las fracturas parece estar muy influenciada por la conexión de éstas con la propia red de drenaje.

Finalmente cabe resaltar la escasa fisuración de los diques de gabros y doleritas, de suerte que salvo raras excepciones no ofrecen buenas condiciones para la búsqueda de agua. Sin embargo los filones de cuarzo si suelen presentar fracturación, tal como sucede en las inmediaciones de Arroyo de la Luz, con el consiguiente éxito en los caudales alumbrados.

PIEZOMETRIA

Los niveles acuíferos en formaciones paleozoicas tienen un desarrollo, en profundidad y extensión, totalmente ligado con la fisuración. De ahí, que algunos metros de distancia sean suficientes para encontrar niveles acuíferos muy diferentes o incluso puntos secos.

En el cuadro n.º IX, elaborado a partir de los sondeos inventariados en el Complejo esquisto-grauváquico de Cáceres, se reflejan las diferentes profundidades de agua con respecto a la boca de pozo, para las zonas de Alcántara, Penillanura Cacereño-Trujillana y Las Hurdes.

CUADRO N.º IX
PROFUNDIDAD DEL AGUA EN LOS SONDEOS SEGUN LAS ZONAS DIFERENCIADAS

Profundidad del agua en los sondeos (M.)	Zona de Alcántara	N.º de sondeos Penillanura Cacereño-Trujillana	Zona de Las Hurdes
Surgente	5	9	1
0-1	11	11	3
1-5	30	35	18
5-10	15	17	2
10-20	8	8	1
20	1	6	1

A partir de esos valores, se han dibujado los histogramas de frecuencia, figura n.º 8, en las zonas del Complejo esquisto-grauváquico, de seis intervalos de profundidad de agua respecto a la boca de los sondeos. Estos histogramas ponen de manifiesto, por una parte, la similitud de alturas en las zonas del mencionado Complejo, y por otro, de acuerdo con las propias distribuciones, la extraordinaria frecuencia con que la altura del agua se encuentra entre 1 y 5 metros de la boca de los sondeos.

Con el fin de poder conocer de una forma más amplia el funcionamiento de estos niveles acuíferos, en base a los datos registrados en el inventario efectuado, se ha agrupado, según nueve intervalos de profundidad, la información obtenida sobre los niveles acuíferos atravesados durante la ejecución de los sondeos (cuadro n.º X).

CUADRO N.º X
PROFUNDIDAD DE LOS NIVELES ACUIFEROS SEGUN LAS ZONAS DIFERENCIADAS

Niveles acuíferos (m.)	Zona de Alcántara	N.º de sondeos Penillanura Cacereño-Trujillana	Zona de las Hurdes
0-10	3	2	1
10-20	8	10	6
20-30	11	8	5
30-40	6	8	—
40-50	6	6	1
50-60	1	6	1
60-70	—	3	—
70-80	—	2	—
> 80	—	1	—

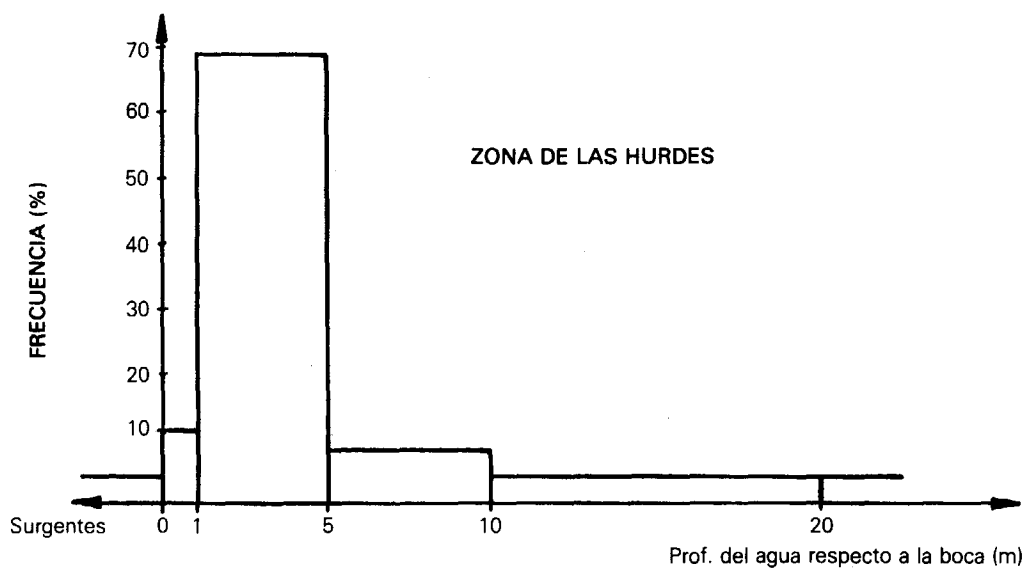
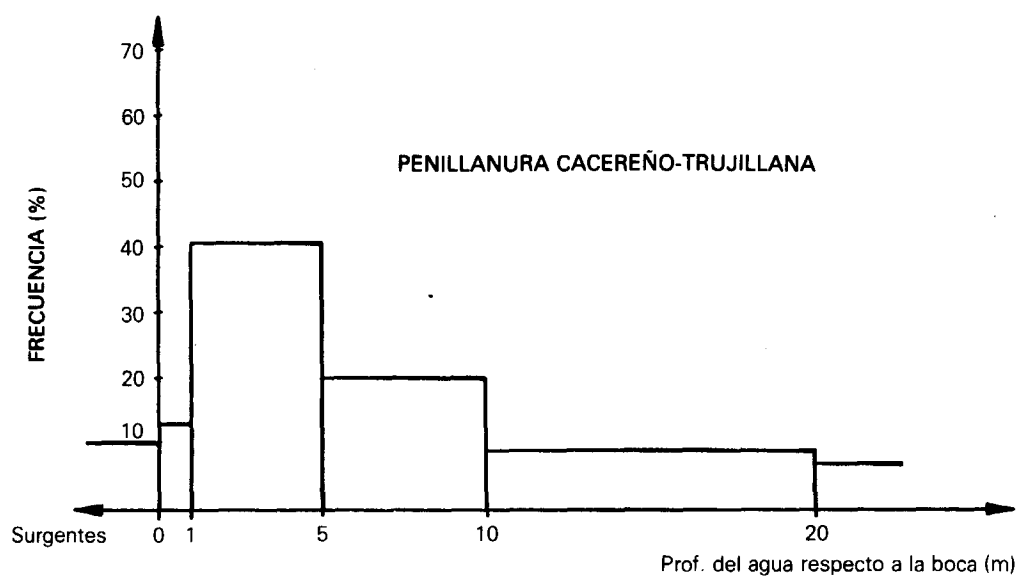
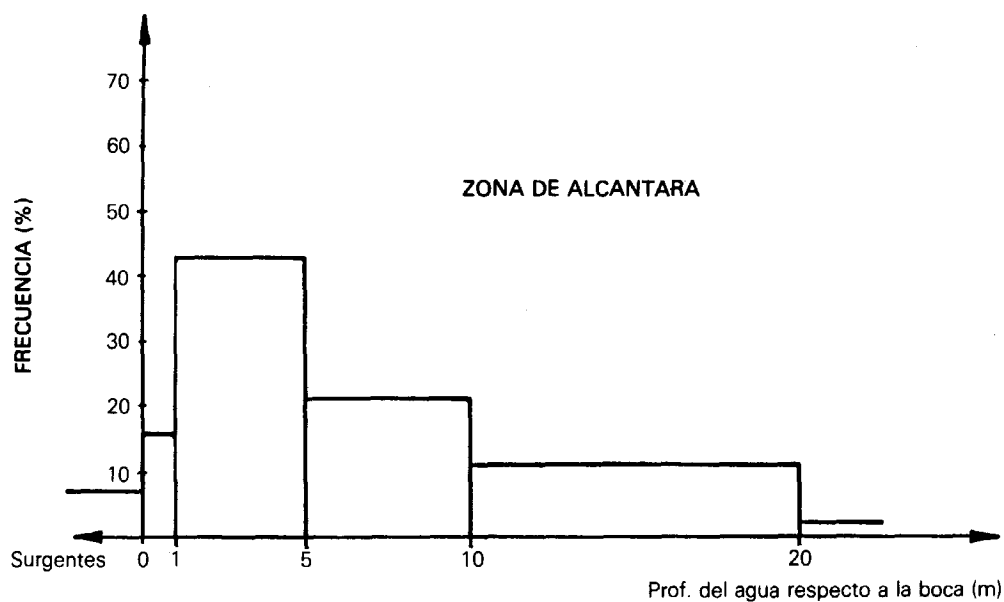


Figura 8 FRECUENCIAS DE LOS SEIS INTERVALOS DE PROFUNDIDAD DEL AGUA EN LOS SONDEOS PARA LAS ZONAS DEL COMPLEJO ESQUISTO-GRAUVAQUICO EN LA PROVINCIA DE CACERES

Los niveles acuíferos más frecuentes parecen encontrarse entre los 10 y 30 metros de profundidad en las tres zonas del Complejo esquistograuváquico, siendo necesario resaltar también la mayor profundidad a la que, generalmente, se presentan los niveles acuíferos en la Penillanura Cacereño-Trujillana con respecto a las otras dos zonas (figura n.º 9). En principio, este fenómeno parece corresponder a un mayor desarrollo de la fracturación profunda en la mencionada zona.

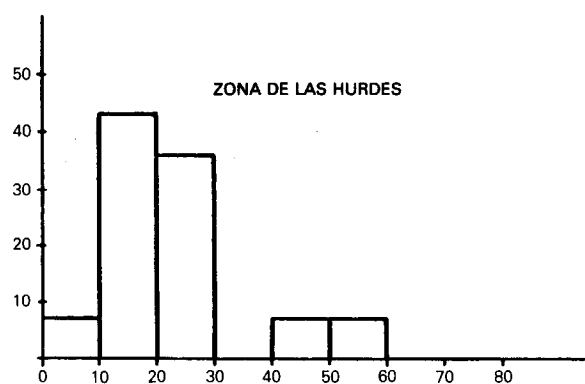
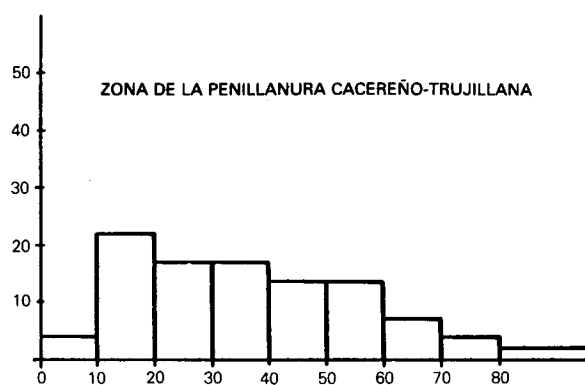
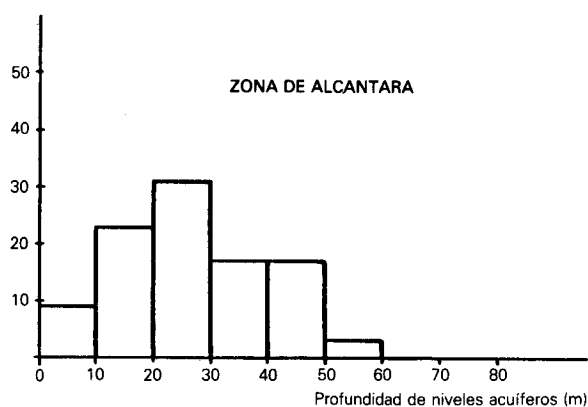


Figura 9 DISTRIBUCION DE LAS PROFUNDIDADES DE LOS NIVELES ACUIFEROS EN LAS ZONAS DEL COMPLEJO ESQUISTO-GRAUVAQUICO DE LA PROVINCIA DE CACERES

Asimismo, se ha visto que en las zonas de Alcántara y Las Hurdes los niveles acuíferos, de una forma casi generalizada, se suelen encontrar por encima de los 60 m., mientras que en la Penillanura es también frecuente encontrarlos por debajo de este límite.

6.2. Provincia de Badajoz

En la provincia de Badajoz, para el análisis de la relación caudal-litología ha sido elegido un total de 136 sondeos, repartidos de la siguiente forma: 74 sondeos en las pizarras del esquistograuváquico, 17 sondeos en las cuarcitas, 17 sondeos en las calizas y 10 sondeos en granitos.

En el cuadro n.º XI, y para seis intervalos diferentes de caudal se indica, porcentualmente, esta relación:

CUADRO N.º XI
RELACION ENTRE CAUDALES DE AFORO Y LITOLOGIAS

	Pizarras	Cuarcitas	Calizas	Granitos
N.º total de puntos acuíf.	74	17	35	10
% Puntos $0 < Q < 0,5$	26	29	37	60
% Puntos $0,5 < Q < 1$	27	12	14	30
% puntos $1 < Q < 2$	22	6	3	—
% Puntos $2 < Q < 5$	17	35	14	—
% Puntos $5 < Q < 10$	4	6	12	10
% Puntos $Q > 10$	4	12	20	—
Q Caudal l/seg.				

Los diagramas de frecuencias que reflejan estas variaciones, figura n.º 10, muestran un comportamiento peor de los granitos frente al resto de los tipos litológicos analizados.

Esta importante característica se manifiesta de forma incluso más patente a la vista de la figura n.º 11, en la cual, además se observa la importancia de las cuarcitas y calizas para suministrar caudales más elevados que las pizarras y granitos.

A partir de los datos reflejados en el inventario se ha establecido el porcentaje de puntos acuíferos, correspondientes a cada tipo de litología, para seis intervalos de caudal (Cuadro n.º XII).

CUADRO N.º XII
RELACION ENTRE CAUDALES DE AFORO Y LITOLOGIAS A PARTIR DE LOS DATOS DEL INVENTARIO

	Calizas cambri.	Pizarras precamb.	Pizarras cambri.	Pizarras postcamb.	Cuarcitas (Ordov-Silur)
N.º total de puntos acuíf.	45	128	58	41	17
% Puntos $0 < Q < 0,5$	2	6	3	12	12
% Puntos $0,5 < Q < 1$	7	16	17	20	12
% Puntos $1 < Q < 2$	18	32	21	24	12
% Puntos $2 < Q < 5$	27	33	47	32	35
% Puntos $5 < Q < 10$	13	8	7	7	17
% Puntos $Q > 10$	33	5	5	5	12
Q Caudal l/seg.					

