

## EL AGUA EN LA MESETA MERIDIONAL DE LA PENINSULA IBÉRICA

I. DE BUSTAMANTE\*, C. GOMEZ\*\* y P. MUÑOZ\*\*\*

### RESUMEN

En este trabajo se resumen las principales características del borde oeste de la Meseta Meridional de la Península Ibérica, desde el punto de vista hidrológico, hidrogeológico e hidroquímico. Así, se realiza una síntesis geológica y climatológica de la zona, como base al establecimiento de los recursos hidráulicos en la región. Por otra parte, se cifra la demanda de agua en la zona, tanto para abastecimiento como para agricultura, y por último, se establecen aquellos aspectos de calidad de las aguas superficiales y subterráneas más relevantes.

### PALABRAS CLAVE

Geología. Climatología. Hidrología. Hidrogeología. Hidroquímica. Contaminación.

### ABSTRACT

*The main hydrological, hydrogeological and hydrochemical characteristics of the "Meseta Meridional" (Spain) are summarized in this paper. A geological and climatic synthesis is done as a basis for establishing the hydraulic resources of the region. Likewise, the water demand in the area, both for urban and industry supplies and agriculture, is estimated. Lastly, the most outstanding aspects on quality of surface and underground waters are determined.*

### KEY WORDS

*Geology. Climatology. Hydrology. Hydrogeology. Hydrochemistry. Pollution.*

---

\*Departamento de Geología. Universidad de Alcalá.

\*\*Departamento de Química Agrícola, Geología y Geoquímica. Univ. Autónoma de Madrid.

\*\*\*Dirección General de Medio Ambiente. Junta de Extremadura.

## INTRODUCCION

Extremadura se sitúa en el borde Oeste de la Meseta Meridional de la Península, estando definidos sus límites naturales por las sierras de Gata y Gredos al Norte, la Sierra Morena al Sur y el río Guadiana al Oeste. Los límites administrativos están constituidos por las provincias de Salamanca y Avila al Norte, las de Toledo y Ciudad Real al Este, las de Huelva, Sevilla y Córdoba al Sur y Portugal al Oeste.

Las zonas más altas y húmedas se sitúan en el Norte con elevaciones que alcanzan los 2.390 m. Esta zona conecta, a través de las llanuras de la cuenca del río Tajo, con la prolongación extremeña de los Montes de Toledo (Sierras de Guadalupe y de las Villuercas), que en el Oeste quedan reducidos a un relieve residual en la Sierra de San Pedro. Al Sur de esta divisoria, se sitúan las amplias y llanas vegas del Guadiana que, junto a la Tierra de Barros, conectan en el límite Sur de Badajoz con las estribaciones de Sierra Moréna.

Estas grandes zonaciones del relieve a su vez están divididas en extensas comarcas naturales que, junto a otras menores, completan la morfología de la región extremeña.

Actualmente, la región extremeña forma la Comunidad Autónoma de Extremadura, con capital en Mérida, en tiempos romanos Emerita Augusta, colonia fundada por Augusto para recompensar a los veteranos de la Legión Emérita. Fue la capital de la Lusitania Romana, siendo una de las ciudades de mayor importancia y población de la Península Ibérica durante la dominación romana [TERAN, 1.985].

La economía de la región se centra en la explotación de la tierra, tanto en las dehesas que soportan una importante cabaña porcina, como en las áreas cerealistas de la Tierra de Barros y en las vertientes pizarrosas que, cubiertas de sustrato herbáceo y jarales, permiten un gran aprovechamiento de los pastizales para la cría de ganado ovino y reses bravas. Capítulo aparte merecen los regadíos que, desde 1.952, han sido pieza clave en el desarrollo de la región, con la puesta en marcha del Plan Badajoz y la regulación del Guadiana.

Como base industrial destaca la de transformación y derivados agrarios, la industria cárnica y la producción de energía eléctrica. Todo ello en una región en la que la industrialización se ha introducido sensiblemente más tarde que en el resto de la nación.

## MARCO GEOLOGICO REGIONAL

La región extremeña, geológicamente, se sitúa en el Suroeste del Macizo Hespérico.

A grandes rasgos, los materiales que afloran en la región se pueden agrupar en cuatro grandes conjuntos:

- 1.- Materiales cristalinos, fundamentalmente rocas graníticas que forman grandes macizos y rocas granitoides, como aplitas, dioritas, pórfidos, etc.
- 2.- Materiales precámbricos y paleozoicos, generalmente metasedimentos, que son distintos en la zona Centroibérica y en la zona de Ossa-Morena. Los materiales que forman parte meridional de la zona Centroibérica se caracterizan por un menor grado de metamorfismo, frente a los materiales que afloran en la zona de Ossa-Morena.
- 3.- Materiales terciarios de facies continentales detríticas (arcillas, arcosas y conglomerados), que se localizan generalmente en cubetas o cuencas de origen tectónico, como son la del Guadiana y la del Tajo.
- 4.- Depósitos pliocuaternarios (sobre todo de tipo raña), al borde de los relieves cuarcíticos y materiales cuaternarios formados por depósitos fluviales (terrazas y aluviales de ríos) y depósitos coluviales.

La Figura 1, es una síntesis de la cartografía existente, realizada a partir de los Mapas Geológicos de España a E. 1:200.000,

