

## **5. RECURSOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

### **5.1. Acuíferos superficiales**

*5.1.1. características generales*

*5.1.2. Páramos calcáreos*

*5.1.3. Páramos de rañas*

*5.1.4. Arenales de la Moraña y Tierra de Pinares*

*5.1.5. Aluviales de los ríos*

### **5.2. Acuíferos profundos**

*5.2.1. Características generales*

*5.2.2. Región sur de los Arenales*

*5.2.3. Región norte o del Esla-Valderaduey*

*5.2.4. región centro o de Los Páramos*

*5.2.5. Región este o de La Ibérica*

*5.2.6. Región sur-oeste o del Tormes*

## RECURSOS DE AGUAS SUBTERRANEAS

Los sistemas acuíferos 8 y 12, que se identifican prácticamente con la Cuenca Terciaria del Duero, constituyen en conjunto la mayor unidad hidrogeológica de la Península.

Geológicamente constituyen una gran cubeta que se fue rellenando durante el Terciario con sedimentos depositados en un medio continental, alcanzando un espesor medio superior a los 1.000 m. El zócalo es de edad mesozoica en la parte oriental (calizas, dolomías, arenas y areniscas, margas, arcillas yesíferas) y de carácter metamórfico o eruptivo en la occidental (cuarcitas, pizarras, granitos, gneises).

Entre los materiales de relleno predominan los de tipo detrítico (arenas, limos y arcillas en el centro, areniscas y conglomerados en los bordes) excepto en una gran zona centro-oriental de carácter evaporítico (margas yesíferas coronadas por calizas de páramo que la erosión ha reducido a ísleos).

El Terciario se encuentra parcialmente recubierto por formaciones pliocuaternarias (rañas, aluviales, terrazas, etc.). Entre estas formaciones destacan, por su influencia en el funcionamiento hidrogeológico de la Cuenca, los extensos arenales que se encuentran al S del Duero, en las provincias de Avila, Segovia y Valladolid.

Como suele ocurrir en las cuencas continentales en las que la sedimentación fluvial ha jugado un importante papel, las arenas están dispuestas en capas lenticulares de escasa continuidad lateral, excepto quizás en la dirección de la corriente que las depositó. Su distribución espacial dentro de la Cuenca es aparentemente aleatoria y se pueden encontrar casi en cualquier lugar y a cualquier profundidad. Lo que diferencia unas de otras es la frecuencia de los lentejones arenosos, la permeabilidad de los mismos, y lo que quizás es más importante, la permeabilidad de la matriz que engloba los lentejones.

En el conjunto sedimentario descrito se distinguen dos tipos de acuíferos: acuíferos superficiales libres y acuíferos profundos confinados o semiconfinados. Excepto en algunos casos particulares ambos tipos de acuíferos suelen estar estrechamente relacionados entre sí, por lo que su diferenciación es en algunos casos hasta cierto punto arbitraria, pero cómoda desde el punto de vista expositivo.

### 5.1. ACUIFEROS SUPERFICIALES

#### 5.1.1. CARACTERISTICAS GENERALES

Entre los acuíferos superficiales podemos citar (Gráfico nº 11):

- Los páramos calcáreos de Cuéllar, el Duratón y Torozos.
- Los páramos de rañas de León y Norte de Palencia.
- Los arenales del S del Duero (Avila-Segovia-Valladolid).
- Los aluviales de los ríos.

Tienen como rasgos comunes el encontrarse próximos a la superficie del terreno y el comportarse como acuíferos libres. Se recargan fácilmente por la infiltración de la lluvia que directamente reciben, su explotación es económica realizándose mediante pozos excavados de pequeña profundidad y son fácilmente contaminables, propagándose los contaminantes con rapidez especialmente en el caso de los aluviales conectados con ríos y en los acuíferos calcáreos.

Difieren en sus características hidrogeológicas en el papel que desempeñan en el conjunto hidrogeológico regional.

### 5.1.2. PARAMOS CALCAREOS

Las calizas pontienses se extienden sobre una gran zona central de la Cuenca comprendida entre Medina de Rioseco-Palencia-Castrogeríz-Peñañiel y Cuéllar de 6.634 km<sup>2</sup> de extensión, pero sólo en Cuéllar, el Duratón y Torozos tienen interés hidrogeológico, pues la erosión ha reducido el resto a ísleos de reducidas dimensiones.