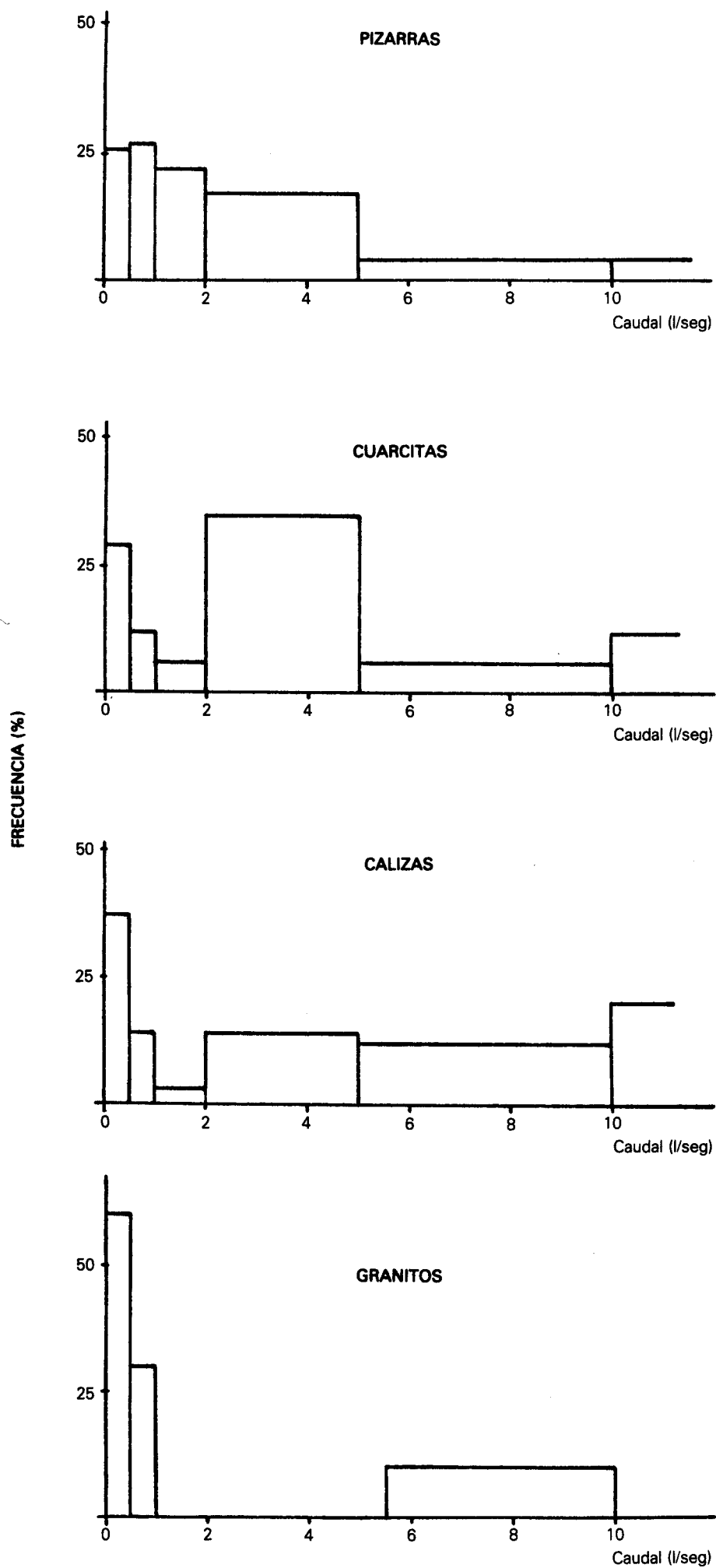
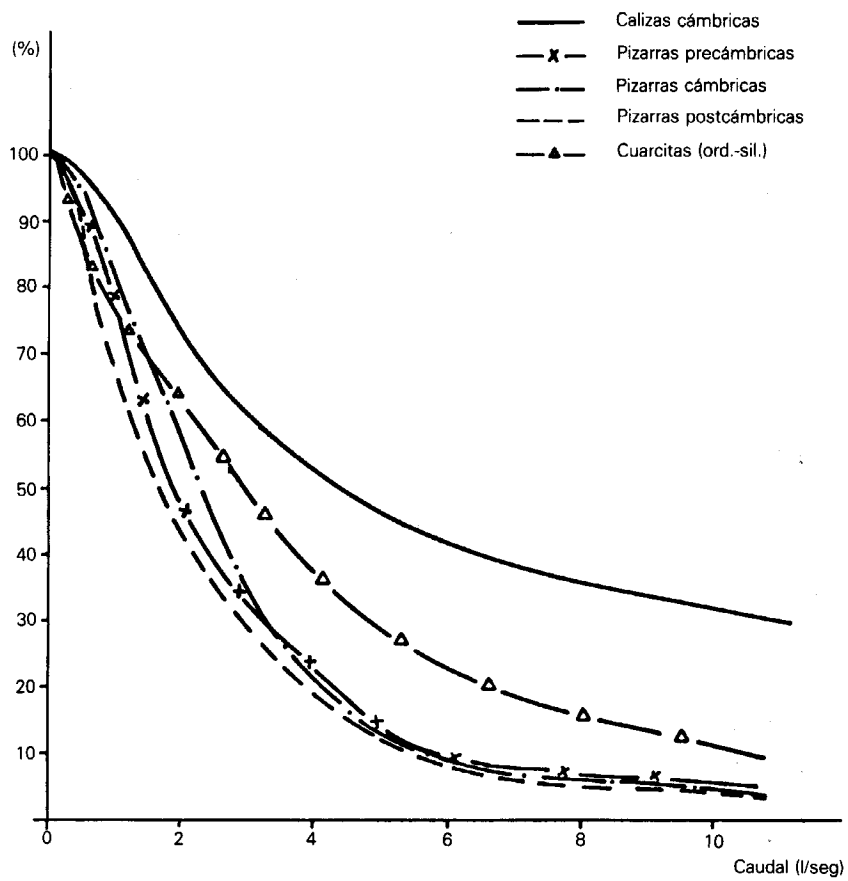
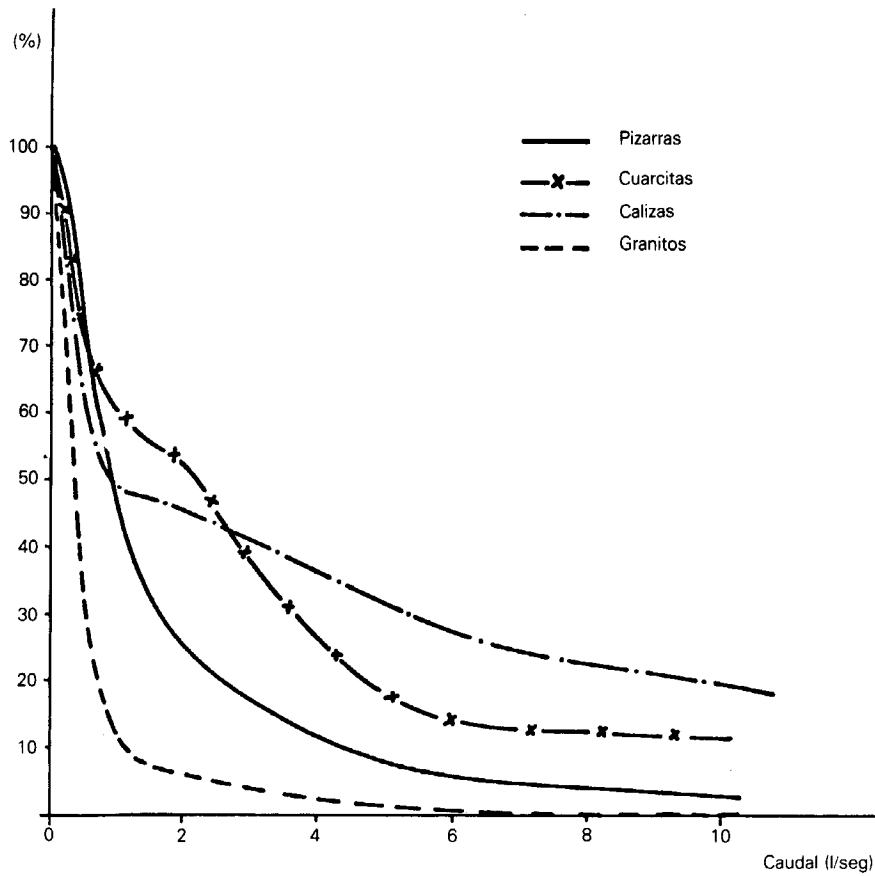


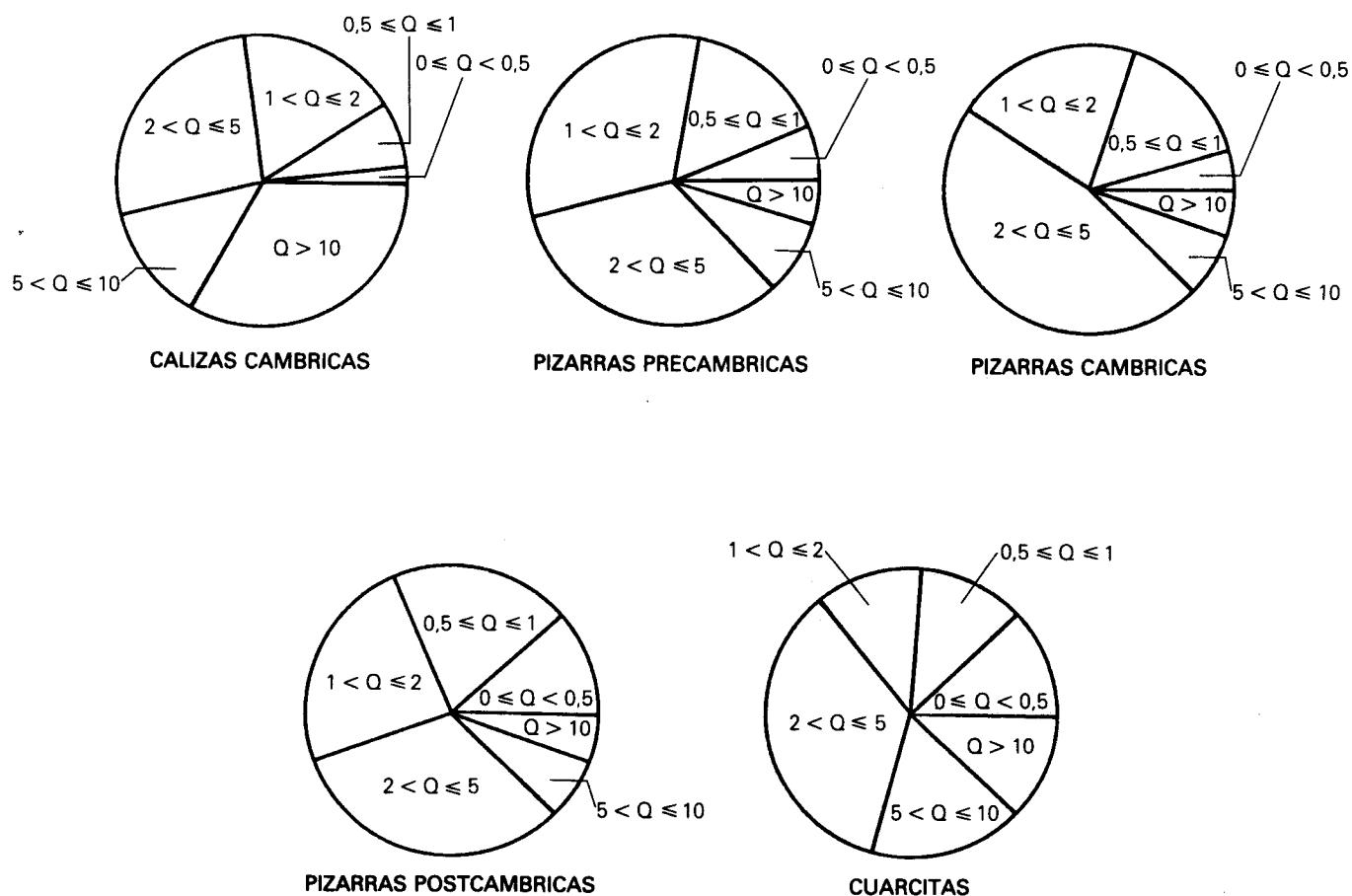
Figura 10 DIAGRAMAS DE FRECUENCIAS DE CAUDALES DE AFORO.



Las figuras n.º 12, 13, representan respectivamente las frecuencias acumuladas en función de los caudales de aforo, y la distribución de éstos según el tipo de litologías diferenciadas. Estas figuras muestran, por un lado, la importancia de las calizas y cuarcitas en sondeos con caudales elevados; y por otro, la similitud de comportamientos entre los tres tipos de pizarras, aunque a la vista del mayor porcentaje de sondeos negativos, parecen algo más desfavorables las postcámbricas.

Las calizas devónicas, con una menor entidad de afloramiento que las cámbricas, parecen constituir peores almacenes hídricos, término que no queda reflejado en el análisis por el escaso número de puntos inventariados en aquellas.

Profundizando en el análisis litológico, hay que resaltar que las variaciones de caudal sufridas en captaciones calizas son del orden de 1,7 veces más grandes que las que experimentan las pizarras, referidas ambas a una misma zona.



Q = Caudal en litros/seg

Figura13 DISTRIBUCION DE CAUDALES DE AFORO SEGUN LITOLOGIAS

Finalmente, cabe señalar que las pizarras de Badajoz se comportan de forma intermedia entre las de la zona de Las Hurdes y la Penillanura Cacer  o-Trujillana, pertenecientes a la provincia de Cáceres.

Abundando en el parámetro caudal, el cuadro n.   XIII refleja su relación, o comportamiento, en siete zonas diferentes de Badajoz.

CUADRO N.   XIII

RELACION ENTRE CAUDALES DE AFORO PARA LAS ZONAS DIFERENCIADAS EN LA PROVINCIA DE BADAJOZ

	Zona de Llerena	Alange	Azuaga	Monesterio	La Serena	Zona Villanueva del Fresno	La Siberia
N.�� total puntos	103	28	28	43	50	19	22
% Puntos $0 < Q < 0,5$	3	0	0	0	8	16	32
% Puntos $0,5 < Q < 1$	13	18	7	14	26	26	14
% Puntos $1 < Q < 2$	18	21	46	32	28	21	9
% Puntos $2 < Q < 5$	39	36	22	42	32	16	41
% Puntos $5 < Q < 10$	10	18	14	7	4	11	4
% Puntos $Q > 10$	17	7	11	5	2	10	0

Q en l/seg

A partir de los valores de este cuadro, en la figura n.   14 se representan las frecuencias acumuladas, en función de los caudales de aforo, para las siete zonas seleccionadas en la provincia de Badajoz.