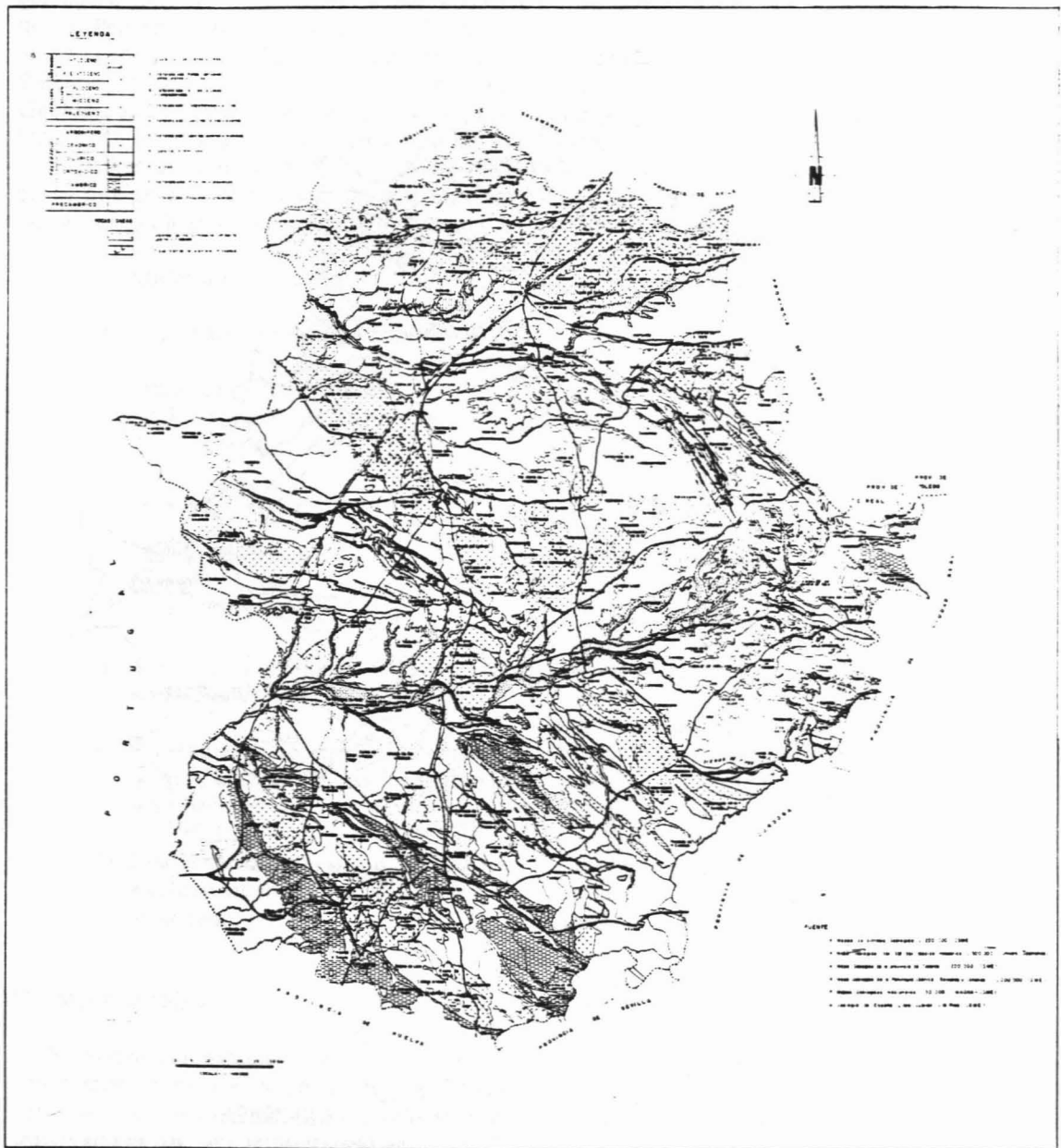


Figura 1. Síntesis geológica

*Geological synthesis.*

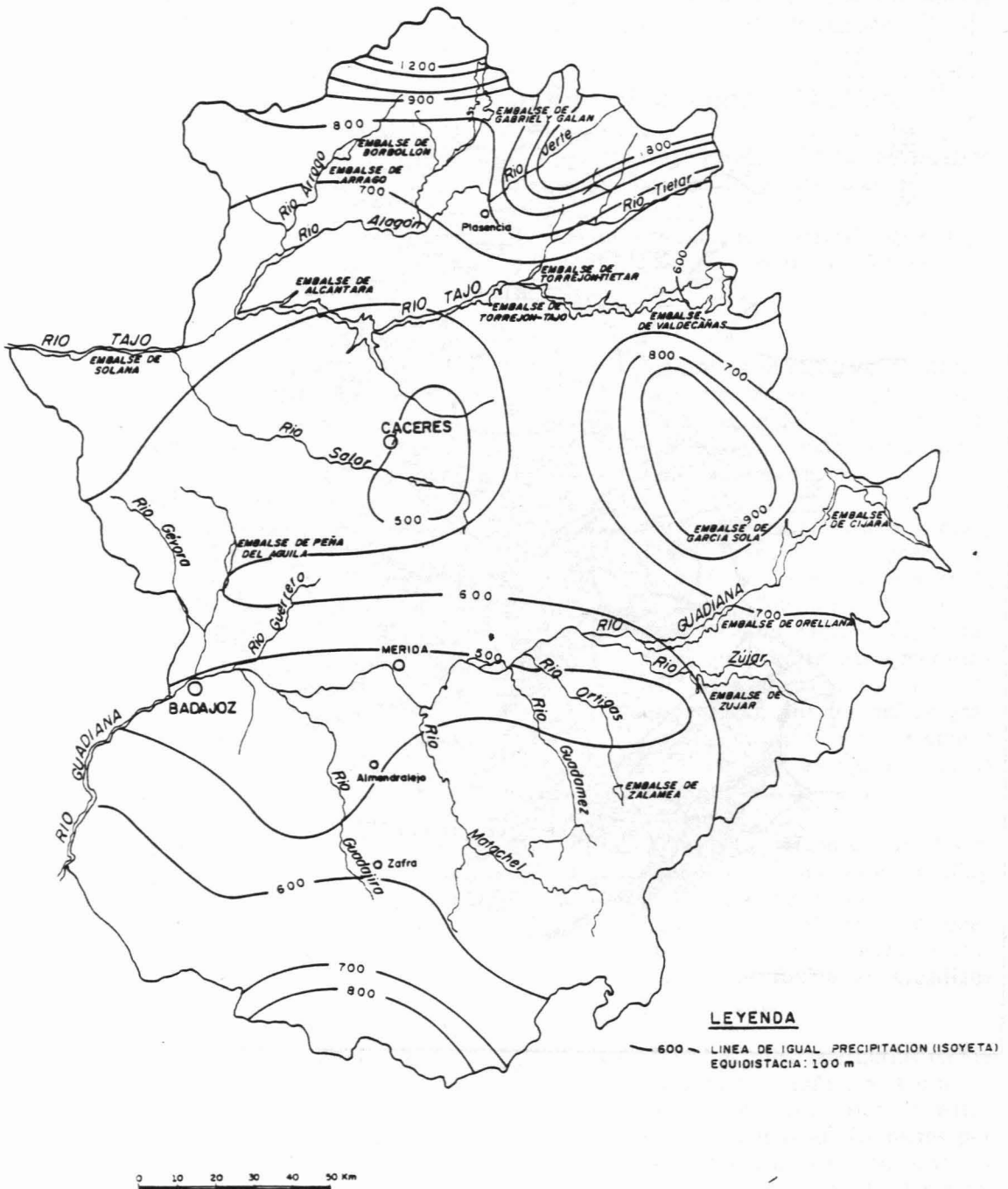


Figura 2. Isoyetas de precipitación media interanual

*Isojets interannually average precipitation*

del Mapa Geológico del IGME de la provincia de Cáceres a E.1:200.000, de la cartografía geológica del Macizo Hespérico del sudoeste de la Península Ibérica, a E. 1:500.000, del mapa geológico de la Península Ibérica y Baleares, a E. 1:1.000.000, y de los Mapas Geológicos de España, a E.1:50.000 serie MAGNA, y de los datos del libro Geología de España [Libro Jubilar, J.M. Ríos. IGME, 1985], en la que se han englobado las distintas formaciones geológicas de la siguiente forma:

- a) Materiales cristalinos
- b) Materiales Precámbricos
- c) Materiales Paleozoicos:
  - c.1.- Cámbrico: en el que se separan dos unidades
  - c.2.- Ordovícico-Silúrico
  - c.3.- Devónico
  - c.4.- Carbonífero
- d) Terciario: incluyendo el Paleógeno y el Neógeno inferior (Mioceno).
- e) Pliocuaternario: incluye el Plioceno y el Cuaternario, a excepción de los aluviales del Holoceno.
- f) Cuaternario: en el que se incluyen exclusivamente los aluviales del Holoceno.

## CLIMATOLOGIA

Extremadura presenta un clima templado, con temperatura media anual de 15'8°C. Los veranos son secos, de tipo Mediterráneo, con valores de la temperatura en julio y agosto de 25'3 y 24'9°C respectivamente. Los inviernos son fríos, alcanzándose los 7'6 y los 7'3°C en enero y diciembre.

El valor medio de la precipitación sobre la región es de 656 mm., lo cual representa un total de 27.300 Hm<sup>3</sup> anuales. Esta cifra se sitúa en torno a la media nacional, presentando variación en función tanto del espacio, como del tiempo. Así, dentro de la serie que va de 1.950/51 a 1.980/81, en el año seco (1980-81), el valor de la precipita-

ción descendiendo hasta 403 mm. En cuanto a los valores máximos de precipitación, el análisis del período ha conducido a seleccionar el del año 1.978/79, en el que ésta es de 880 mm. Como consecuencia de esta variación en función del tiempo sitúa a la región entre precipitaciones totales medias del 16.759 Hm<sup>3</sup>/año y 36.617 Hm<sup>3</sup>/año.