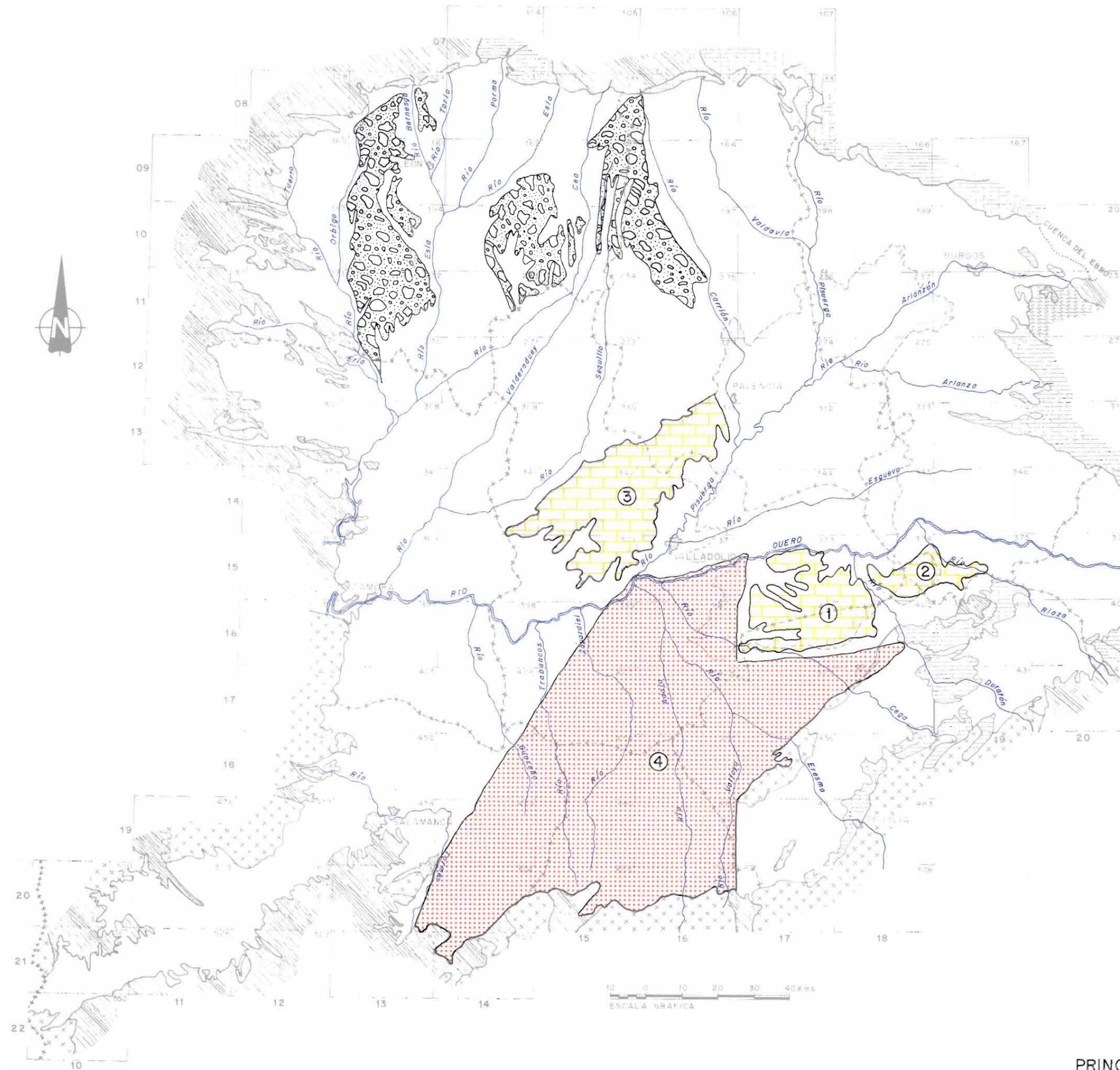
La mesa de Cuéllar constituye un acuífero libre, de naturaleza calcárea, o sea cárstico, de 555 km<sup>2</sup> de extensión. Las calizas están dispuestas en bancos horizontales con pequeñas intercalaciones margosas. El espesor del conjunto calizo es de unos 50 m como media, siendo el espesor saturado de unos 35 m. El acuífero está apoyado sobre un paquete de margas impermeables de más de 200 m de espesor que le aislan de los posibles acuíferos detríticos subyacentes a las formaciones margosas (facies blancas).

La transmisividad de las calizas es de media a alta (200 a 1.000 m<sup>2</sup>/día) obteniéndose caudales de 10 a 30 l/s por pozo.