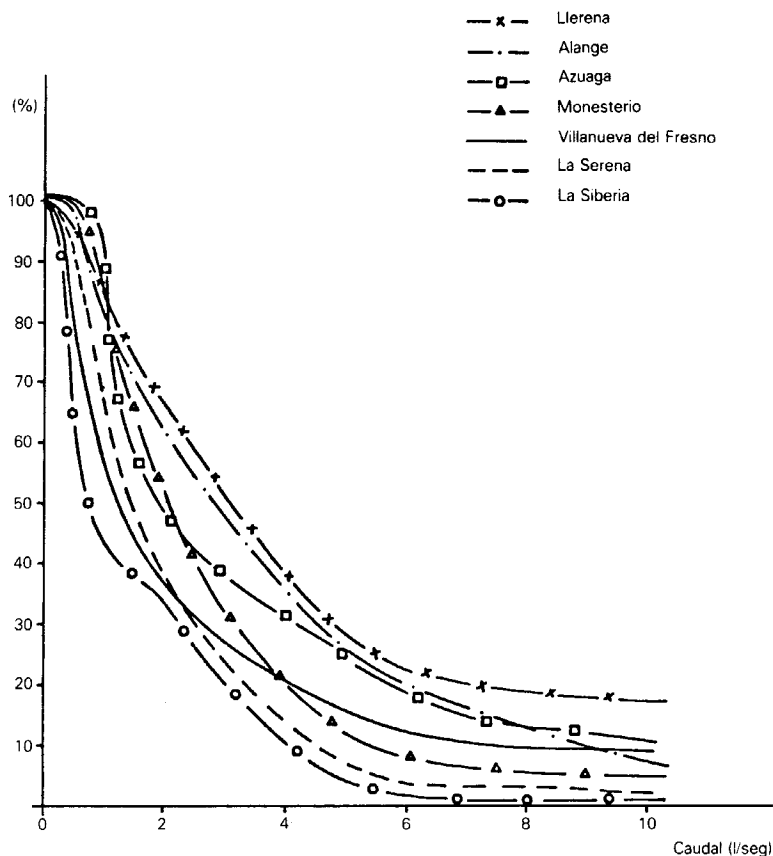


Figura 14. FRECUENCIAS ACUMULADAS EN FUNCION DE LOS CAUDALES DE AFORO

En la Fig. n.º 15, se representa las distribuciones de caudales, según los seis intervalos utilizados, para cada una de las zonas mencionadas:

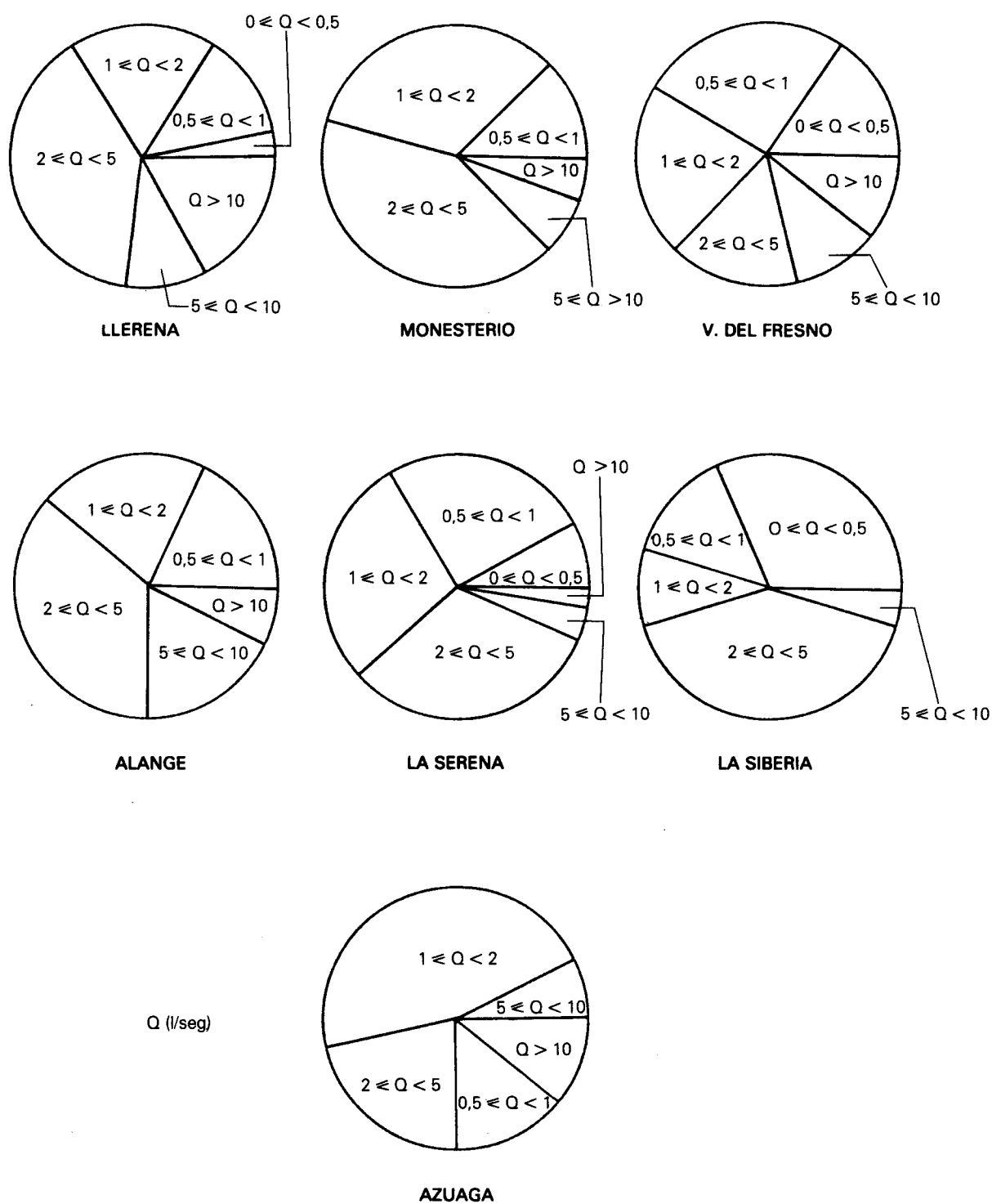


Figura 15 DISTRIBUCION DE CAUDALES DE AFORO EN LAS ZONAS DIFERENCIADAS

El análisis estadístico entre profundidades y caudales se efectúa siguiendo la misma metodología, partiendo del inventario de puntos acuíferos.

Los cuadros números XIV, XV, XVI, reflejan el porcentaje de sondeos correspondientes a cinco intervalos de profundidad y siete de caudal, para las litologías de pizarras, calizas y cuarcitas respectivamente:

CUADRO N.º XIV
PORCENTAJE DE SONDEOS EN PIZARRAS SEGUN DIFERENTES PROFUNDIDADES

Prof. (m)	Caudal (l/s)							% Sobre total
		N.º Sondeos 0 < Q ≤ 0,5	N.º Sondeos 0,5 < Q ≤ 1	N.º Sondeos 1 < Q ≤ 2	N.º Sondeos 2 < Q ≤ 5	N.º Sondeos 5 < Q < 10	N.º Sondeos Q > 10	
P < 25		3	0	2	3	2	0	5
25 < P < 50		4	14	15	34	3	4	34
50 < P < 75		3	9	19	22	7	2	28
75 < P < 100		4	13	19	14	4	1	25
P > 100		0	1	6	8	0	3	8
N.º total sondeos								219

CUADRO N.º XV
PORCENTAJE DE SONDEOS EN CALIZA SEGUN DIFERENTES PROFUNDIDADES

Prof. (m)	Caudal (l/s)							% Sobre total
		N.º Sondeos 0 < Q < 0,5	N.º Sondeos 0,5 < Q ≤ 1	N.º Sondeos 1 < Q ≤ 2	N.º Sondeos 2 < Q ≤ 5	N.º Sondeos 5 < Q < 10	N.º Sondeos Q > 10	
P < 25		0	0	0	2	0	2	9
25 < P < 50		0	2	4	2	5	6	42
50 < P < 75		0	0	2	2	0	4	18
75 < P < 100		0	1	0	2	0	2	11
P > 100		1	0	2	4	1	1	20
N.º total sondeos								45

CUADRO N.º XVI
PORCENTAJE DE SONDEOS EN CUARCITA SEGUN DIFERENTES PROFUNDIDADES

Prof. (m)	Caudal (l/s)							% Sobre total
		N.º Sondeos 0 < Q < 0,5	N.º Sondeos 0,5 < Q ≤ 1	N.º Sondeos 1 < Q < 2	N.º Sondeos 2 < Q < 5	N.º Sondeos 5 < Q < 10	N.º Sondeos Q > 10	
P < 25		0	0	0	0	0	0	0
25 < P < 50		0	2	1	1	1	0	33
50 < P < 75		0	0	0	2	2	1	33
75 < P < 100		1	0	0	1	0	0	14
P > 100		0	0	0	2	0	1	20
N.º total sondeos								15

A la vista de estos cuadros se concluye que la mayoría de los sondeos en pizarras presentan profundidades comprendidas entre los 25 y 75 m., mientras que en las calizas y cuarcitas son relativamente frecuentes las profundidades superiores a los 100 m.

De un modo general se observan mayores profundidades que en la provincia de Cáceres.

Los valores recogidos en los cuadros anteriores se han utilizado para efectuar la representación de la distribución de frecuencias, según distintos intervalos de profundidad y caudal. Estas representaciones se reflejan en las figuras n.º 16, 17 y 18, correspondiendo a las pizarras, calizas y cuarcitas respectivamente.