En la serie analizada se han podido identificar, con carácter casi general, en las 26 estaciones pluviométricas consideradas, un grupo de años secos del 50 al 59, otro de tendencia húmeda entre el 59 y el 79 y, finalmente, otro seco a partir del 79.

En cuanto a la distribución geográfica de la precipitación, como era de esperar, la zona en la que ésta es más alta se localiza en el Norte y se corresponde con las Sierras de Gredos y de Gata, así como en la Sierra de las Villuercas y en la Sierra de Aguafria, al Sur de Badajoz.

El centro de la provincia de Badajoz y las vegas del Guadiana y Tierra de Barros presentan valores en torno a la media regional. Por último, las zonas más secas se concentran en la parte Sureste y Suroeste de Badajoz, con valores máximos (año húmedo) de 650 y 550 mm. respectivamente.

La Figura 2 refleja las características de la precipitación en la región, correspondiendo a las isoyetas de precipitación media interanual.

En lo que se refiere a la evapotranspiración potencial, el valor medio regional es de 818 mm./ año, que representa un total de 34.056 Hm<sup>3</sup>/año. También en este caso se registra una variación espacial que hace oscilar las cifras entre las zonas Norte y Sur con menos de 880 mm. y la central, en la que superan los 880 mm., sin llegar a 900 mm. Destaca la zona Oeste de Badajoz, con valores superiores a 900 mm.

Se han calculado los valores de la evapotranspiración real, con capacidades de campo de 75, 100 y 150 mm.

La Figura 3 refleja las isolíneas de la ETP media y las correspondientes a la ETR, calculadas de acuerdo con el criterio anterior.

Aún se ha calculado el valor de la ETR, como déficit de escorrentía en el balance hidráulico.

Con este criterio resultan capacidades de campo del orden de 150 mm. para la mayor parte de la región que descienden a 100 mm. en algunas zonas aisladas.

## HIDROLOGIA SUPERFICIAL

Hidrográficamente Extremadura se encuadra en las cuencas del Duero, Tajo, Guadiana y Guadalquivir. La mayor parte de la región corresponde a la cuenca del Guadiana, con 23.040 km<sup>2</sup>, siguiendo la del Tajo con 16.960 km<sup>2</sup>, la del Guadalquivir con 1.490 km<sup>2</sup> y por último la del Duero con tan sólo 50 km<sup>2</sup>.

La Figura 4 recoge, en forma esquemática, la morfología de los ríos en la región.

Para la estimación de las aportaciones en régimen natural se han analizado los datos de un total de 85 estaciones de aforo, 45 en el Tajo y 40 en el Guadiana.

La Figura 5(A), refleja los datos medios de aportación natural en las diferentes cuencas. En lo que se refiere a la del Tajo, éste al entrar en la región tiene una aportación media de 5.312 Hm<sup>3</sup>/año y al salir una de 9.288 Hm<sup>3</sup>/año. Hay que destacar, sin embargo, que no todo este incremento de caudal procede de escorrentía de la región, ya que algunos afluentes de la margen derecha y concretamente el Alagón, Jerte y Tiétar nacen fuera de la Comunidad.

De los 3.976 Hm<sup>3</sup>/año de incremento de caudal del Tajo, 1.528 corresponde al Tiétar y 1.574 al Alagón, por la margen derecha y 265 al Almonte y 275 al Salor por la izquierda. El Tajo recibe de forma directa o a través de tributarios de menor entidad un total de 334 Hm<sup>3</sup>/año. La morfología de la cuenca conduce, por tanto, a que las mayores aportaciones se produzcan por la derecha del cauce principal.

En lo que se refiere al Guadiana, el incremento de caudal en Extremadura es de 2.438 Hm<sup>3</sup>/año, pasando la aportación media de 1.234 a 3.672 Hm<sup>3</sup>/año. Los afluentes de este río son, en general, de menor entidad, destacando únicamente el Zújar, con 905 Hm<sup>3</sup>/año por la margen izquierda y el Gévora, con 205 Hm<sup>3</sup>/año y el Rucas, con 211 Hm<sup>3</sup>/año por la derecha. La explotación de la infraestructura hidráulica existente reduce las cifras anteriores tal como indica la Figura 5. Aunque la información existente sobre la infraestructura hidráulica en la región es heterogénea, siendo mucho más completa la correspondiente a la cuenca de Tajo, puede afirmarse que las principales obras de embalse se dedican a dos fines básicos: el regadío y la producción hidroeléctrica. La capacidad conjunta de los embalses en explotación es de 10.748 Hm<sup>3</sup>, de los cuales 6.587 corresponden a la cuenca del Tajo, con una superficie ocupada de 28.000 Has. y 4.161 Hm<sup>3</sup> a la del Guadiana, con 28.000 Has.

El Cuadro 1 refleja la distribución del volumen de embalse según el destino del agua regulada.

CUADRO 1

### Características de los embalses

Cuenca	DISTRIBUCION		UTILIZACION (HM <sup>3</sup> )		
	Riegos		Abastecimientos	Energía	TOTAL
Tajo	2.183		8	4.396	6.587
Guadiana	1.833		460	1.868	4.161
TOTAL	4.016		468	6.264	10.748