Debido a la posición topográfica que ocupa el acuífero coronando el páramo, toda la recarga procede de la infiltración del agua de lluvia, produciéndose la descarga, además de por bombeo, por un rosario de manantiales perimetrales situados en los puntos de menor cota del contacto calizas-margas.

La precipitación media sobre el páramo es de 285 hm<sup>3</sup>/año (510 mm), siendo la recarga de 66 hm<sup>3</sup>/año, o sea el 23 por ciento de la precipitación media anual. El caudal drenado por los manantiales, según las medidas mensuales efectuadas durante 1978, es de 55 hm<sup>3</sup>/año correspondiendo el máximo al mes de abril (7,4 hm<sup>3</sup>) y el mínimo a septiembre (1,9 hm<sup>3</sup>). El bombeo es de unos 11 hm<sup>3</sup>/año, de los que 1 hm<sup>3</sup>/año se destina a abastecimientos urbanos (19.000 hab) y 10 hm<sup>3</sup>/año al regadío de 3.300 ha. Actualmente se utiliza por consiguiente el 17 por ciento de los recursos totales anuales.

Separado de la Mesa de Cuéllar por el río Duratón se encuentra el páramo del mismo nombre de 300 km<sup>2</sup> de extensión y al que le suponemos características hidrogeológicas muy similares a las de Cuéllar, con la diferencia de que las calizas pontienses del Duratón están en contacto directo con las calizas mesozoicas de la Ibérica, de las que pueden recibir un importante aporte de agua subterránea. De hecho no lejos del contacto Ponticense-Cretácico, pero ya en el Ponticense, se encuentran los manantiales de Fuentidueña con un caudal medio de 900 l/s que procede sin duda del Cretácico. A lo largo del perímetro se han inventariado una serie de manantiales cuyos aforos periódicos a lo largo de 1978 han dado un caudal medio para el conjunto de 45 hm<sup>3</sup>/año, sin contabilizar el manantial de Fuentidueña. En este páramo no existen sondeos de explotación y por ello se desconocen sus características hidrogeológicas.



**LEYENDA**

- ..... DIVISORIA HIDROGRAFICA
- +++++ LIMITE CON PORTUGAL
- 274 HOJAS TOPOGRAFICAS 1:50.000 CON SU NUMERO
- LIMITE DEL TERCARIO MARGO-YESIFERO
- + - - LIMITE DE PROVINCIA
- CALIZAS
- ARENAS Y ARENISCAS
- DOLOMIAS
- PALEOZOICO INDIFERENCIADO
- ROCAS ERUPTIVAS
- PARAMOS CALCAREOS
- RAÑAS
- ARENALES

NOTA: NO SE INCLUYEN LOS ALUVIALES

SISTEMA ACUIFERO	ENTRADAS Hm <sup>3</sup> /año	SALIDAS Hm <sup>3</sup> /año
① PARAMO DE CUELLAR	Infiltración 66	Bombes netos 11 Drenaje por manantiales 55 <u>66</u>
② PARAMO DEL DURATON	Infiltración 36 Aportes subterranos del Cretácico 9 45	Drenaje por manantiales 45
③ PARAMO DE TOROZOS	Infiltración 50	Drenaje por manantiales 41-44 Bombeo 6-9
④ AREA MORANA-PINARES	Infiltración 300 Retorno de riegos 30 330	Drenaje por ríos 54 Bombes netos 22 Infiltración del acuífero profundo 254 <u>330</u>

**Gráfico nº 11**

PRINCIPALES ACUIFEROS SUPERFICIALES

El Páramo de Torozos tiene una superficie de 975 km<sup>2</sup> y en ciertos aspectos es similar al páramo de Cuéllar, pues constituye otro acuífero Pontense "isla" separado por la erosión de los acuíferos adyacentes y por un paquete de margas de los acuíferos subyacentes.

Sin embargo su importancia hidrogeológica es menor (pese a su mayor extensión) debido a que las calizas son más margosas y a que el espesor saturado es de unos 5 m como media. Según la información actualmente disponible a lo largo del páramo se suelen encontrar dos niveles calizos de unos 3-4 m de espesor cada uno, el superior no siempre saturado, situados entre 5 y 15 m de profundidad.