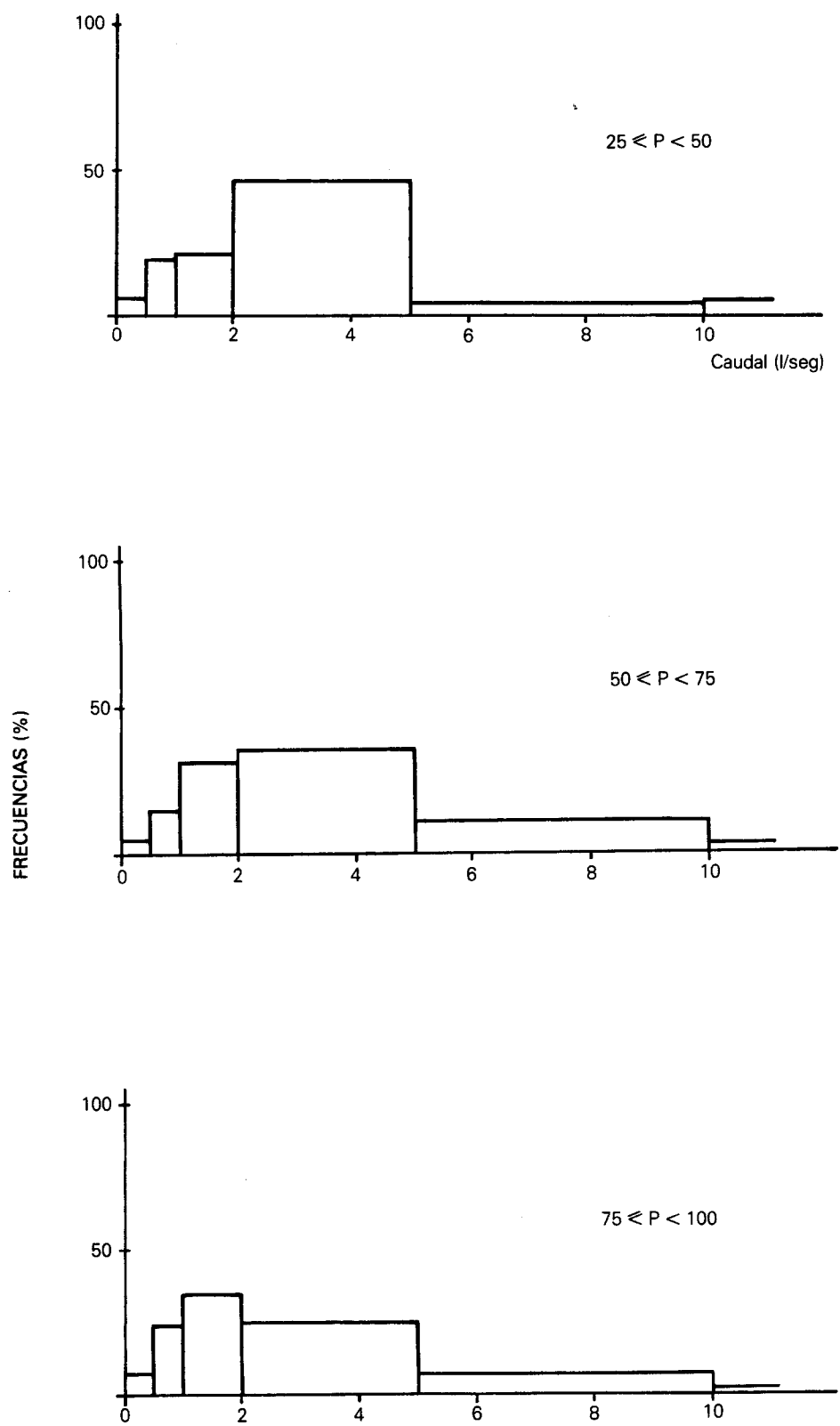


Figura 16 DISTRIBUCION DE CAUDALES EN LAS PIZARRAS SEGUN DIFERENTES INTERVALOS DE PROFUNDIDAD

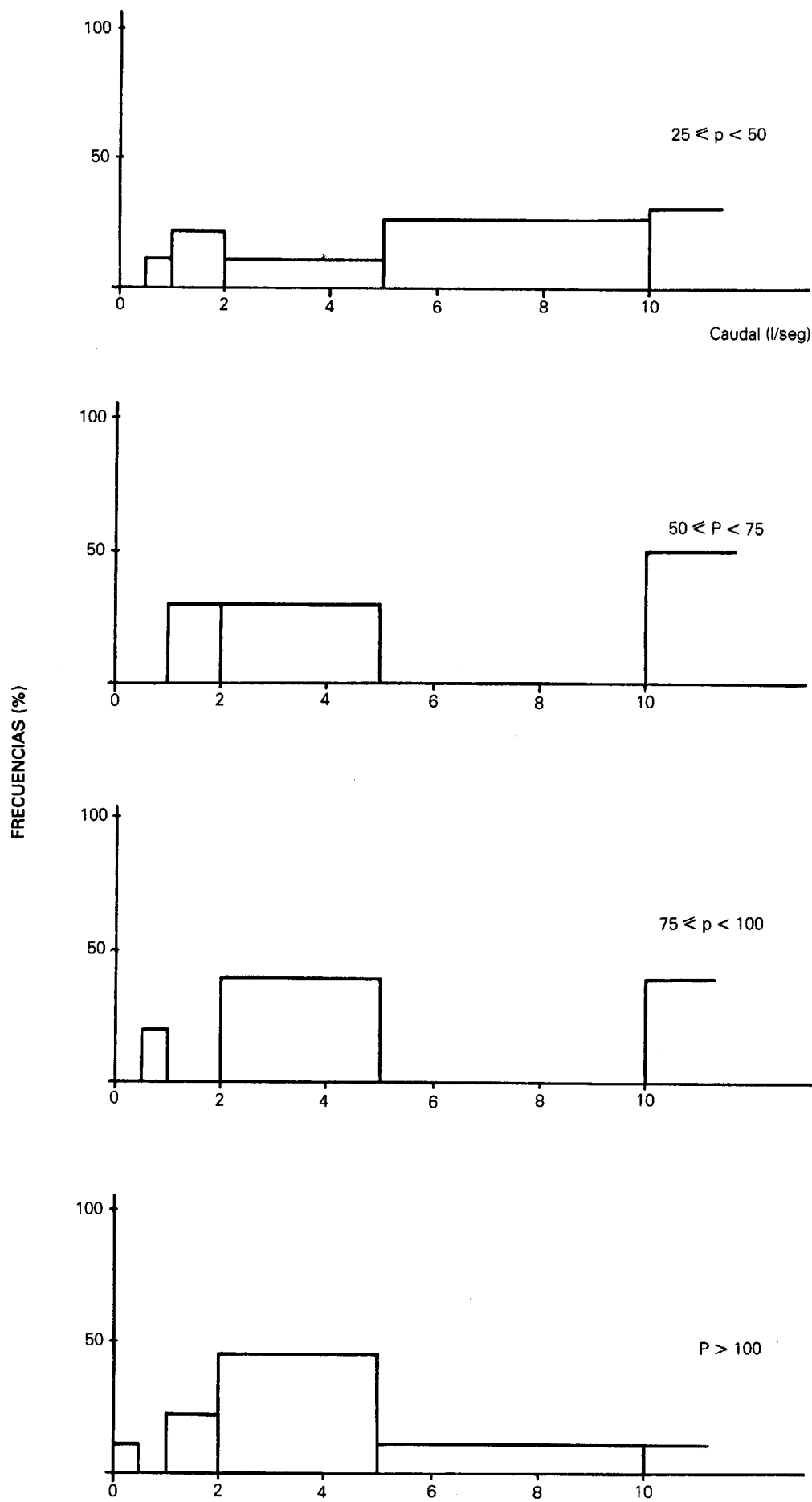


Figura17 DISTRIBUCION DE CAUDALES EN CALIZAS SEGUN DIFERENTES INTERVALOS DE PROFUNDIDAD

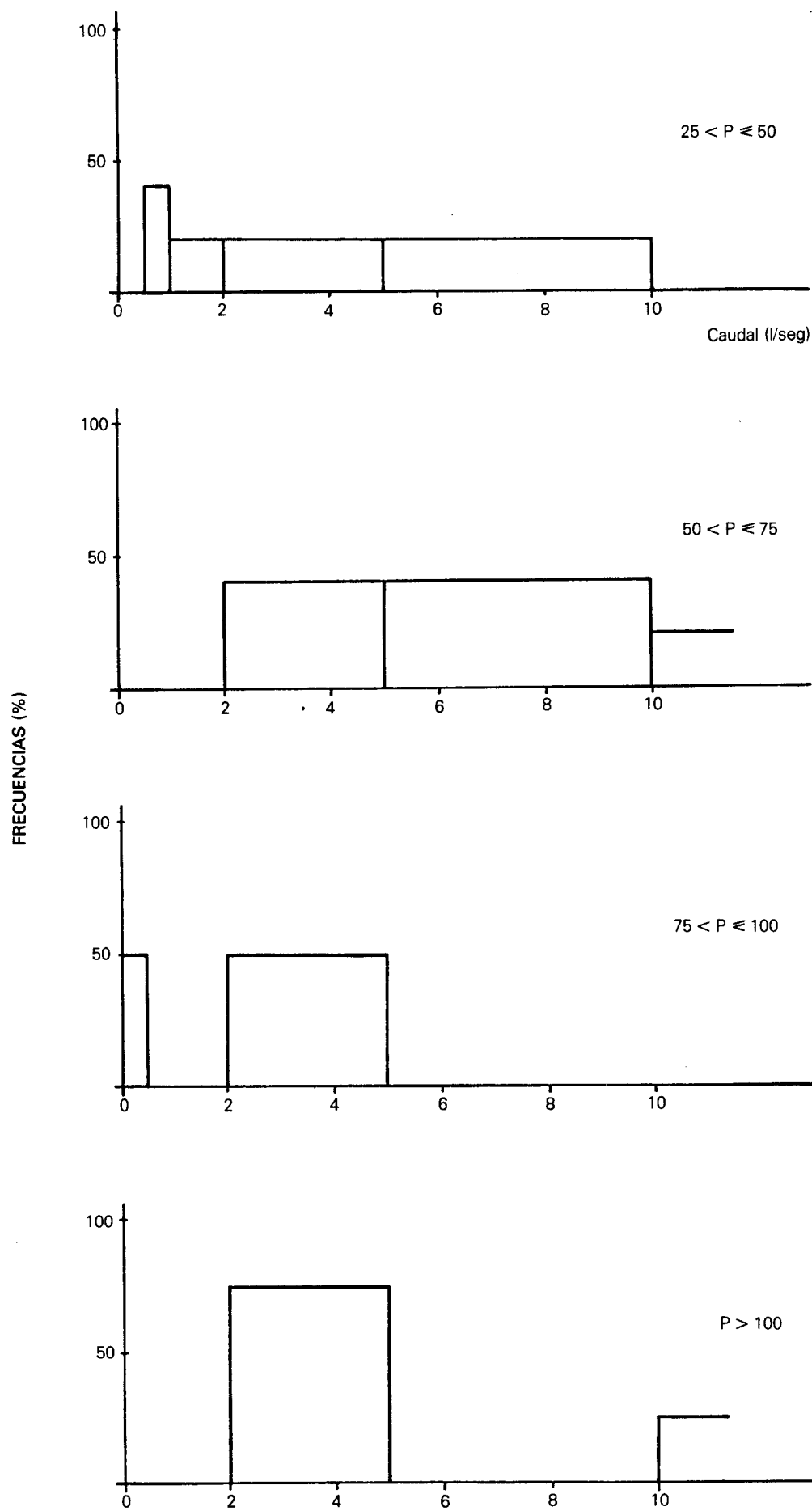


Figura18 DISTRIBUCION DE CAUDALES EN CUARCITAS SEGUN DIFERENTES INTERVALOS DE PROFUNDIDAD

Las figuras n.º 19 y 20 muestran, de forma grosera, que la distribución de frecuencias de los caudales no guardan una clara relación con las diferentes profundidades, sino que por el contrario se mantienen bastante semejantes. Además, las distribuciones en calizas y cuarcitas parecen tener un comportamiento más uniforme que las correspondientes a las pizarras.

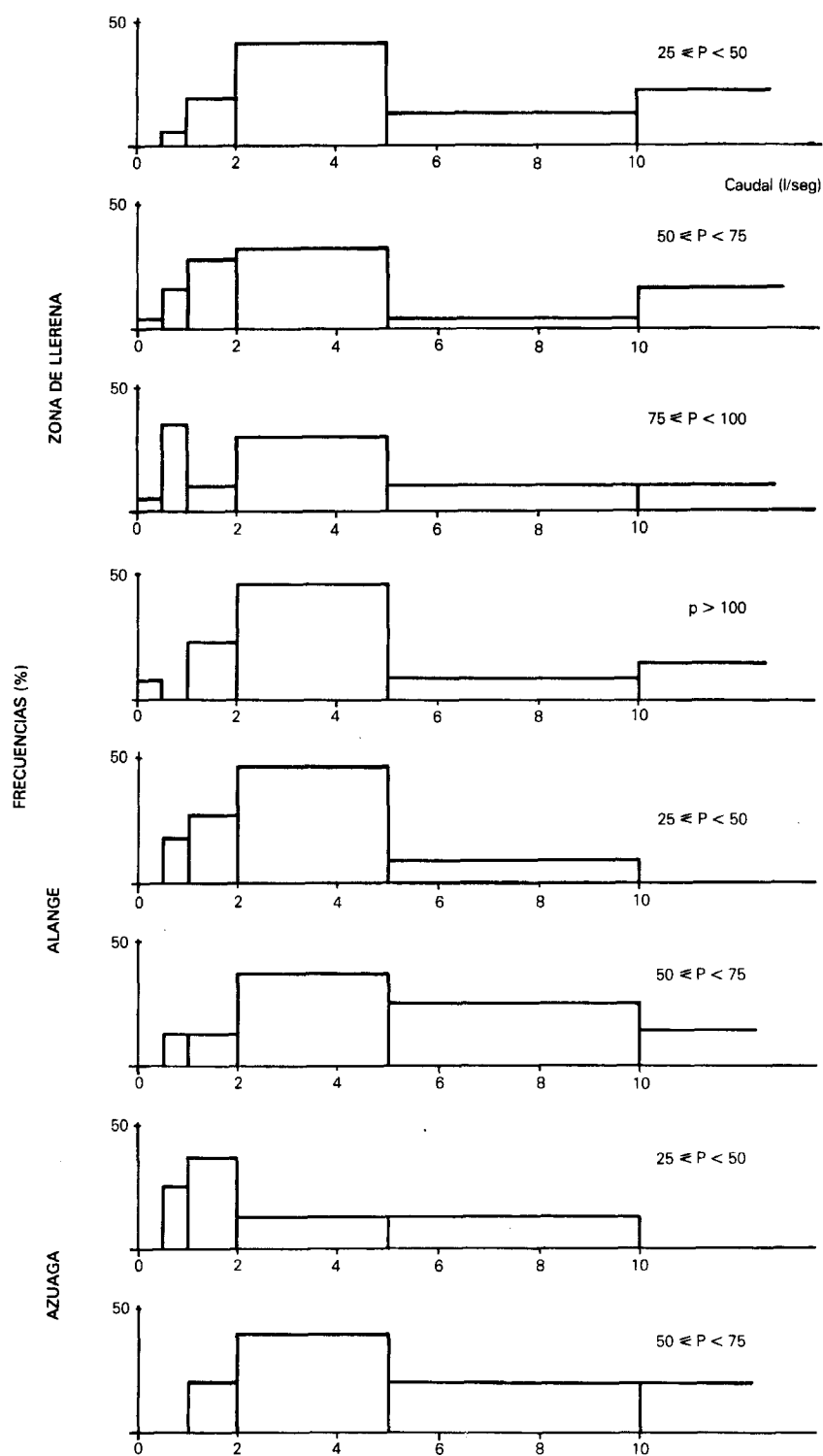


Figura 19 DISTRIBUCION DE CAUDALES EN LOS SONDEOS PARA DIFERENTES INTERVALOS DE PROFUNDIDAD

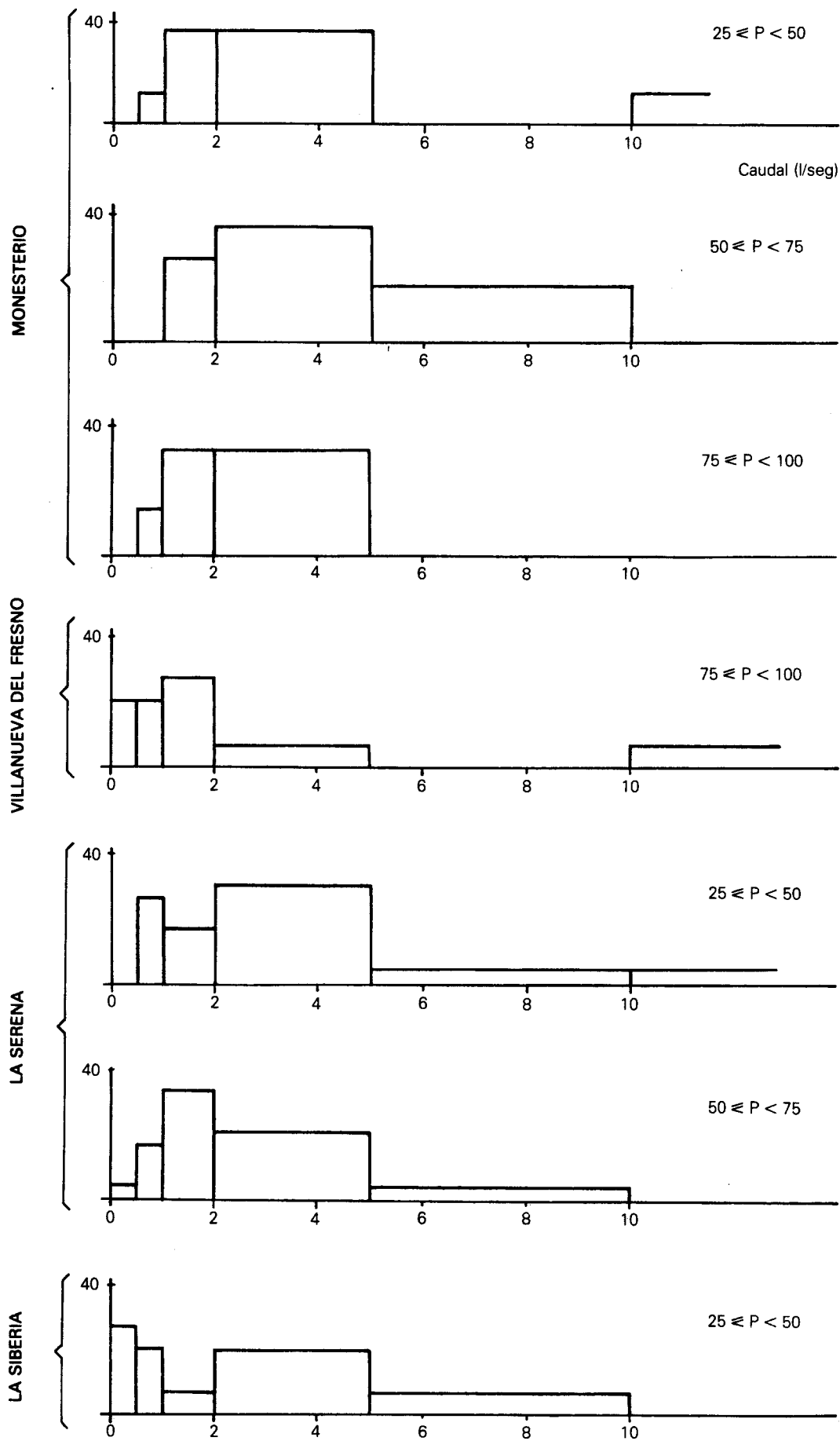


Figura 20 DISTRIBUCION DE CAUDALES EN LOS SONDEOS PARA DIFERENTES INTERVALOS DE PROFUNDIDAD

En los cuadros n.º XVII, XVIII, XIX, XX, XXI, XXII Y XXIII, se pueden observar los porcentajes de sondeos, correspondientes a cinco intervalos distintos de profundidad, en las siete zonas de la provincia de Badajoz.