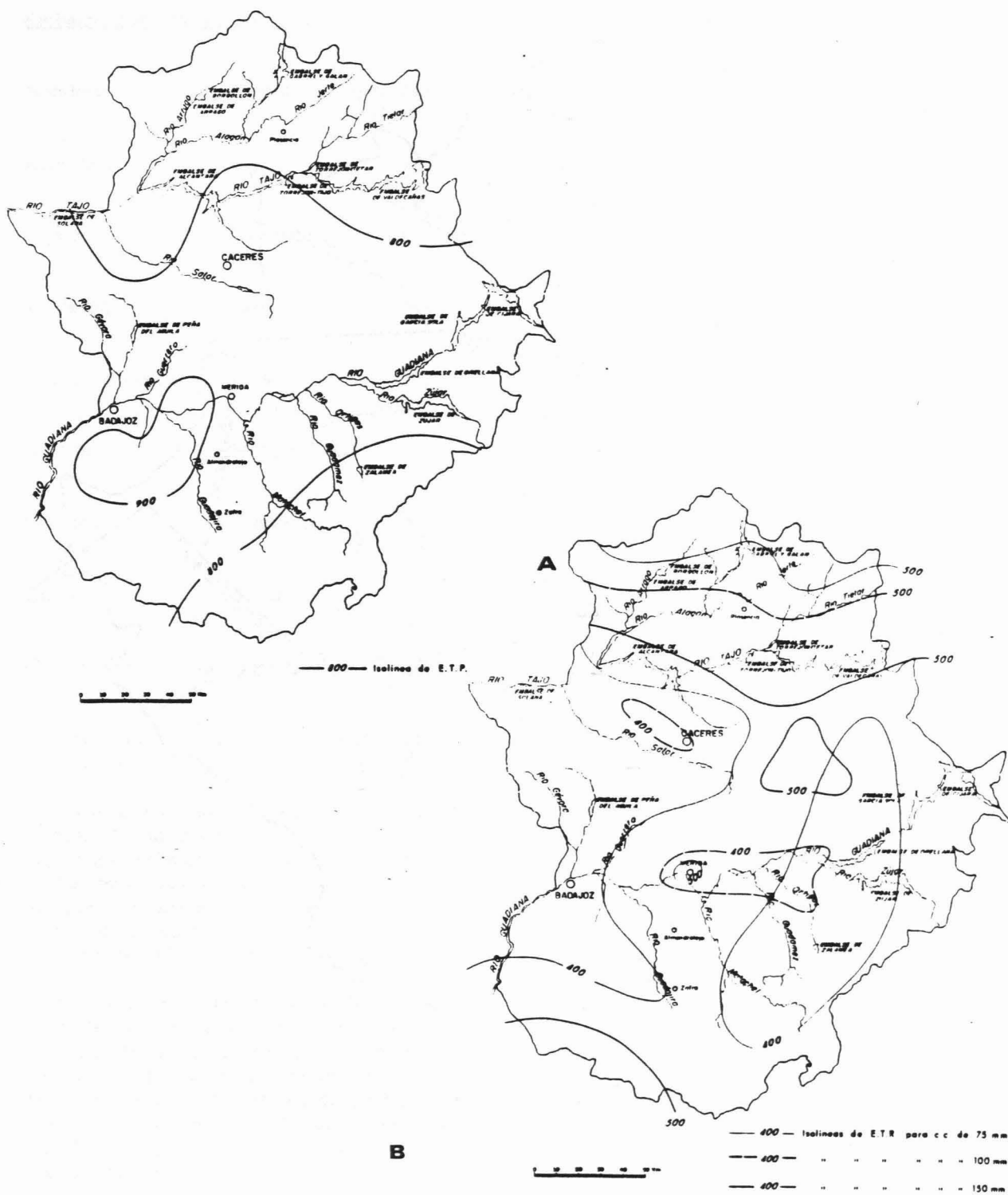


Figura 3. A - Isolines de evapotranspiración potencial  
 B - Isolines de evapotranspiración real

A - Isolines of potential evapotranspiration  
 B - Isolines of real evapotranspiration

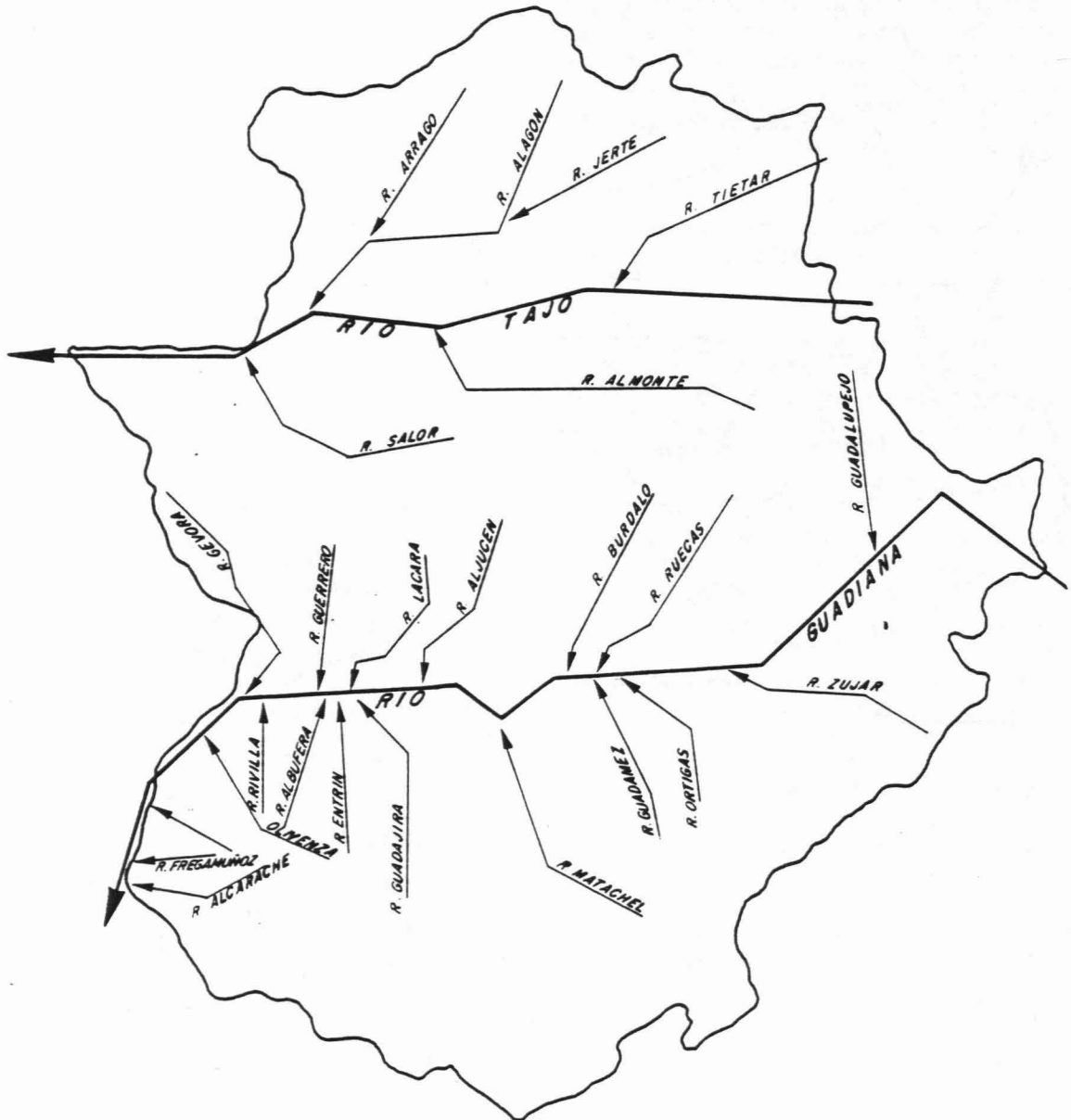


Figura 4. Esquema de la red fluvial en las cuencas de los rios Tajo y Guadiana

*Fluvial network scheme in the Tajo and Guadiana basins*



Embalses con más de 500 Hm<sup>3</sup>

Nombres	Cuenca	Capacidad (Hm <sup>3</sup> )
Alcántara	Tajo	3.137
Cijara	Guadiana	1.670
Valdecañas	Tajo	1.446
Gabriel y Galán	Alagón (T)	924
Alange	Matachel (G)	851
Orellana	Guadiana	808
Zújar	Zújar (G)	725
García-Solá	Guadiana	555

Así como los principales embalses (aquellos que superan los 500 Hm<sup>3</sup> de capacidad).

En lo que se refiere a caudales y conducciones, es una tarea difícil, elaborar una recopilación exhaustiva de sus datos. Por ello, se ha preferido presentar sólo aquellos de los que se posee información fiable, que corresponden, naturalmente, a las grandes zonas regables (Cuadro 2).

En la cuenca del Tajo, y dentro de la zona de estudio, cuatro son actualmente los sistemas de conducciones para regadío que permiten regar un conjunto de unas 47.500 Has. Estos son: riegos del Arrago, situados al NW de la provincia de Cáceres; riegos del Alagón; riegos del Tiétar y los riegos de Valdecañas.

En cuanto a las obras hidráulicas proyectadas en esta cuenca, las más importantes son: Los riegos de Ambroz, riegos de la ribera Fresnedosa, Riegos de Monrroy, riegos de Torrejón el Rubio, ampliación de los riegos de Valdecañas y los riegos del Salor.

Las vegas del Guadiana son el escenario de una de las mayores obras de transformación de regadío en España. El río se halla regulado por los embalses del Cijara y Gonzalez Solá, completando el Plan Hidráulico con los de Orellana, Zújar, Alange y Montijo, con una superficie total dominada por canales, acequias principales y secundarias de 105.830 Ha, con lo que el regadío en la provincia de Badajoz asciende a 107.780 Ha.

Las principales zonas regables en esta provincia son las de: Lobón y Alange, ubicadas en la margen izquierda del río Guadiana, a partir de la presa de Montijo y hasta la ciudad de Badajoz.

La del canal de Montijo, que se extiende por la margen derecha del río Guadiana, desde la presa de Montijo hasta la frontera con Portugal; la del Zújar, que se extiende a lo largo de la margen derecha del canal del Zújar; la de Orellana, situada en la margen derecha del río Guadiana, entre el canal de Orellana, el arroyo Fresneda y el propio río; y otras tres zonas de menor importancia que son las de Entrerrios, Talamanca y el Pantano de Piedra Aguda.