La recarga, procedente de la infiltración del agua de lluvia, la hemos estimado en unos 50 hm<sup>3</sup>/año, lo que equivale a un 11 por ciento de la lluvia media anual. Actualmente se extraen 0,8 hm<sup>3</sup>/año para abastecimientos urbanos y de 5 a 8 hm<sup>3</sup>/año para regadío. Sus posibilidades de explotación a gran escala mediante pozos están muy limitadas debido al reducido espesor del acuífero.

### 5.1.3. PARAMOS DE RAÑAS

En el cuadrante Noroccidental de la Cuenca se localizan extensos depósitos de rañas que han dado origen a relieves en cierto modo similares a los de los páramos calcáreos. Los afloramientos más extensos de rañas se sitúan en el interfluvio Orbigo-Esla (950 km<sup>2</sup>) entre el Esla y el Cea (545 km<sup>2</sup>) y en la margen derecha del río Carrión (550 km<sup>2</sup>) siendo el primero el más interesante por su extensión y por su continuidad.

Estos depósitos están constituidos por cantos y bolos casi exclusivamente de cuarcita, con una matriz arcillo-arenosa de color rojizo, apoyándose sobre un mioceno detrítico. Constituyen un acuífero libre de escasas posibilidades hidrogeológicas en cuanto a una explotación a escala regional.

Sus espesores varían de N a S. Al N del paralelo de León pueden encontrarse espesores de hasta 30 m; hacia el S los espesores medios oscilan entre 5 y 8 m, llegando a cifras menores en las zonas más meridionales. Al N del citado paralelo la orografía es bastante accidentada debido a los numerosos barrancos excavados en las propias rañas, no existiendo tierras de labor; al S las rañas se presentan con una morfología plana ligeramente inclinada, estando ampliamente cultivadas.

La permeabilidad del acuífero es pequeña, siendo la transmisividad probablemente inferior a 10 m<sup>2</sup>/día. Los pozos existentes suelen agotarse a las 4-6 h bombeando caudales de 1 a 2 l/s y tardan 24 h en recuperarse, lo que da una idea de la pobreza del acuífero. Para aumentar el caudal de los pozos es una práctica común perforar barrenas o machinas en el fondo de los mismos buscando los acuíferos, frecuentemente artesianos, del Mioceno Subyacente. En la actualidad gran parte de los pozos están abandonados desde que entraron en funcionamiento los regadíos del sistema Orbigo-Tuerto a partir de los embalses de Villameca y Barrios de Luna.

Es difícil (y no se ha podido) establecer un balance hídrico de las rañas por dos motivos. Primero, porque deben existir intercambios de flujo con el Mioceno, prácticamente imposibles de medir. Y segundo, por la dificultad de medir los caudales de los numerosos manantiales perimetrales de caudal individual tan pequeño que en muchas ocasiones se pueden catalogar como rezumes. A título orientativo estimamos que la recarga debe ser del orden del 5 por ciento de la precipitación media anual.

#### 5.1.4. ARENALES DE LA MORAÑA Y TIERRA DE PINARES

Sobre la margen izquierda del Duero, en las provincias de Avila, Segovia y Valladolid, se encuentran extensos depósitos de arenas cuaternarias que recubren parcialmente a las formaciones arcillo-arenosas del Mioceno.

Los arenales, junto con los lentejones arenosos del Mioceno próximo a la superficie, constituyen un sistema de acuíferos libres de gran extensión y pequeño espesor, que desempeña un importante papel en el funcionamiento hidrogeológico general de la Cuenca.

La superficie afectada por los arenales es de unos 6.000 km<sup>2</sup>, pero sólo una tercera parte de la misma está cubierta por arenales propiamente dichos, correspondiendo el resto de los afloramientos arcillo-arenosos de la facies Tierra de Campos (s.l.). A escala local cada arenal o lentejón de arena constituye un acuífero, sin embargo, a efectos hidrogeológicos regionales se puede considerar que existe un manto acuífero libre, continuo y heterogéneo.

Los espesores de las capas de arena son pequeños, en general inferiores a 5 m y rara vez superiores a 15 m. Sin embargo, sondeos de investigación minera perforados recientemente al S de Cuéllar han revelado espesores (hasta ahora desconocidos), de más de 30 m de arenas cuaternarias.

Las transmisividades son de medias a bajas, estando generalmente comprendidas entre 10 y 100 m<sup>2</sup>/día.

Los caudales de los pozos son muy variables pero en general pequeños, oscilando entre menos de 1 l/s y 20 l/s en el mejor de los casos. Con frecuencia los pozos se agotan después de 6-8 h de bombeo, tardando otras tantas en recuperarse.