CUADRO N.º XVII
PORCENTAJE DE SONDEOS SEGUN LA PROFUNDIDAD EN LA ZONA DE LLERENA

Prof. (m)	Caudal (l/s)	N.º Sondeos $Q \leq 0,5$	N.º Sondeos $0,5 < Q \leq 1$	N.º Sondeos $1 < Q < 2$	N.º Sondeos $2 < Q < 5$	N.º Sondeos $5 < Q < 10$	N.º Sondeos $Q > 10$	% Sobre Total
P < 25		0	0	0	3	0	2	5
25 < P < 50		0	2	7	15	5	8	37
50 < P < 75		1	4	7	8	1	4	25
75 < P < 100		1	7	2	6	2	2	20
P > 100		1	0	3	6	1	2	13
N.º total sondeos								100

CUADRO N.º XVIII
PORCENTAJE DE SONDEOS SEGUN LA PROFUNDIDAD EN LA ZONA DE ALANGE

Prof. (m)	Caudal (l/s)	N.º Sondeos $Q \leq 0,5$	N.º Sondeos $0,5 < Q \leq 1$	N.º Sondeos $1 < Q < 2$	N.º Sondeos $2 < Q < 5$	N.º Sondeos $5 < Q < 10$	N.º Sondeos $Q > 10$	% Sobre Total
P < 25		—	—	—	1	1	—	8
25 < P < 50		—	2	3	5	1	—	42
50 < P < 75		—	1	1	3	2	1	31
75 < P < 100		—	—	1	—	—	—	4
P > 100		—	1	1	—	1	1	15
N.º total sondeos								26

CUADRO N.º XIX
PORCENTAJE DE SONDEOS SEGUN LA PROFUNDIDAD EN LA ZONA DE AZUAGA

Prof. (m)	Caudal (l/s)	N.º Sondeos $Q \leq 0,5$	N.º Sondeos $0,5 < Q \leq 1$	N.º Sondeos $1 < Q < 2$	N.º Sondeos $2 < Q < 5$	N.º Sondeos $5 < Q < 10$	N.º Sondeos $Q > 10$	% Sobre Total
P < 25		0	0	0	0	0	0	0
25 < P < 50		0	2	3	1	1	1	28
50 < P < 75		0	0	2	4	2	2	36
75 < P < 100		0	0	6	0	1	0	25
P > 100		0	0	2	1	0	0	11
N.º total sondeos								28

CUADRO N.º XX
PORCENTAJE DE SONDEOS SEGUN LA PROFUNDIDAD EN LA ZONA DE MONESTERIO

Prof. (m)	Caudal (l/s)	N.º Sondeos $Q \leq 0,5$	N.º Sondeos $0,5 < Q \leq 1$	N.º Sondeos $1 < Q < 2$	N.º Sondeos $2 < Q < 5$	N.º Sondeos $5 < Q < 10$	N.º Sondeos $Q > 10$	% Sobre Total
P < 25		0	0	1	0	0	0	2
25 < P < 50		0	1	3	3	0	1	19
50 < P < 75		0	0	3	4	2	0	21
75 < P < 100		0	3	7	7	0	0	39
P > 100		0	1	2	4	0	1	19
N.º total sondeos								43

CUADRO N.º XXI

PORCENTAJE DE SONDEOS SEGUN LA PROFUNDIDAD EN LA ZONA DE VILLANUEVA DEL FRESNO

Prof. (m) \ Caudal (l/s)	N.º Sondeos $Q \leq 0,5$	N.º Sondeos $0,5 < Q \leq 1$	N.º Sondeos $1 < Q < 2$	N.º Sondeos $2 < Q < 5$	N.º Sondeos $5 < Q < 10$	N.º Sondeos $Q > 10$	% Sobre Total
P < 25	—	—	—	—	1	—	6
25 < P < 50	—	—	—	1	—	—	6
50 < P < 75	—	—	—	—	1	—	6
75 < P < 100	3	3	4	1	—	1	70
P > 100	—	—	—	1	—	1	12
N.º total sondeos							17

CUADRO N.º XXII

PORCENTAJE DE SONDEOS SEGUN LA PROFUNDIDAD EN LA ZONA DE LA SERENA

Prof. (m) \ Caudal (l/s)	N.º Sondeos $Q \leq 0,5$	N.º Sondeos $0,5 < Q \leq 1$	N.º Sondeos $1 < Q < 2$	N.º Sondeos $2 < Q < 5$	N.º Sondeos $5 < Q < 10$	N.º Sondeos $Q > 10$	% Sobre Total
P < 25	2	—	1	—	—	—	6
25 < P < 50	—	8	5	9	1	1	48
50 < P < 75	1	4	8	5	1	—	38
75 < P < 100	1	1	—	2	—	—	8
P > 100	—	—	—	—	—	—	—
N.º total sondeos							50

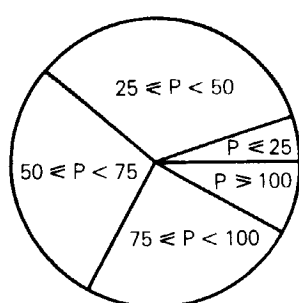
CUADRO N.º XXIII

PORCENTAJE DE SONDEOS SEGUN LA PROFUNDIDAD EN LA ZONA DE LA SIBERIA

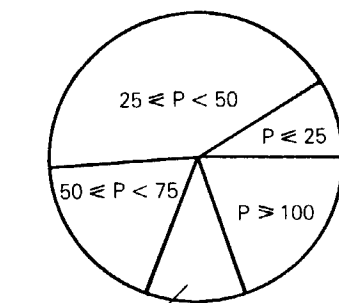
Prof. (m) \ Caudal (l/s)	N.º Sondeos $Q \leq 0,5$	N.º Sondeos $0,5 < Q \leq 1$	N.º Sondeos $1 < Q < 2$	N.º Sondeos $2 < Q < 5$	N.º Sondeos $5 < Q < 10$	N.º Sondeos $Q > 10$	% Sobre Total
P < 25	1	—	—	1	—	—	10
25 < P < 50	4	3	1	3	1	—	60
50 < P < 75	1	—	—	2	—	—	15
75 < P < 100	—	—	—	1	—	—	5
P > 100	—	—	—	2	—	—	10
N.º total sondeos							20

La comparación de estas distribuciones resalta la importancia de los intervalos de profundidad comprendida entre los 50 y 75 metros en las zonas de Alange, Azuaga, Monesterio y La Serena, mientras que en la zona de Llerena el intervalo de profundidad más interesante parece ser el de 25 a 50 metros.

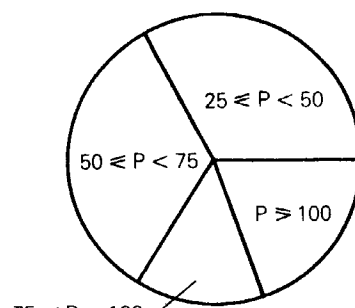
Como colofón del análisis de profundidades la figura n.º 21 ofrece una visualización conjunta de las variaciones experimentadas por las mismas, de acuerdo con los tipos litológicos y con las zonas definidas en la provincia de Badajoz.



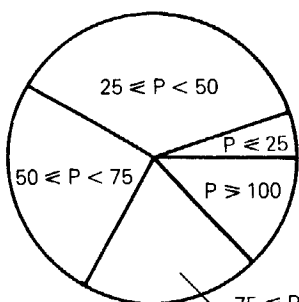
PIZARRAS



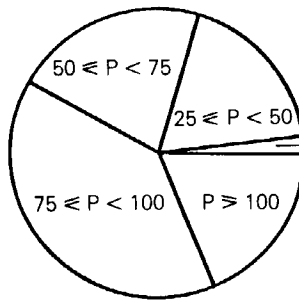
CALIZAS



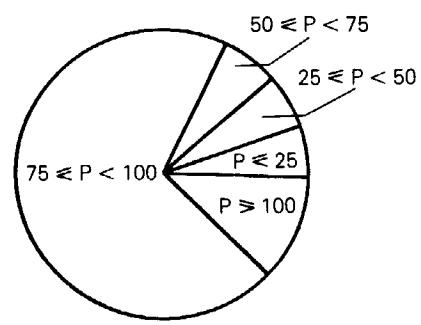
CUARCITAS



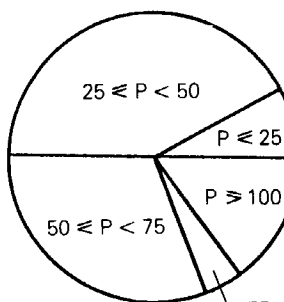
LLERENA



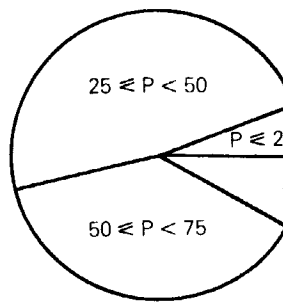
MONESTERIO



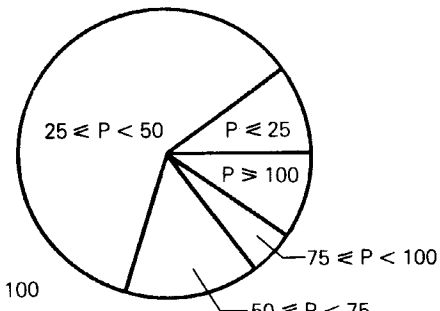
VILLANUEVA DEL FRESNO



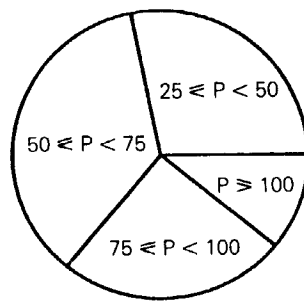
ALANGE



LA SERENA



LA SIBERIA



AZUAGA

Figura 21 DISTRIBUCION DE PROFUNDIDADES EN LOS SONDEOS SEGUN LITOLOGIAS Y ZONAS EN LA PROVINCIA DE BADAJOZ

Relaciones con diferentes factores estructurales

Tal como ha sido apuntado, la prospección hidrogeológica de las formaciones metamórficas y cristalinas se centra sobre zonas de alteración con una cierta porosidad, o sobre las zonas donde la fracturación se encuentra abierta.

Las zonas de alteración, muy poco desarrolladas en la provincia, se encuentran ligadas, en este caso, con factores morfológicos y tectónicos. Por ello, el análisis de la fracturación ha constituido el soporte principal para estudiar el comportamiento específico de los puntos más singulares del inventario.

La base cartográfica del análisis ha sido el Mapa de Lineamientos Estructuras Geológicas e Indicios Mineros (E. 1:200.0000, del Estudio Geoestructural de la Región Centro Suroccidental Española a partir de las imágenes Landst (Instituto Geológico y Minero de España 1984), junto con el plano de situación de puntos acuíferos inventariados.

De una forma general, sin resaltar otras demarcaciones más locales, las áreas con una mayor densidad de fracturación, afectando más intensamente a los litotipos pizarreños que a las calizas, se localizan en la parte central de la zona de Azuaga, dentro del perímetro comprendido entre Ribera del Fresno-Usagre y Valencia de las Torres, sureste de la zona de Llerena, y en la zona de Monesterio entre Fuente de Cantos y Monesterio.

Los depósitos del Neógeno que se encuentran en cotas deprimidas, ejercen un papel drenante.

Dado que los lineamientos, detectados a partir de imágenes Landsat, se corresponden con fallas o fracturas; se observa que un gran número de sondeos con caudales de importancia van asociados con los lineamientos de dirección N-NE. Tal singularidad se pone de manifiesto en muchos de los sondeos importantes, destacando entre otros los situados al Sureste del término municipal de Hornachos, en el término de Valdecaballeros y hacia el Norte de Zahinos. Otra de las direcciones fundamentales, asociada con los sondeos más favorables, corresponde con lineamientos de dirección aproximada E-O; observándose en el término municipal de La Parra, Calera de León y al sur de Ribera del Fresno.

Con respecto a la fracturación, falta por apuntar la idoneidad de los puntos de cruce de lineamientos o fracturas con dirección N-NE y E-O. Este tipo de situaciones se presentan en sondeos al Este de Azuaga, Usagre y Sur de Calzadilla de los Barros.

Las direcciones de fracturación, apuntadas hasta ahora como más favorables, son las direcciones normales y oblicuas respecto a las direcciones estructurales.

PIEZOMETRIA

En el cuadro n.º XXIV se representan las profundidades del agua, con respecto a la boca de sondeo, para cada una de las zonas de la provincia. No se han separado las calizas y pizarras en la zona de Llerena, debido a su similar comportamiento.

CUADRO N.º XXIV
PROFUNDIDAD DEL AGUA EN LOS SONDEOS SEGUN LAS ZONAS DIFERENCIADAS

Profund. del agua en sondeos (m)	N.º de sondeos						
	Llerena	Alange	Azuaga	Monesterio	Villanueva del Fresno	La Serena	La Siberia
Surgente	—	—	—	—	—	2	—
0-1	5	—	1	2	3	5	4
1-5	30	7	8	9	7	14	5
5-10	21	4	6	7	—	6	—
10-20	8	2	4	5	1	2	1
20-30	8	1	1	4	1	4	2
30-40	4	1	—	3	—	2	—
> 40	5	—	—	1	3	1	—