**ESTIMACION DE LA DEMANDA DE AGUA**

En cuanto a la demanda de agua en la región se evidencia una gran desproporción entre la asociada con usos urbanos e industriales (generalmente no consuntivos pero muy contaminantes) y la asociada a usos agropecuarios, a favor de éstos últimos.

El Cuadro 3, corresponde a la demanda actual en la región, y se ha realizado a partir de estudios incluido en los Planes Hidrológicos del Tajo y Guadiana.

**CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES**

El estado de las aguas superficiales desde el punto de vista de su calidad, se ha evaluado a partir del Índice de Calidad General (I.C.G.) del MOPU. Aunque este valor no se correlaciona fácilmente con los usos del agua (recreo, baño, riego, etc.), la práctica totalidad de los datos disponibles son los obtenidos por la red de vigilancia de este Ministerio.

## CUADRO 2

Principales zonas regables

Nombre	Cuenca	Superficie (Has.)	Longitud	
			Canales	Acequias
Arrago	Tajo	8.360	83.0	54.0
Alagón	Tajo	28.775	265.5	245.7
Tiétar	Tajo	10.400	115.2	192.3
Valdecañas	Tajo	50	11.5	12.4
Lobón y Alange	Guadiana	11.927	54.0	284.0
Canal de Montijo	Guadiana	25.288	70.0	789.0
Zújar	Guadiana	12.469	265.0 (conj.)	
Orellana	Guadiana	56.156	---	---
Entrerriós	Guadiana	703	---	---
Talamanca	Guadiana	238	---	---
Piedra Aguda	Guadiana	765	---	---

## CUADRO 3

Demanda actual de agua en la región

Demanda de abastecimiento:	Hm <sup>3</sup> /año	%
- Urbano	134.15	5.7
- Industrial	74.00	3.2
Demanda de regadío:	2.126.40	91.1
<b>TOTAL</b>	<b>2.334.55</b>	

## CUADRO 4

Volumen de vertidos (m<sup>3</sup>/día) por cuencas hidrográficas

Cuenca del Tajo		Cuenca del Guadiana	
con depuración	sin depuración	con depuración	sin depuración
11.318	4.956	18.534	12.552

Los valores del ICG pueden asociarse al estado de las aguas de acuerdo con el criterio siguiente:

100 - 90	Excelente
90 - 80	Bueno
80 - 70	Intermedio
70 - 60	Admisible
60 - 0	Inadmisible

En la Figura 6, se representan estos cinco estados para dos situaciones típicas que se corresponden con el invierno de 1.982-83 y el verano del año 1.983.

En términos generales se observa una mejor calidad en invierno que en verano, poniéndose de manifiesto la importancia de la dilución. Únicamente la puesta en explotación de las industrias conserveras de tomate durante el invierno modifica esta situación en años secos.

Geográficamente se aprecia una mayor calidad general en la cuenca del Tajo que en la del Guadiana. En éste último río, la relativa alta polución de los afluentes izquierdos (excepto el Zújar) empeora la calidad del curso principal aguas abajo de Cijara y Orellana.

En cuanto a los vertidos urbanos, el Cuadro 4 refleja las cifras correspondientes a una encuesta realizada por la Junta de Extremadura, que cubría 222 municipios de los 373 de la región.

Las cifras anteriores hacen sospechar, además, una mayor incidencia de respuestas a la encuesta, en los municipios con algún tipo de depuración. De hecho, las depuradoras encuestadas se clasifican de acuerdo con el Cuadro 5.

## HIDROGEOLOGIA SUBTERRANEA

Desde el punto de vista hidrogeológico, en Extremadura se distinguieron, cinco tipos de materiales, con características propias, que definen en sí, unidades hidrogeológicas (Figura 7).

### 1.- Unidad Cuaternaria

Formada por materiales aluviales del Holoceno. El grado de permeabilidad de esta unidad es muy alto. Esta unidad, aparece en el noroeste de Cáceres, en los valles de los ríos Tiétar y Jerte, así como en el valle del río Alagón. En Badajoz, alcanza gran importancia en el valle del río Guadiana.

### 2.- Unidad Pliocuaternaria

Esta unidad la forman los materiales coluviales y las rañas del Cuaternario y Plioceno. El grado de permeabilidad de esta unidad es bajo, lo que la define como "acuitardo", es decir, materiales que son capaces de contener agua y transmitirla lentamente. Esta unidad no presenta mucha extensión ni espesor (de 2 a 5 m.), yendo casi siempre asociada a materiales terciarios y/o cuaternarios.

### 3.- Unidad Terciaria

Está constituida por arcillas, arcosas y conglomerados del Terciario. Aunque su permeabilidad es baja, constituye una unidad a tener en cuenta, ya que puede alcanzar espesores considerables. En la provincia de Cáceres hay cinco afloramientos importantes de esta unidad, que rellenan depresiones tectónicas: el Terciario de Campo Arañuelo, entre los ríos Tajo y Tiétar, con una extensión de 1.200 km<sup>2</sup>; la unidad de Galisteo, situada al oeste de Plasencia en la depresión formada del río Alagón, con 600 km<sup>2</sup> de extensión superficial; la unidad moraleja, con una superficie de 200 km<sup>2</sup>, atravesada por los ríos Arrago y Rivera de Gata; la unidad de Zarza de Granadilla, con 46 km<sup>2</sup> de superficie, situada al sureste del embalse de Gabriel y Galán, y la unidad Talaván, situada en la margen izquierda del Tajo, con una extensión próxima a los 200 km<sup>2</sup>.

En la provincia de Badajoz, la unidad Terciaria presenta permeabilidades más bajas que en Cáceres, ya que el contenido en finos es mucho mayor. Se dispone principalmente a lo largo del río Guadiana, alcanzando gran extensión entre Mérida y Badajoz.