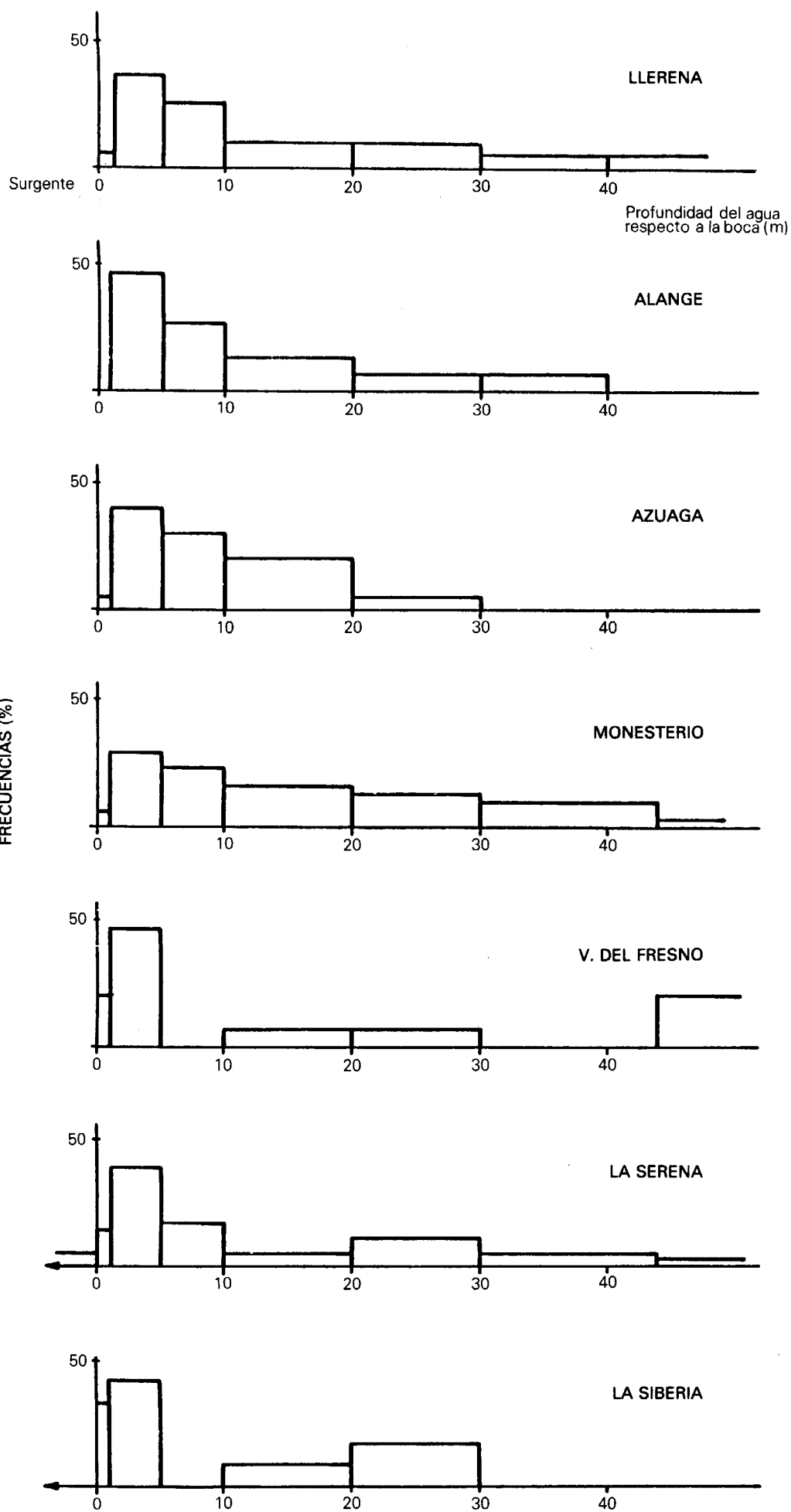


Figura 22 FRECUENCIAS DE LAS PROFUNDIDADES DE AGUA EN LOS SONDEOS PARA LAS DIFERENTES ZONAS DE LA PROVINCIA DE BADAJOZ

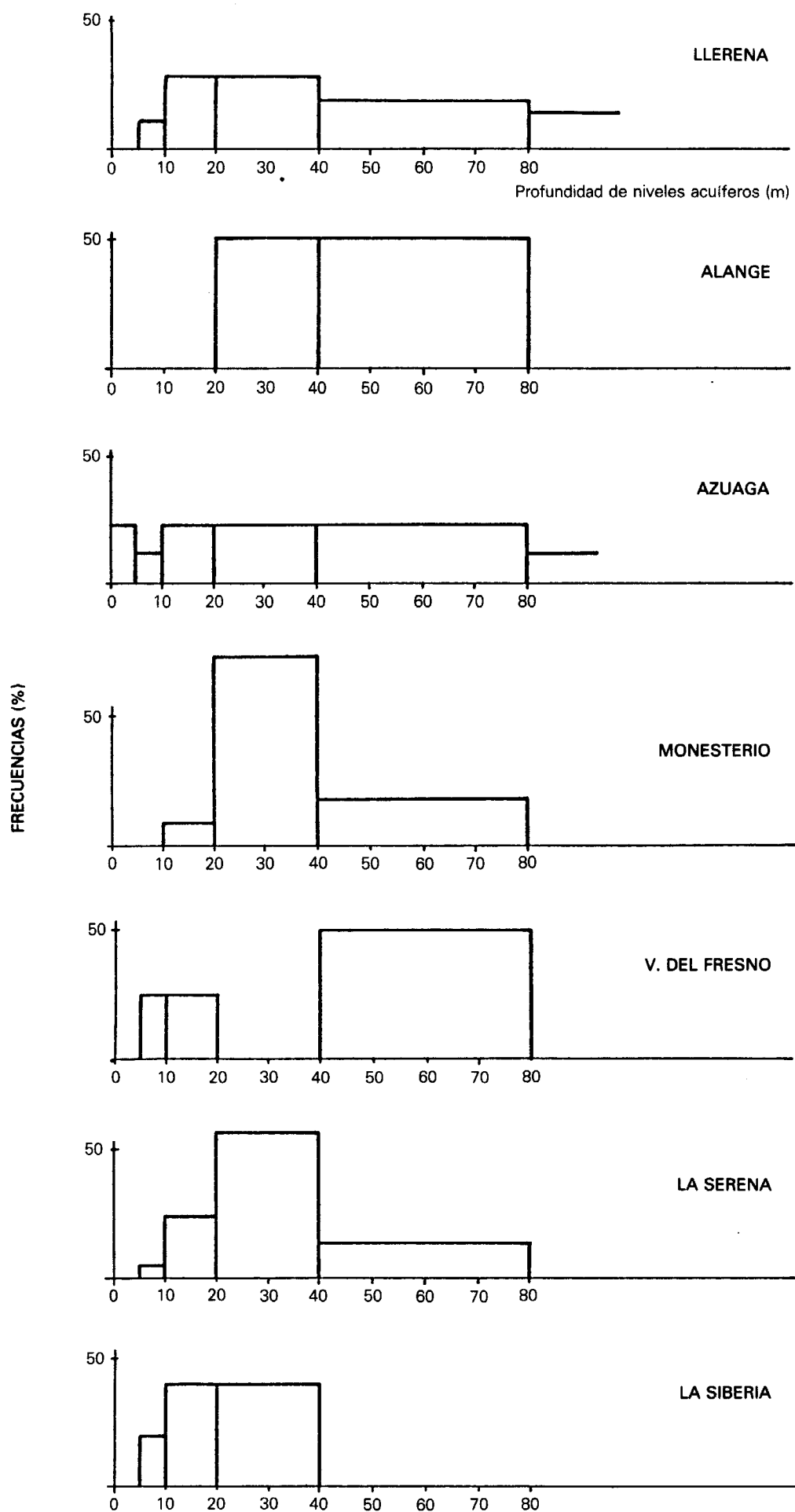
Con los valores reflejados en este cuadro se han dibujado los histogramas de frecuencia, para los ocho intervalos elegidos de profundidad de agua en los sondeos (fig. n.º 22). Se observa que la altura de agua más frecuente se encuentra entre 1 y 5 metros de la boca en la totalidad de las zonas diferenciadas. Comparando los diversos diagramas de frecuencias, se aprecia sutilmente una mayor profundidad del agua en las zonas de Villanueva del Fresno, Llerena y Monesterio, con respecto al resto de las demás zonas.

Con el fin de poder conocer de una forma más amplia el comportamiento de estos niveles acuíferos, en base a los datos registrados en el inventario efectuado, se ha agrupado, según seis intervalos de profundidad, la información obtenida sobre los niveles acuíferos atravesados durante la ejecución de los sondeos (cuadro n.º XXIV). En la zona de Llerena no se hizo diferenciación entre las calizas y pizarras, por encontrarse semejantes las profundidades de sus niveles acuíferos.

A la vista de estos datos, y con la ayuda de los diagramas de distribución de las profundidades de los niveles acuíferos, fig. n.º 23, se llega a la conclusión de que los niveles acuíferos más profundos se encuentran en las zonas de Llerena y Azuaga, mientras que los de menor profundidad corresponden a la zona de La Siberia. En principio, este fenómeno parece obedecer a un mayor desarrollo de la fracturación profunda en aquellas zonas.

CUADRO N.º XXIV
PROFUNDIDAD DE LOS NIVELES ACUIFEROS SEGUN LAS ZONAS DIFERENCIADAS

Niveles acuiferos (m)	N.º de sondeos						
	Llerena	Alange	Azuaga	Monesterio	Villanueva del Fresno	La Serena	La Siberia
0-5	—	—	2	—	—	—	—
5-10	2	—	1	—	1	1	1
10-20	6	—	2	1	1	5	2
20-40	6	1	2	8	—	12	2
40-80	4	1	2	2	2	3	—
> 80	3	—	1	—	1	—	—



7. CALIDAD QUÍMICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EXTREMADURA

La calidad química de las aguas subterráneas en Extremadura se ha estudiado a partir de una serie de análisis efectuados en muestras de agua tomadas en puntos acuíferos, distribuidos por toda la geografía extremeña.

Los aspectos cualitativos se exponen agrupando y comentando los resultados obtenidos en los análisis según el acuífero de procedencia de la muestra de agua. En este sentido se va a tratar la calidad química de las aguas subterráneas procedentes de las siguientes rocas o tipos de formaciones:

- Rocas graníticas prehercínicas, hercínicas y precámbricas.
- Complejo esquisto-grauváquico y pizarras del Precámbrico y Paleozoico.
- Cuarcitas ordovícico-silúrico-devónicas.
- Calizas cámbricas y devónicas.
- Materiales detríticos del Terciario y Cuaternario.

7.1. Rocas graníticas

Se ha partido de un total de 29 puntos muestreados en Cáceres y distribuidos 21 de ellos en la zona de Alcántara y los ocho restantes en Las Hurdes.

Se trata de aguas muy poco mineralizadas y de pH ácido, con conductividad eléctrica comprendida normalmente entre 50 y 960 $\mu\text{mhos/cm}$.

Los aniones predominantes de estas aguas son los bicarbonatos que oscilan entre 12,0 y 250 mg/l, junto con los cloruros que suelen variar entre 7,0 y 220,0 mg/l. Los sulfatos y nitratos se presentan en contenidos muy bajos, siendo los máximos, respectivamente, 0,70 y 12,5 mg/l. Sin embargo, los nitritos presentan en general contenidos anormalmente elevados, que oscilan entre 0,1 y 0,25 mg/l.

Entre los cationes predominan el sodio y el magnesio (0,2 a 1,8 mg/l).

De los componentes minoritarios una buena parte de las muestras analizadas presentan concentraciones, en hierro y manganeso que superan los límites tolerables la potabilidad de la Reglamentación Técnico Sanitaria para el Abastecimiento y Control de Calidad de las Aguas de Consumo Público. Asimismo, se han encontrado fenoles en algunas de las muestras analizadas superándose en cuatro, de las correspondientes a la zona de Alcántara, los límites tolerables de potabilidad según la normativa vigente ya mencionada.

7.2. Complejo esquisto-grauváquico

Se han analizado aguas procedentes de 20 puntos en la Penillanura Cacereño-Trujillana y 37 sondeos perforados en la provincia de Badajoz.

En base a estos análisis se ha observado una excelente calidad química en estas aguas para usos domésticos, excepto en ocasiones que presentan un mayor contenido en nitratos.

Se trata de aguas poco mineralizadas, cuyas conductividades eléctricas no suelen sobrepasar los 600 μ mhos/cm.

El contenido en sulfatos es bastante bajo, casi nulo en los análisis realizados en la provincia de Badajoz. Sin embargo, el contenido en cloruros resulta generalmente elevado para el tipo de material que se trata, llegándose a alcanzar máximos de 259 mg/l en la provincia de Cáceres y, en una muestra en la de Badajoz, (1133-1009-Abastecimiento Villalba de los Barros) hasta 384,82 mg/l, la cual supera el límite tolerable reglamentado.

Los bicarbonatos son generalmente los aniones predominantes, llegando a alcanzar un máximo de 455 mg/l.

Son los contenidos en nitratos los que en estos casos condicionan la potabilidad de las aguas, ya que en la provincia de Badajoz casi el 60 por 100 de los puntos muestreados superan el límite tolerable de potabilidad (50 mg/l) establecido, y de estos puntos el 82 por 100 constituyen el abastecimiento de algún núcleo urbano.

Los nitritos aunque suelen encontrarse en concentraciones bajas se han detectado algunos máximos de 0,15 mg/l en la provincia de Cáceres y de 0,23 y 0,29 mg/l en la de Badajoz.

El ión amonio no se detecta en la mayoría de las muestras y sólo en una (1134-4001-Abastecimiento regadío Hinojosa del Valle) de la provincia de Badajoz alcanza 0,9 mg/l, superando el límite tolerable (0,5 mg/l).

En cuanto a los cationes el sodio varía bastante, encontrándose entre los extremos 3,8 y 161 mg/l, estos últimos al parecer en relación con aportes externos procedentes de industrias cárnicas.

El calcio y el magnesio aparecen en concentraciones muy variables, siendo los máximos de 105 y 94 mg/l, respectivamente, superándose por tanto en algunas muestras de agua el límite tolerable del magnesio 50 mg/l).

En lo que se refiere a la dureza, existen aguas blandas en algunos sectores y duras en otros, variando en general entre 0,47 y 55,48°F.

Entre los elementos minoritarios se puede destacar el manganeso que en ocho muestras de la provincia de Badajoz supera el límite tolerable (0,05 mg/l); y el cinc, que en casi el 50 por 100 de las muestras supera el límite orientador de calidad (0,1 mg/l).

Mientras que en la mayoría de las muestras analizadas no se detectan fenoles, en tres de ellas que constituyen los abastecimientos de Villafranca de los Barros y Zarza de Alange se tienen, respectivamente, 2 g/l, 8,7 y 4,9 g/l.

Las facies químicas predominantes en estas aguas son las bicarbonatadas magnésico-cálcicas y cloruradas sódicas en la provincia de Badajoz, y las bicarbonatadas cloruradas sódico-magnésicas y sulfatadas cloruradas en la de Cáceres.

En general desde el punto de vista de potabilidad según la reglamentación existente, estas aguas se clasifican como «sanitariamente permisibles».

7.3. Cuarcitas

Las aguas procedentes de sondeos perforados en cuarcitas ordovícicas muestran una calidad química excelente, con conductividades eléctricas comprendidas entre 71 y 193 $\mu\text{mhos/cm}$ y durezas entre 3,44 y 3,88°F.

El ión nitrato nunca sobrepasa el límite tolerable (50 mg/l), variando entre 20,4 y 44 mg/l.

La mineralización de estas aguas es muy baja y las naturalezas químicas resultantes son: cloruradas sódica y bicarbonatada magnésica.

Según la Reglamentación Técnico Sanitaria para el Abastecimiento y Control de la Calidad de las Aguas Potables de Consumo Público, son aguas «sanitariamente potables».

7.4. Calizas

Se ha partido de los análisis de 14 muestras de agua procedentes de sondeos perforados en calizas, 13 del Cámbrico y 1 del Devónico.

Químicamente son aguas muy similares a las de las pizarras, bicarbonatadas magnésico-cálcicas; poco mineralizadas, con conductividades eléctricas que oscilan entre 195 y 870 $\mu\text{mhos/cm}$.

Los sulfatos presentan contenidos casi nulos, como en las pizarras, en la provincia de Badajoz, siendo la mayor concentración 0,8 mg/l.

Los cloruros no sobrepasan en ninguna de las muestras analizadas el límite tolerable, siendo el máximo contenido 59,64 mg/l.

El ión bicarbonato es el más abundante normalmente, oscilando entre 24,4 y 414,8 mg/l.

Los nitratos presentan contenidos altos y en el 50 por 100 de las muestras se sobrepasa el límite tolerable reglamentado (50 mg/l), y de éstas el 71,4 por 100 se utilizan para abastecimiento urbano.

En cuanto a los nitritos no se detectan en el 78,5 por 100 de los casos y en el resto la mayor concentración es de 0,15 mg/l.

El calcio y el magnesio no presentan contenidos altos y ninguno supera los 200 y 50 mg/l, que son respectivamente, los límites tolerables reglamentados.

La dureza de estas aguas es variable y oscila entre 2,95 y 38,3° F.

Se han detectado fenoles en cuatro muestras, y en tres de ellas se sobrepasa el valor de 1 $\mu\text{g/l}$ (límite tolerable), siendo una de ellas el abastecimiento de Santos de Maimona. Asimismo, sólo en una muestra (1033-7011-La Parra. Regadío) se ha detectado un contenido en manganeso que sobrepasa el límite tolerable.

Estas aguas se pueden clasificar, atendiendo a la reglamentación vigente y en base a los análisis disponibles, como «potables» en el 28,5 por 100 y como «sanitariamente permisibles» en el resto.

7.5. Materiales detríticos terciarios y cuaternarios

En este grupo se diferencian tres unidades hidrogeológicas diferentes, las cuales son:

- Sistema acuífero n.º 16 (Terciario detrítico del Alagón).
- Sistema acuífero n.º 14 (parte occidental de la subunidad Cáceres).
- Sistema acuífero n.º 21 (Terciario detrítico y Cuaternario del Guadiana de Badajoz).

7.5.1. *Sistema acuífero n.º 16*

Se han muestreado seis puntos de agua, los cuales se han analizado en dos campañas: noviembre de 1984 y mayo 1985.

Estas aguas subterráneas presentan una dureza media de 190 ppm de CO_3Ca , predominando las aguas blandas sobre las de dureza media.

La conductividad eléctrica varía entre 157 y 1.105 $\mu\text{mhos/cm}$, siendo más abundantes las aguas con mineralización ligera seguidas de las de mineralización notable y a continuación, y en tercer lugar, las de mineralización muy débil.

En cuanto a la naturaleza química son aguas bicarbonatadas cálcicas con tendencia a los cloruros y al magnesio y sodio.

El 50 por 100 de los puntos muestreados superan los 50 ppm de nitratos. Por otra parte, los contenidos en nitritos son bajos, no llegándose a superar los 0,02 mg/l; y el ión amonio tampoco supera en ningún caso los 0,05 mg/l.

Desde el punto de vista de la potabilidad, en general no presentan problemas, a excepción de los casos en que las concentraciones de nitratos puedan constituir ciertas limitaciones.

7.5.2. *Sistema acuífero n.º 14*

Se han muestreado dentro de la provincia de Cáceres ocho puntos de agua, los cuales se han analizado en dos campañas: noviembre de 1984 y mayo de 1985.

Se trata de aguas blandas, con valores de dureza generalmente inferiores a 12°F, y conductividad eléctrica media inferior a 500 $\mu\text{mhos/cm}$.

La naturaleza química de estas aguas es de tipo bicarbonatada cálcica o sódica y concentraciones iónicas en general por debajo de los límites establecidos por la Reglamentación Técnico Sanitaria, excepción hecha de algunos casos puntuales y esporádicos (aluvial del Tiétar o sector nororiental de la unidad) en que se detectan aguas cuyas concentraciones en nitratos, nitritos o cloruros sobrepasan ligeramente dichos límites.

7.5.3. *Sistema acuífero n.º 21*

Por lo que respecta a las aguas procedentes de las formaciones terciarias la calidad química es muy similar en parte a la de los otros acuíferos terciarios ubicados en la provincia de Cáceres, es decir, se trata de aguas de tipo bicarbonatadas cálcicas principalmente, a excepción de aquellas que por guardar una estrecha relación con los niveles de costras calcáreas incluidos en el Terciario, ven degradada ampliamente su calidad, con un aumento muy notable de su mineralización, hasta tal punto de llegar a ser claramente impotables.

El problema de calidad más patente, aparte del aludido, se centra en los elevados contenidos en nitratos, nitritos y amonio, así como el aumento de la conductividad eléctrica, que tiene lugar en las aguas subterráneas albergadas en los niveles acuíferos del Cuaternario del Guadiana entre Medellín y Badajoz. Por este motivo se ha realizado recientemente un estudio de contaminación por nitratos de dicho acuífero, analizándose para ello 155 muestras de agua procedentes del mismo.

A partir de este estudio se ha podido observar que los límites tolerables de nitratos, nitritos y amonio, son superados, respectivamente, por 69, 12 y 15 puntos de agua. Por consiguiente, destacan ampliamente los puntos con contaminación importante de nitratos; mientras que los nitritos y el amonio no presentan excesivos problemas.

Desde el punto de vista de la potabilidad de estas aguas, resulta que el 52 por 100 de las muestras analizadas son «potables» y el 48 por 100 sanitariamente permisibles».

Las causas fundamentales de este tipo de contaminación se han deducido a partir del mencionado estudio, y las de mayor incidencia es el uso continuado de fertilizantes nitrogenados que, aunque no dan lugar a contaminaciones de tipo local, sí aportan un aumento en las concentraciones de nitratos con carácter regional. Del mismo modo se ha observado una estrecha coincidencia entre zonas claramente contaminadas y ubicaciones de explotaciones ganaderas intensivas.

8. LAS AGUA MINERO-MEDICIONALES, MINERO-INDUSTRIALES Y DE BEBIDA ENVASADAS EN EXTREMADURA

8.1. Definición y clasificación

Aguas minero-medicinales son consideradas aquellas aguas de origen natural con propiedades terapéuticas conocidas. Estas propiedades dimanar de la composición química específica del agua, de sus características físicas e incluso de las microbiológicas.

Las aguas minero-industriales son las que tienen en disolución o en suspensión sustancias susceptibles de permitir un aprovechamiento industrial o mineralúrgico.

Por último, la Reglamentación Técnico Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de las aguas de bebida envasadas (R. D. 2.119/1981 de 24 de julio de 1981) define las aguas de bebidas envasadas y las clasifica en minero-medicinales, minerales naturales, de manantial, potables preparadas y de consumo público.

Es difícil establecer límites precisos entre estos tres tipos principales de aguas ya que de hecho, existen manantiales de aguas minero-medicinales declaradas de utilidad pública que, por la industria mineralúrgica que soportan, podrían ser clasificadas como minero-industriales y que a su vez son envasadas.

En cuanto a la clasificación, ya se ha indicado la prevista para las aguas de bebida envasadas y las minero-industriales pueden ser clasificadas en función de la sustancia beneficiada. Mayor dificultad ofrece establecer una clasificación general de las aguas minero-medicinales. Se conocen intentos de llevarla a cabo desde la antigüedad pudiéndose citar nombres como Plinio, Vitrubio, Baulin, Duchanoy, Boutillon-Lagrange, Chevreul, Brongiart, Walferdim, etc. En España han sido utilizadas las clasificaciones dadas por Rubio y la de Auban y Bonell, ahora en desuso.

Esta clasificación se puede abordar desde distintos puntos de vista: según el origen del agua, según las características físicas, según las características químicas o por las aplicaciones terapéuticas a que se destinan.

En función del origen se pueden dividir en aguas de infiltración o superficiales y aguas primitivas o profundas, sin entrar en otras consideraciones ya que establecer el origen preciso de un determinado tipo de aguas no es un asunto trivial.

Según la temperatura de emergencia se consideran dos grupos, las frías con menos de 20°C y las termales, divididas en tres rangos de temperaturas: hipotermas con temperaturas entre 20 y 30°C, mesotermas entre 30 y 40°C e hipotermas cuando surgen a más de 40° C. Es importante señalar que la Ley

de Minas de 1973 considera aguas termales aquellas que surgen con una temperatura superior en cuatro grados centígrados a la media anual del lugar donde alumbran.

Otro parámetro usado para clasificar estas aguas es la presión osmótica en milimoles por litro. De acuerdo con esto aparecen tres tipos de aguas: hipotónicas, con menos de 325 milimoles por litro, isotónicas con 325 milimoles por litro e hipertónicas cuando tienen una concentración superior.

El grado de mineralización puede usarse también para establecer una clasificación de forma que cuando el residuo seco obtenido a 180°C es mayor que 1 gr/l son aguas minerales, si tienen menos de 1 gr/l son oligometálicas pudiéndose subdividir en aguas de mineralización débil con menos de 0,2 gr/l y de mineralización mediana entre 0,2 y 1 gr/l.

Pero las clasificaciones más usadas han sido las establecidas en base a los componentes químicos ya que pueden permitir una aproximación al origen de las mismas y a su vez indicar las aplicaciones terapéuticas que pudieran tener.

Los cuadros n.º XXV y XXVI, exponen respectivamente la clasificación más usual de las aguas mine-ro-medicinales y la tabla de legislación española sobre la materia.

CUADRO N.º XXV
CLASIFICACION DE LAS AGUAS MINERO-MEDICINALES

Designación		
Bicarbonatadas	Sódicas	>1 g/l de CO_3H^-
	Cálcicas	
	Magnésicas	
	Mixtas	
Cloruradas	Sódicas	>1 g/l de Cl^-
	Sódico-Magnésicas (cálcicas)	
	Magnésicas (cálcicas)	
Sulfhídricas	Sódicas	>0,001 g/l de SH^-
	Cálcicas	
Sulfatadas	Cálcicas	>1 g/l de $\text{SO}_4 =$
	Magnésicas	
	Mixtas	
Ferruginosas		>0,01 g/l Sales de Fe
Oligometálicas		<1 g/l Residuo Seco
Nitrogenadas		N_2 libre
Carbónicas		CO_2 libre
Radiactivas		$\geq 0,005$ u Ci/l

CUADRO N.º XXVI
LEGISLACION ESPAÑOLA SOBRE AGUAS MINERO-MEDICIONALES, MINERO-INDUSTRIALES Y DE BEBIDA ENVASADAS

AÑO	NORMATIVA
1866.....	1.ª Ley de Aguas
1879.....	2.ª Ley de Aguas
1921.....	Regulación de la introducción y venta en España de aguas minero-medicinales extranjeras
1928.....	Estatuto sobre explotación de aguas minero-medicinales
1934.....	Catalogación y aprovechamiento de manantiales y aguas subterráneas
1944.....	1.ª Ley de Minas
1967.....	Código Alimentario Español
1972.....	Regulación de aguas de bebida envasadas
1973.....	2.ª Ley de Minas
1974.....	Entrada en vigor, aplicación y desarrollo del Código Alimentario Español
1975.....	Regulación de las especificaciones microbiológicas a las que han de ajustarse las aguas minero-medicinales envasadas
1975.....	Competencias de la Dirección General de Sanidad en materia alimentaria
1978.....	Reglamento General par el Régimen de la Minería
1981.....	Reglamentación Técnico Sanitaria para la elaboración, circulación y conservación de aguas de bebida envasadas
1985.....	3.ª Ley de Aguas

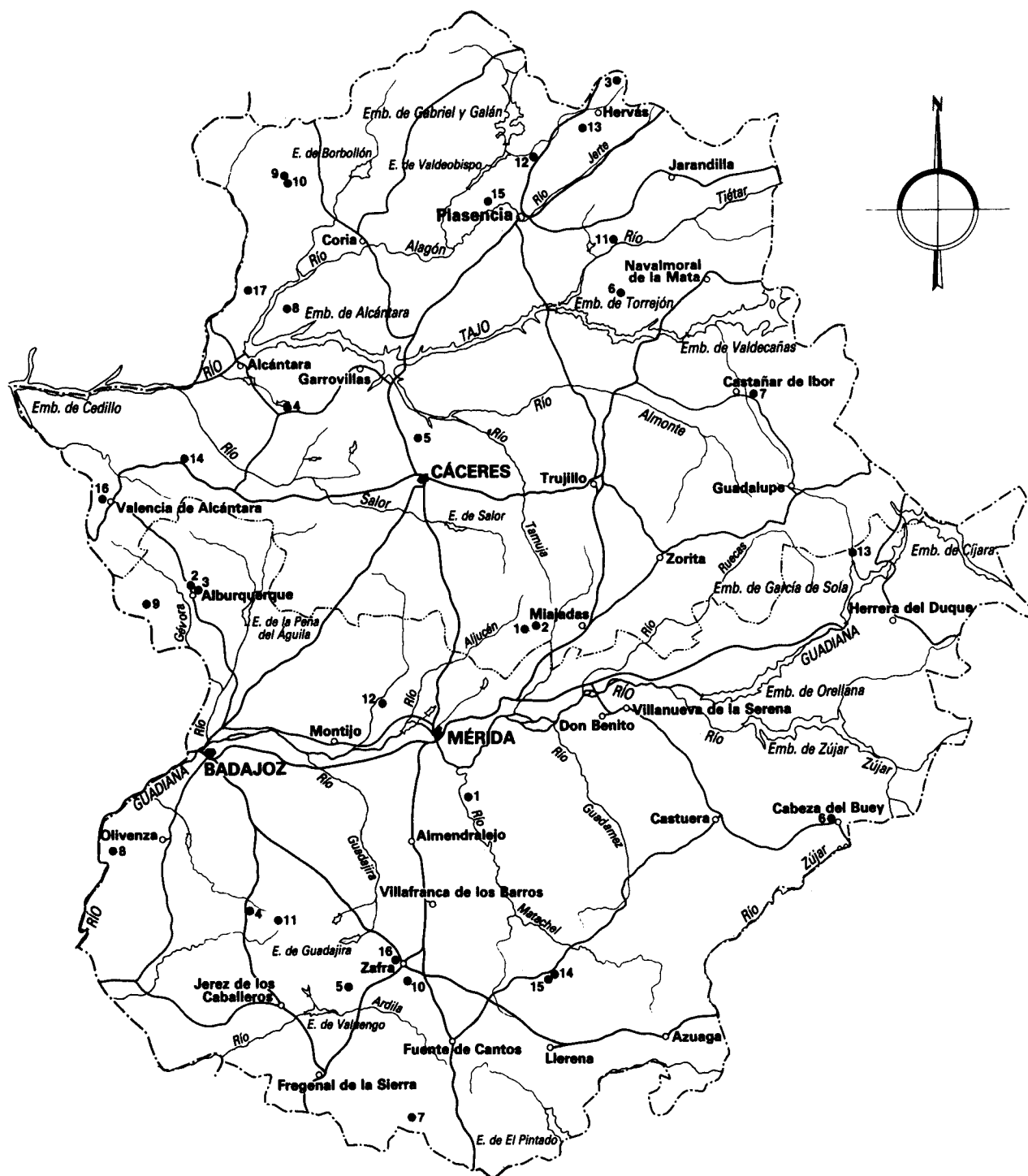
8.2. Inventario

Se refleja a continuación, y de forma pormenorizada, las manifestaciones inventariadas, en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Extremadura, de aguas minero-medicinales, minero-industriales y de bebida envasadas.

De la simple observación de dicho inventario, puede observarse la escasa utilización del recurso, únicamente son cinco de 33 manifestaciones, las que se encuentran en uso.

Toda la información al respecto, se encuentra detallada en los cuadros y su situación reflejada en el correspondiente mapa.

AGUAS MINERO-MEDICINALES, MINERO-INDUSTRIALES Y/O DE BEBIDA ENVASADAS DE LA COMUNIDAD AUTONOMA DE EXTREMADURA



**INVENTARIO NACIONAL DE PUNTOS DE AGUAS MINERO-MEDICINALES, MINERO-INDUSTRIALES
Y DE BEBIDA ENVASADAS COMUNIDAD AUTONOMA DE EXTREMADURA**

PROVINCIA DE CACERES

N.º	Término municipal	Nombre	Características químicas	Naturaliza	Uso	Estado
1	Almoharín	Fuente del Carrasco	Ferruginosas	Manantial	Tópico	Abandonado
2	Almoharín	La Parrilla	Bicarbonatadas, alcalinas, arsenicales, ferruginosas	Manantial	Bebida/Tópico	Abandonado
3	Baños de Montemayor	Montemayor	Sulfhídricas, bicarbonatadas, lítico-sódico-cálcicas, silícico aluminicas	Manantial	Tópico	En uso
4	Brozas	San Gregorio de Brozas	Cloruradas sódicas, sulfhídricas y sulfatadas	Manantial	Tópico	En uso
5	Casar de Cáceres	Casar de Cáceres	Ferruginosas	Manantial	—	—
6	Casatejada	Casatejada	Bicarbonatadas cálcicas	Manantial	—	—
7	Castañar de Ibor	Castañar de Ibor	Ferruginosas sulfatadas	Manantial	—	—
8	Ceclavín	Ceclavín	Sulfhídricas	Manantial	Tópico	—
9	Cilleros	Hedógena	Sulfhídricas	Manantial	—	—
10	Cilleros	Herrumbrosa	Ferruginosas	Manantial	—	—
11	Collado de la Vera	Charco Salado	Cloruradas sódico-cálcicas	Manantial	Tópico	Abandonado
12	La Granja	La Granja	Ferruginosas	Manantial	—	—
13	Hervás	El Salobral	Bicarbonatadas sódicas, cloruradas	Manantial	Bebida/Tópico	—
14	Membrío	Membrío	Ferruginosas	Pozo	—	—
15	Plasencia	Valdelanas	Bicarbonatadas cálcicas	Manantial	Tópico	—
16	Valencia de Alcántara	Fuente del Padre Mateo	Ferruginosas	Manantial	—	—
17	Zarza la Mayor	El Cañito	Ferruginosas, sulfhídricas	Manantial	Bebida/Tópico	En uso