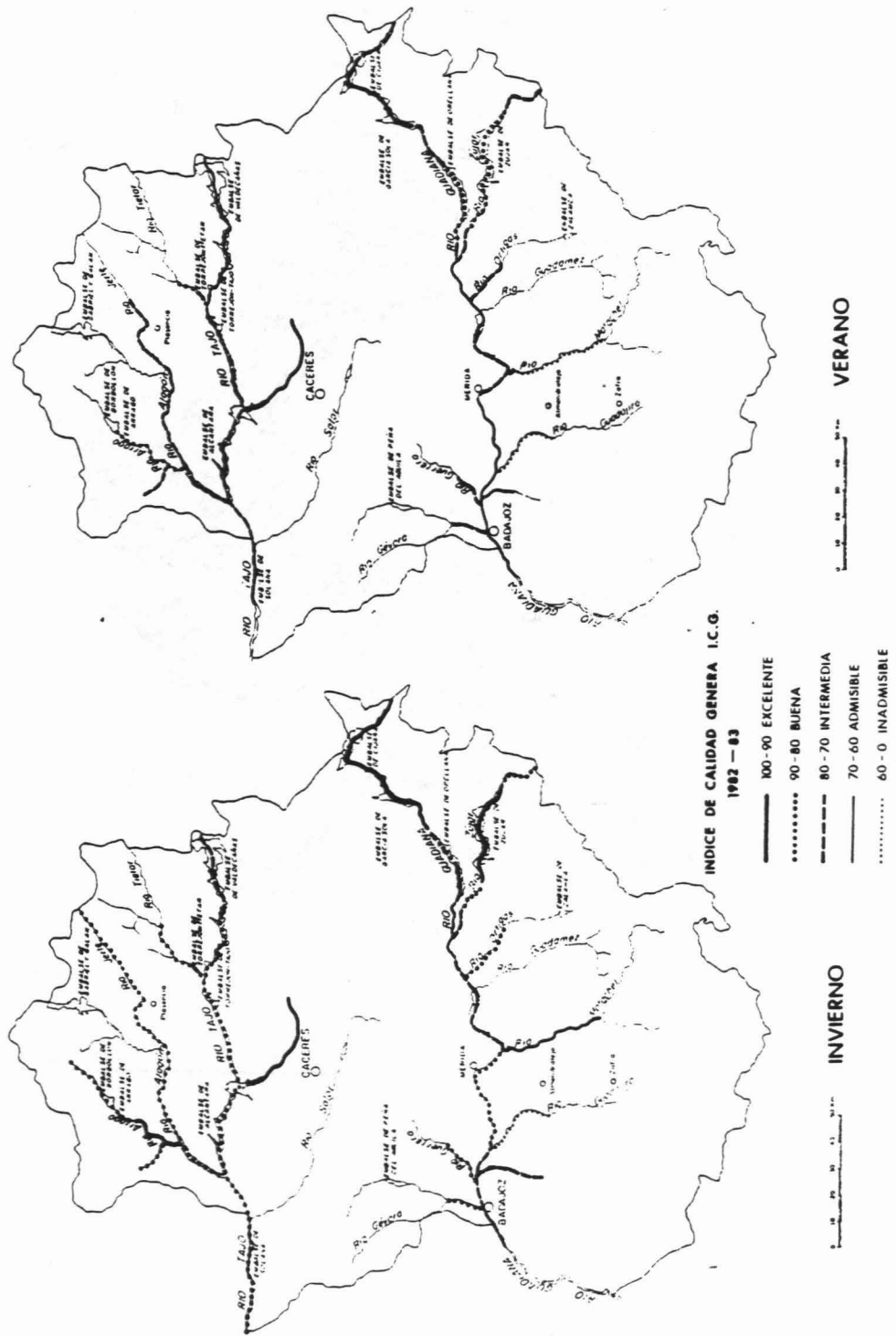


Figura 6. Indices de calidad general en Extremadura  
*General quality index in Extremadura*

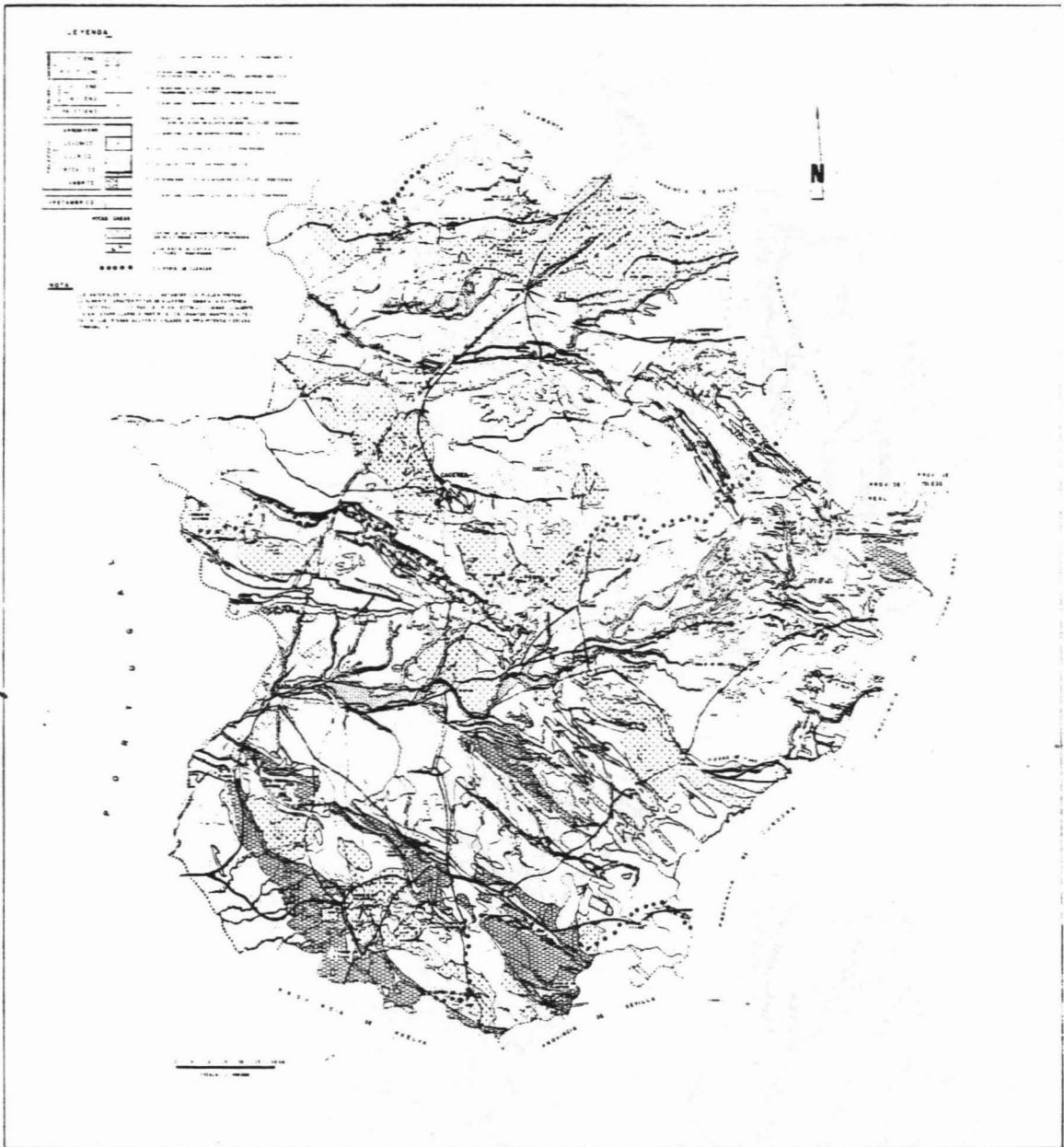


Figura 7. Síntesis hidrogeológica

*Hydrogeological synthesis*

CUADRO 5

Depuradoras existentes en los municipios encuestados

Provincia	Cáceres		Badajoz	
Nº Términos Municipales con Depuradora	97		58	
	Funciona/No funciona		Funciona/No funciona	
Depuradora	61	36	47	11
Nº Términos Municipales sin ningún control sobre sus vertidos	63		6	

CUADRO,6

Características de las Unidades Hidrogeológicas

Unidad	Permeabilidad m/día	Q.especifico l/s/m	Q.explotación l/s
Cuaternaria	$10^2$	0.1-0.2	0.2-14
Pliocuaternaria	$10^{-1}$ - $10^{-2}$	0.1-0.2	0.2-0.5
Terciaria	$10^{-1}$ - $10^{-2}$	0.1-0.2	0.2-20
Calizas Paleozoicas	$10^{-1}$ -10	0.2-7	1-100
Paleozoica-Precambrica	---	0.1-3	0.5-25

#### 4.- Unidad de Calizas Paleozoicas

Esta unidad está formada por materiales carbonatados del Cámbrico, que pueden alcanzar espesores de hasta 900 m. y por calizas del Devónico, que aunque por si solas no tienen entidad de unidad hidrogeológica, en alguna ocasión, como en el caso de Cáceres capital, constituyen acuíferos importantes. Estos materiales presentan permeabilidades muy altas, dependiendo de su grado de carsificación.

#### 5.- Unidad Paleozoica-Precámbrica

Constituye la base impermeable de las demás unidades. Está formada por materiales metamórficos e ígneos. En ocasiones pueden comportarse como acuífero aislado, por fisuración y/o alteración; así, es frecuente encontrar manantiales en la base de las cuarcitas armoricanas y de los granitos.

En el Cuadro 6, se reflejan las características principales de cada unidad.

### CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS Y CONTAMINACION

La calidad química global de las aguas subterráneas en Extremadura, puede observarse en la Figura 8, en la que se han representado las isóneas de T.S.D. expresadas en p.p.m., así como la dureza en grados franceses.

Hay que hacer notar, que los valores de todos los parámetros que se presentan, corresponden a características medias de las aguas en cada sector, características que pueden sufrir sensibles variaciones en función de diversas circunstancias, tales como la profundidad de las captaciones, ubicación de zonas filtrantes, existencia de anomalías de carácter local, etc.

En general, los valores de T.S.D. van aumentando desde el norte de Cáceres hacia el valle del Guadiana, en un rango de valores comprendido entre 300 y 900 p.p.m. Las zonas de los alrededores de Cáceres y Montánchez presentan valores en torno a las 1.000 p.p.m.

Desde el valle del río Guadiana hacia el sur de Badajoz, la tendencia predominante es a disminuir, alcanzando valores de 500 p.p.m., dándose dos umbrales, uno máximo en Fuente de Cantos (900 p.p.m.) y otro mínimo en Salvatierra de Barros (300 p.p.m.).

Los valores más bajos de dureza se dan al norte de Cáceres (entre 5 y 15°F) y en Salvatierra de Barros (entre 5 y 20°F), y los más altos (90 a 100°F) en las zonas de Cáceres, Montánchez y Fuente de Canto, coincidiendo con zonas de baja y alta salinidad respectivamente.

Se han establecido cinco rangos de vulnerabilidad de acuíferos frente a la contaminación, en función de las características de las unidades hidrogeológicas, del orden de magnitud de sus explotaciones, del sistema de flujo del agua subterránea y de la calidad química de las mismas.

En la Figura 9, aparece la distribución geográfica de estos rangos, que describimos a continuación:

#### 1.- Terrenos muy vulnerables a la contaminación

Los terrenos más vulnerables a la contaminación corresponden a la unidad cuaternaria.

Estos materiales presentan la máxima vulnerabilidad, debido a la propagación relativamente rápida de los contaminantes que entran en ellos a través de los ríos, arroyos o bien por infiltración directa; su poder de depuración frente a la contaminación orgánica y bacteriológica es limitada, por lo que debe evitarse la implantación sobre estos terrenos de actividades contaminantes, como vertederos de residuos sólidos o líquidos en superficie y profundidad; así mismo, está contraindicado la ubicación de cementerios, debido a que el nivel freático se encuentra, en general, muy próximo a la superficie. Debe vigilarse la posible contaminación por prácticas agrícolas inadecuadas (exceso de abonado), así como prestar especial atención al reacondicionamiento de graveras en explotación o abandonadas. La contaminación potencial procedente de aguas superficiales es particularmente importante en los tramos bajos de los ríos.



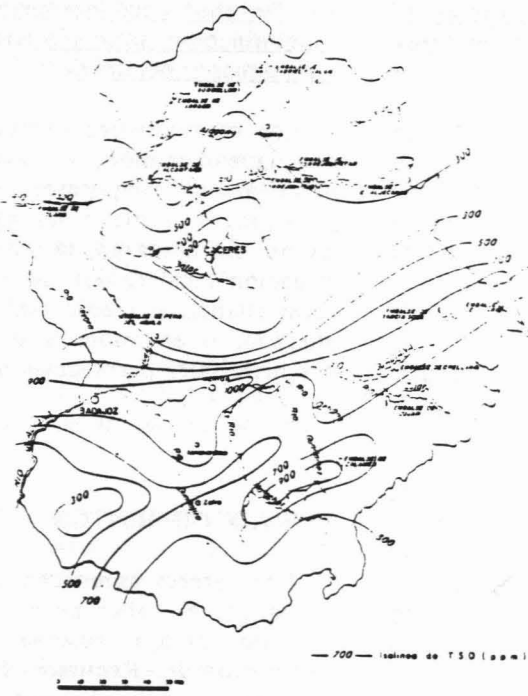


Figura 8. Calidad química de las aguas subterráneas

*Groundwaters chemical quality*

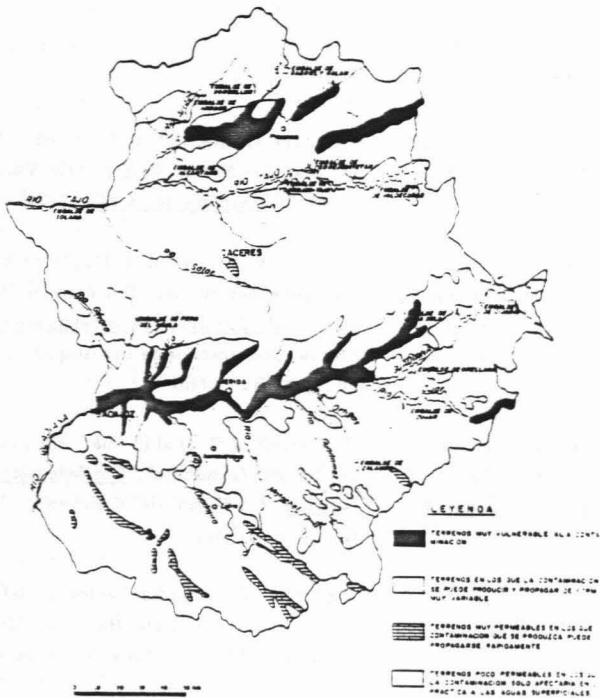


Figura 9. Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación

*Aquifers contamination vulnerability*

2.- Terrenos en los que la contaminación se puede producir y propagar de forma muy variable

Estos terrenos presentan una alternancia de niveles permeables y poco permeables, que ofrecen una importante capacidad de autodepuración frente a la contaminación bacteriológica y orgánica, pero escasa frente a la química y se corresponden con la unidad terciaria y pliocuaternaria.

3.- Terrenos muy permeables en los que la contaminación que se produzca puede propagarse rápidamente

En estos terrenos que corresponden a las calizas paleozoicas deberá evitarse la ubicación de actividades contaminantes aguas arriba (en el sentido del flujo subterráneo) de las captaciones actuales para abastecimiento humano o de las áreas en las que en el futuro puedan ubicarse. Así mismo, debe prestarse atención a las prácticas agrícolas próximas a las áreas de captación y a la ubicación de cementerios.

4.- Terrenos poco permeables en los que la contaminación sólo afectaría en la práctica a las aguas superficiales

Las características litológicas de la unidad igneametamórfica, hacen dicha unidad prácticamente impermeable, por lo que la polución se limita a las aguas superficiales. Existe, sin embargo, la posibilidad de contaminación local rápida de las aguas subterráneas, cuando el medio está muy fisurado y/o alterado, o en valles y depresiones rellenas por materiales permeables no consolidados.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Junta de Extremadura el haber permitido la publicación de este trabajo, resumen del "Estudio de Evaluación de Recursos Hidráulicos en Extremadura" realizado por los mismos, para dicho Organismo.

## BIBLIOGRAFIA

ALMANZA MATA, C. (1984). "Fichas hídricas normalizadas y otros parámetros hidrometeorológicos". I.N. Meteorología.

ALVAREZ CHAIN, M. et al. (1976). "Comportamiento hidrogeológico de las calizas cámbricas de los alrededores de Llerena (Badajoz)". I Simposio Nacional de Hidrogeología. Grupo de Trabajo de Hidrogeología y R.Hidráulicos de la A.G.E. Valencia 1976. Tomo I, pp. 3-16.

BABIN VICH, R.B. (1978). "Caracteres generales de la tectónica tardihercínica de fracturación de la Sierra de Gredos (región de Béjar-Piedrahita)". Bol. Geol. Min. 89 (G). IGME., pp. 545-549.