**INVENTARIO NACIONAL DE PUNTOS DE AGUAS MINERO-MEDICINALES, MINERO-INDUSTRIALES
Y DE BEBIDA ENVASADAS COMUNIDAD AUTONOMA DE EXTREMADURA**

PROVINCIA DE BADAJOZ

N.º	Término municipal	Nombre	Características químicas	Naturaleza	Uso	Estado
1	Alange	Alange	Cálcicas, oligometálicas	Manantial	Tópico	En uso
2	Alburquerque	Calderón	Sulfatadas	Manantial	—	—
3	Alburquerque	Uguela	Ferruginosas	Manantial	—	—
4	Barcarrota	Barcarrota	Ferruginosas	Manantial	—	—
5	Burguillos	Burguillos	Ferruginosas	Manantial	—	—
6	Cabeza del Buey	Cabeza del Buey	Bicarbonatadas, ferruginosas	Manantial	—	—
7	Cabeza la Vaca	Fuente del Pilar	Ferruginosas	Manantial	—	—
8	Cheles	Cheles	Sulfhídricas	Manantial	—	—
9	Codosera (La)	Codosera	Ferruginosas	Manantial	—	—
10	Puebla de Sancho Pérez	El Raposo	Bicarbonatadas cálcicas-magnésicas	Manantial	Bebida/Tópico	En uso
11	Salvaleón	La Herrería	Ferruginosas, bicarbonatadas	Manantial	Tópico	—
12	Salvatierra de los Barros	Salvatierra de los Barros	Ferruginosas, bicarbonatadas	Manantial	—	—
13	Valdecaballeros	Valdecaballeros	Sulfatadas	Manantial	—	—
14	Valencia de las Torres	Cuadrado	Sulfatadas	Manantial	—	—
15	Valencia de las Torres	La Muda	Ferruginosas	Manantial	—	—
16	Zafra	Fuente de la Blanca	—	Manantial	—	—

9. LA PROSPECCIÓN DE AGUAS SUBTERRANEAS EN EXTREMADURA

Como puede observarse en el Mapa Hidrogeológico de la Comunidad Extremeña, existe un predominio claro de materiales aflorantes de baja permeabilidad frente a formaciones acuíferas propiamente dichas, quedando éstas reducidas a los Terciarios y Cuaternarios de las cuencas del Tajo y Guadiana, a los niveles de cuarcitas y a los de calizas del Paleozoico.

Dado que las formaciones poco permeables ocupan grandes extensiones de la superficie extremeña, este capítulo va dirigido exclusivamente a las particularidades que presenta la investigación hidrogeológica en este tipo de rocas, como pueden ser las plutónicas y metamórficas, con vistas a la captación de aguas subterráneas.

La realización de estudios hidrogeológicos en este tipo de formaciones resulta cada vez más necesario por la multitud de abastecimientos urbanos a los que se pueden aplicar y, a la vez, también porque no es nada fácil ubicar en estos materiales una nueva captación con elevada garantía de éxito. Por todo ello, la metodología a seguir se plantea de forma muy peculiar como se expone a continuación y dividida en una serie de capítulos, que serían los siguientes:

1. Introducción
2. Marco geográfico y económico
3. Demanda y consumos de agua
4. Climatología e Hidrología
5. Estudio geológico
6. Inventario de puntos acuíferos
7. Análisis del inventario
8. Estudio morfológico
9. Estudio tectónico
10. Delimitación de áreas más favorables
11. Estudio geofísico
12. Criterios para la implantación de obras de captación.

En los dos primeros capítulos se efectuará una recopilación de datos existentes que permitirá dar una visión general del problema y las características peculiares de la zona en cuanto a población, geografía y actividades agrícolas e industriales.

En el tercer capítulo se evaluarán las demandas y consumos actuales y previstos para el futuro, ya sean de tipo urbano, agrícola, industrial o ganadero.

A continuación se reflejarán las condiciones meteorológicas medias, en cuanto a temperaturas mensuales medias y a precipitaciones mensuales medias y anual media; para lo cual se partirá de datos pre-

feriblemente no inferiores a veinticinco años. Asimismo en lo que se refiere a hidrología se deberá evaluar, mediante aforos directos realizados durante un año hidrológico, el comportamiento de los ríos y arroyos que recorren el área de estudio.

En el estudio geológico se hará un especial énfasis en la localización de discontinuidades petrográficas o tectónicas y de zonas con importantes espesores de roca alterada, que resulten de interés desde el punto de vista hidrogeológico.

Seguidamente se realizará un inventario de puntos de agua donde, además de su situación en los planos hidrogeológicos correspondientes se recopilarán, en una serie de fichas, todos los datos y características principales.

En el capítulo siguiente se realizará un estudio estadístico correlacionando, entre otros parámetros, las litologías con los caudales de los puntos de agua inventariados, también las profundidades con los caudales, con el fin de establecer las profundidades límite, según cada tipo litológico, por debajo de la cual las posibilidades de incremento de caudal son insignificantes. Otro análisis estadístico podría referirse, dentro de cada sector, a la profundidad de los niveles de agua y en algunos casos establecer direcciones preferenciales de flujo subterráneo.

Un capítulo muy importante va a ser el estudio morfológico de la zona, que permitirá distinguir entre áreas claramente desfavorables, que serían rechazadas de entrada, y otras áreas favorables en principio donde se intensificará más la investigación posterior. También, dentro del estudio morfológico, se realizará un análisis exhaustivo de la red de drenaje al encontrarse ésta estrechamente relacionada con los factores de fracturación y de alteración superficial.

El estudio tectónico se realizará a escala regional en principio, aunque éste deberá intensificarse a escala local una vez definida las áreas «a priori» más favorables desde el punto de vista geológico, morfológico y del inventario de puntos acuíferos. Para ello se podrá partir bien de imágenes de satélites o líneas aeromagnéticas y posteriormente de la fotointerpretación tradicional, o bien de sólo este último método, al ser los primeros de un elevado coste económico. La fotointerpretación tradicional permitirá realizar una cartografía rápida y precisa de los principales juegos de fracturas existentes en la zona, así como un estudio local de las áreas en principio más favorables, que servirá de base al reconocimiento in situ de las mismas.

Una vez concluidas todas las etapas anteriores y donde concurren las características más idóneas de los diferentes factores analizados, se estará en condiciones de realizar una delimitación de áreas más favorables. En cada una de las áreas seleccionadas se estudiarán las características físicas y químicas de las aguas subterráneas, controlando los niveles piezométricos periódicamente y la calidad del agua mediante análisis químicos y físicos de las muestras recogidas, donde se podrán evaluar los tipos de facies químicas que presentan y, en caso de que exista, algún tipo de contaminación, también habrá que llegar a conocer el foco o focos que lo producen.

Del mismo modo en estas áreas favorables, y con el fin de definir los puntos de las futuras captaciones, se completarán los trabajos anteriores con un estudio geofísico en cada una de ellas, siendo los métodos de prospección más normales los eléctricos (S.E.V. y calicatas eléctricas).

Finalmente se llega, a la vista de los resultados obtenidos a lo largo de las distintas investigaciones, a elegir el tipo y lugar de la futura obra de captación, así como el acondicionamiento y acabado de la misma.

Durante los trabajos de perforación que se realicen será necesario llevar un control y supervisión de la obra por parte del personal titulado y cualificado, y una vez concluida se deberán efectuar las operaciones de desarrollo y limpieza que se crean oportunas. Finalmente se realizará un bombeo de ensayo de veinticuatro o cuarenta y ocho horas de duración, el cual permitirá conocer las características específicas del acuífero, su calidad química, el caudal de explotación y la profundidad de la aspiración del grupo elevador para el referido caudal.

10. LOS BOMBEO DE ENSAYO A «CAUDAL CRÍTICO»

Este tipo de ensayo deberá utilizarse en Extremadura en la mayoría de las ocasiones en las que los sondeos de explotación de aguas subterráneas se encuentren ubicados en formaciones de baja permeabilidad constituidas por rocas plutónicas, volcánicas y metamórficas en general.

Las captaciones, en estos casos, aprovechan las aguas subterráneas albergadas por lo general en los primeros metros, los cuales se corresponden con las zonas de alteración superficial, de microfisuración de dichas rocas, situándose bajo esta capa superficial más permeable, la roca en estado sano que se comporta como un acuífugo y forma la base impermeable.

Este método de aforo a caudal crítico, está muy indicado en este tipo de acuífero, y se basa en controlar los caudales de agua a lo largo del tiempo mientras que el nivel dinámico en el pozo permanece constante a nivel de la aspiración de la bomba.

El caso más usual, que se va a dar en la práctica en este tipo de formaciones, es aquel en el que el pozo atraviesa los primeros metros en la zona acuífera y a continuación penetra en la roca en estado sano de carácter impermeable; de tal forma que el acuífero quedaría colgado a partir de un determinado nivel dentro del pozo, situándose la bomba en la parte más profunda por debajo de dicho nivel.

La forma de llevar a cabo este ensayo en el pozo sería la siguiente:

Durante los primeros minutos hay que bombear el caudal máximo que sea posible para que el nivel dinámico llegue lo más rápidamente posible a la rejilla de las aspiración de la bomba.

Una vez conseguido esto, la depresión del nivel permanecerá constante durante todo el ensayo, a lo largo del cual se irán tomando periódicamente medidas del caudal extraído, que lógicamente irá progresivamente disminuyendo. En esta etapa se van llevando las medidas de caudal inverso, a la escala métrica de un gráfico semilogarítmico y los tiempos a la escala logarítmica. Así, con las sucesivas medidas de caudal y tiempo, se ajusta una recta y se mide el valor de $\Delta(1/Q)$ de un ciclo logarítmico, de tal forma que la pendiente (m) de dicha recta quedaría:

$$m = \Delta(1/Q) = \frac{0,183}{d \cdot T}$$

en donde la transmisividad del acuífero (T) se calculará de la siguiente forma:

$$T = \frac{0,183}{d \cdot \Delta(1/Q)}$$

El valor de d será el que corresponda al muro del acuífero, en el caso que la bomba esté por debajo del mismo o bien el de la profundidad de la aspiración si ésta se encuentra por encima del muro del acuífero. En el primer caso suele apreciarse la caída del agua desde el muro del acuífero hasta el fondo del pozo en la recuperación, y en estos casos d es significativa para conocer, si no se dispone de corte geológico del pozo, la situación de la parte más profunda o muro del acuífero real.

Este método aunque a veces es un aceptable auxilio, en otras ocasiones no aporta resultados satisfactorios en la interpretación del ensayo.

11. ASPECTOS GEOTERMICOS EN EXTREMADURA

Se citan en este apartado y de forma muy sucinta los resultados de la investigación geotérmica realizada, por el Instituto Geológico y Minero de España, en Extremadura.

1.º Los indicios termales de Extremadura son poco numerosos y en general dispersos.

En Cáceres, aparte de algunos manantiales hipotermiales (20°C) ligados a fallas no muy profundas, las manifestaciones más importantes, en cuanto a temperatura se refiere, son Baños de Montemayor (42°C), relacionado con una profunda y larga falla, alimentada por el río Ambroz y las termas «Huerta de las Cañas» con dos surgencias de 30 y 24,5°C. No obstante, existen otras fallas aún de mayor longitud, como la del río Araya con salto horizontal de hasta 3 km., sin indicios termales.

En Badajoz, la única manifestación digna de destacarse es el manantial de Baños de Alange con 26°C y un caudal aproximado de 5 l/seg., en el contacto de falla entre pizarras ordovícicas y cuarcitas devónicas más o menos cuarteadas.

2.º Extremadura presenta un interés moderado en sus posibilidades geotérmicas limitadas a puntos o zonas de falla, siendo de esperar temperaturas de almacén del orden de los 50-60°C a profundidades inferiores a los 700 m., y caudales en general pequeños.

A la vista de ello, se puede concluir que los recursos geotérmicos en Extremadura se limitan exclusivamente al campo de la baja entalpía, y consiguientemente, la continuidad de las investigaciones y la posterior evaluación de recursos solamente estaría justificado, desde un punto de vista técnico-económico, en el supuesto de que los estudios previos de demanda energética pusieran de manifiesto un significativo potencial de utilización para usos directos (agricultura y calefacción).

BIBLIOGRAFIA

- ARIJA RIVARES, E.: *Geografía de España*. 1984 (Espasa-Calpe).
- D.G.O.H.: *Anuarios de Aforos*. Cuencas Tajo y Guadiana.
- *Mapa de Embalses* (1/1.000.000). 1984.
- IGME.: *Investigación de las manifestaciones termales de Extremadura-Aragón y Rioja*. 1981-82.
- *Ensayos de bombeo en Extremadura*. 1982.
- *Investigación Hidrogeológica cuenca del Tajo*. 1983.
- *Estudio Hidrogeológico en Ahillones (Badajoz)*. 1984.
- *Estudio Hidrogeológico en Berlanga (Badajoz)*. 1984.
- *Estudio Hidrogeológico en Jerez de los Caballeros (Badajoz)*. 1984.
- *Estudio Hidrogeológico en Alange (Badajoz)*. 1984.
- *Estudio Hidrogeológico en Valverde Llerena (Badajoz)*. 1984.
- *Estudio Hidrogeológico en Oliva de la Frontera (Badajoz)*. 1984.
- *Estudio Hidrogeológico en Zarza de Alange (Badajoz)*. 1984.
- *Estudio Hidrogeológico en Conquista (Badajoz)*. 1985.
- *Estudio Hidrogeológico en Fuente de Cantos (Badajoz)*. 1985.
- *Estudio Hidrogeológico en Malcocinado (Badajoz)*. 1985.
- *Estudio Hidrogeológico en Gargaligas (Badajoz)*. 1985.
- *Estudio Hidrogeológico en Valdehornillos (Badajoz)*. 1985.
- *Estudio Hidrogeológico en Zurbarán (Badajoz)*. 1985.
- *Estudio Hidrogeológico en Zarza de Montánchez (Badajoz)*. 1986.
- *Estudio Hidrogeológico en Sancti-Spiritus (Badajoz)*. 1986.
- *Estudio Hidrogeológico en Salvatierra de los Barros (Badajoz)*. 1986.
- *Estudio Hidrogeológico en Hervas (Cáceres)*. 1986.
- *Estudio Hidrogeológico en Ibahernando (Cáceres)*. 1986.
- *Estudio Hidrogeológico en Jaraicejo (Cáceres)*. 1986.
- *Estudio Hidrogeológico en Peraleda de San Román (Cáceres)*. 1986.
- *Estudio Hidrogeológico en la zona Tajo-Salor*. 1985-86.
- *Estudio de la contaminación por nitratos en el cuaternario del Guadiana, entre Medellín y Badajoz*. 1985-86.
- *Las aguas minero-medicinales, minero-industriales y de bebidas envasadas existentes en España*. 1986.
- *Mapa geológico-minero de Extremadura*. 1986-87.
- *Inventario de puntos acuíferos*.
- *Estudios Hidrogeológicos diversos*.
- I.N.M.: *Boletines Meteorológicos*.
- SOLE SABARIS, L et al.: *Geografía Física: Península Ibérica (Geografía Universal)*. Montaner y Simon, S. A. 1954.