BOUYX, E. (1970). "Contribution a l'étude des formations anteordiviennes de la Meseta Meridional (Ciudad Real et Badajoz)". Memoria del IGME, Tomo 73, pp. 1-259.

CABANILLAS, J.F. "Aportación al conocimiento de la fisiogeografía del río Guadiana. La contaminación de las aguas de subcuena". Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.

CAÑADA GUERRENO, F. (1962). "Mapa geológico de España, E. 1:50.000 Hoja nº 653. Valdeverdeja (Cáceres Toledo)". Memoria del IGME, 1-79.

CATALAN, J.G. et al. (1970). "Composición química de las aguas del río Guadiana en el intervalo de cuatro años". III Coloquio de investigaciones sobre el agua. Sevilla. Documentos de Investigación Hidrológica. T.9, pp. 7-48. Barcelona

CATALAN, J.G. et al. (1965). "Estudio químico-hidrológico del río Guadiana". Confederación Hidrográfica del Guadiana. Sección de Química y Biología del agua. CSIC, pp. 31-37.

CHACON, J. "Estudio Geológico del Sector Central del anticlinorio Portoalegre-Badajoz-Córdoba (Sur del Macizo Ibérico)". Tesis Doctoral. Univ. de Granada, pp. 1-72.

CHACON, J. (1982). "El límite entre las zonas Centro-ibérica y Ossa-Morena, al Este de la Tierra de Barros (Sur del Macizo Ibérico)". Cuaderno do Laboratorio Xeológico de Laxe. 3, pp.163-182.

- DELGADO-QUESADA, M. et al. (1977) "Criterios para la diferenciación de dominios en Sierra Morena Central". Studia Geológica 12, pp.75-90. Universidad de Salamanca.
- IGME (1971). "Mapa de síntesis de sistemas acuíferos de España peninsular, Baleares y Canarias, E. 1/1.666.000". Ministerio de Industria. Dirección General de Minas.
- IGME. "Mapa Geológico de España, E. 1:200.000". Síntesis de la Cartografía existente. Mapas n<sup>o</sup>: 43, 44, 50-51, 52, 58-59, 60,67-68, 69.
- IGME. "Mapa Geológico Nacional, E.1:50.000". Mapas n<sup>o</sup>:577 648, 649, 675, 676, 677, 678, 701, 702, 703, 704, 705, 727, 736, 826, 827, 828, 829, 831, 832, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 875, 876, 877, 897.
- IGME-IRYDA (1979). "Investigación hidrogeológica de la cuenca alta y media del Guadiana". Plan Nacional de Investigación de aguas subterráneas. Informe técnico 9.
- IGME (1981). "Estudio hidrogeológico de la cuenca hidrográfica del Tajo". Plan Nacional de Investigación de aguas Subterráneas. Tomo V-1.
- IGME. (1985). "Proyecto para estudio metodológico de las posibilidades de captación de aguas en terreno paleozoico en las cuencas del Duero, Tajo y Guadiana".
- JULIVERT, M., FONBOTE, J. M., RIBEIRO, A. y CONDE, L. (1972). "Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares. E.1:1.000.000, Memoria explicativa". Memoria explicativa. (1974), pp. 1-113. IGME.
- KALTHOFF (1963). "Stratigraphie und tektonik im Südwesten der provinz Badajoz (Spanien)". Diss. Math. Naturwiss. Fak. Univ. Münster 1-157.
- MOPU (1980). "Plan Hidrológico Nacional. Avance 80". Grupo de Trabajo regional del Guadiana.
- MOPU (1980). "Plan Hidrológico Nacional. Avance 80". Grupo de Trabajo regional del Tajo.
- MOPU (1981). "La vigilancia de la contaminación fluvial". Tratamiento de los datos de control analítico.
- MOPU (1985). "Análisis de calidad de aguas". Año 83-84. Red Oficial del MOPU.
- MOPU (1985). "Plan Hidrológico Nacional. Resumen de estudios posteriores al Avance 80". Grupo de trabajo regional del Guadiana.
- MOPU (1985). "Plan Hidrológico Nacional. Resumen de estudios posteriores al Avance 80". G. de T. R. del Tajo.
- PELAEZ, R. et al. (1973). "Características geológicas, hidrogeológicas e hidroquímicas de los alrededores de Villanueva de la Serena y Don Benito". Instituto de Estudios Extremeños. Departamento de Geología Económica, CSIC pp. 11-93. Madrid.
- PRESIDENCIA DE GOBIERNO (1951). "Plan de Obras Hidráulicas, colonización, industrialización y electrificación. Provincia de Badajoz"
- PRESIDENCIA DE GOBIERNO, I.N.I. (1958). "El Plan Badajoz" Publicacion de la Secretaría Gestora del Plan Badajoz. Gráficas E. Casado.
- PRESIDENCIA DEL GOBIERNO, I.N.I. (1961). "El Plan Badajoz 1962". Publicación de la Secretaría Gestora del Plan Badajoz. Gráficas San Sebastián.
- SANCHEZ CELA, V. (1971). "Consideraciones petrogenéticas sobre las rocas dioríticas de la zona de Mérida". Est. Geol. V. XXVII, pp. 305-310.
- SANCHEZ CELA, V. y GABALDON, V. (1975). "Consideraciones petrológicas, estructurales y estratigráficas en la depresión de Peraleda-Valsequillo (Badajoz-Córdoba)". Bol. Geol. Min. T.86 (1), pp.63-71.
- SASTRE, A. et al. (1983). "Caracterización de suelos sódicos sobre los materiales arcósicos de las cuencas de Madrid y Campo Arañuelo". V Conferencia Internacional sobre Hidrogeología General y Aplicada. SMAGUA. Zaragoza.
- SCHMIDT, H.S. (1957). "Stratigraphie und tektonik der nördlichen Extremadura im Bereich der Flüsse Tajo und Alagón (Spanien)". Diss. Math. Naturwiss. Fak. Univ. Münster, pp. 1-115.
- SGOP. (1969). "Estudio hidrogeológico para abastecimiento de agua a Castrera (Badajoz)".
- SGOP. (1970). "Estudio hidrogeológico de El Calerizo, (Cáceres)".
- SGOP. (1976). "Estudio hidrogeológico. Capatación de aguas para abastecimiento a Almaraz y Saucedilla (Badajoz)".
- SGOP. (1976). "Estudio hidrogeológico para abastecimiento de Llerena (Badajoz)".
- SGOP. (1977). "Estudio hidrogeológico para el abastecimiento de Almendralejo (Badajoz)".
- SGOP. (1981). "Estudio hidrogeológico para el abastecimiento de agua a Bruguillos del Cerro (Badajoz)".

SGOP. (1.981). "Resumen sobre las visitas realizadas por el SGOP a: Medina de las Torres, Atalaya, Salvatierra de los Barros, Barcarrota, Santa Marta, Jerez de los Caballeros, La Morera, Nogales, La Parra.

UBANEL, A.G. (1.982). "Estudio de la fracturación de un segmento del Sistema Central Español". Tesis Doctoral. 217 pp. Universidad Complutense de Madrid.

VICENTE, R. y SASTRE, A. (1982). "Caracterización de aguas subterráneas salobres en la cuenca de Campo Arañuelo

(provincias de Cáceres y Toledo). I Semana de Hidrogeología. Lisboa.

VICENTE, R. y SASTRE, A. (1.983). "Contribución al conocimiento hidrogeológico regional del Campo Arañuelo (provincias de Toledo y Cáceres)". I Semana de Hidrogeología. Lisboa.

VILCHEZ, L. y CELAA, R. (1.983). "Síntesis hidrogeológica de la cuenca del Tajo". III Simposio de Hidrogeología.