La recarga del acuífero proviene de la infiltración del agua de lluvia que oscila, en función de la litología del terreno, entre un 20 por ciento de la precipitación media anual en el caso de los arenales propiamente dichos y un 5 por ciento para los terrenos arcillo-arenosos. La media se sitúa en un 11 por ciento, lo que representa una recarga de 325 hm<sup>3</sup>/año sobre los 6.000 km<sup>2</sup>.

La descarga se origina por bombeos y por percolación hacia los acuíferos profundos. El drenaje por los ríos (Adaja, Voltoya, Arealillo, Zapardiel, etc.) es a efectos prácticos despreciable. De pozos ordinarios se bombean unos 50 hm<sup>3</sup>/año con los que se riegan 15.000 ha. Los 280 hm<sup>3</sup>/año restantes se infiltran hacia las capas arenosas profundas del Terciario Detrítico.

Como se acaba de ver los arenales desempeñan un importante papel en la hidrogeología regional de la Cuenca del Duero pues, una vez recibida el agua de lluvia, la almacenan temporalmente cediéndola lentamente por infiltración vertical a los acuíferos profundos subyacentes. Constituyen, por lo tanto un elemento regulador de la recarga de dichos acuíferos miocenos. Localmente constituyen interesantes unidades de explotación para atender pequeñas demandas de agua puntuales.

#### 5.1.5. ALUVIALES DE LOS RIOS

Considerados a escala regional los aluviales de los ríos de la Cuenca del Duero tienen un limitado interés hidrogeológico por dos motivos: en primer lugar porque la mayoría de los cuaternarios de los ríos, que por su anchura podrían tener entidad como acuíferos, están dominados por canales de riego que atienden todas las necesidades de agua hasta el punto de que los pozos antiguos han sido cegados o abandonados. En segundo lugar, porque, según se deduce del inventario realizado, rara vez se sobrepasan los 10 m de espesor saturado.

Los principales cuaternarios se desarrollan a lo largo de los ríos Duero, Orbigo y Esla, Pisuerga, Arlanza y Tormes. En los restantes casos, especialmente en los afluentes de la margen izquierda del Duero como son el Cega, Eresma, Voltoya, Adaja, etc., el aluvial alcanza un desarrollo irrelevante desde el punto de vista hidrogeológico.

En general están constituidos por una capa superficial de tierra de labor y limos depositada sobre gravas y arenas más o menos limpias de 3 a 10 m de espesor en la mayor parte de los casos.

Los pozos suelen tener profundidades comprendidas entre 2 y 10 m, encontrándose el agua entre 1 y 3 m de profundidad.

Los pozos más productivos se encuentran en los cuaternarios de los ríos Esla, Duero (aguas abajo de Simancas) y Arlanzón, donde no es raro encontrar caudales superiores a 20 l/s. En el río Pisuerga los caudales oscilan frecuentemente entre 5 y 15 l/s, en el Duero, aguas arriba de Simancas suelen ser inferiores a 10 l/s. En numerosos ríos o tramos de ríos (como por ejemplo el Orbigo, Tormes, Pisuerga hasta el Arlanzón, Duero entre Toro y Zamora, etc.) no se conocen los caudales de los pozos porque éstos están cegados o abandonados desde que se comenzó a regar con aguas superficiales. De hecho es muy frecuente que los pozos actuales se mantengan para completar, en años secos, el caudal derivado de los ríos. Ejemplo típico son los pozos existentes en el cuaternario del Duero aguas arriba de su confluencia con el Pisuerga o los del cuaternario del río Esgueva.

En la generalidad de los casos carece de sentido hablar de los recursos propios de los aluviales pues están íntimamente ligados a los de los ríos que por ellos discurren y a la recarga inducida por los sobrantes de riegos con aguas superficiales. Además, en muchas ocasiones los aluviales son los receptores del flujo subterráneo que, procedente del Terciario Detrítico es drenado finalmente por los ríos. En consecuencia, conviene tener en cuenta la posibilidad de proceder en los cuaternarios a captaciones puntuales de caudales importantes (por ejemplo mediante pozos radiales) siempre que esté asegurada la recarga por algún río próximo, sobrantes de riegos, etc.

## 5.2. ACUIFEROS PROFUNDOS

### 5.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

El Terciario Detrítico de los sistemas 8 y 12, formado por capas lenticulares de arenas o gravas englobadas en una matriz más o menos semipermeable, se comporta en conjunto como un gran acuífero heterogéneo y anisótropo, confinado o semiconfinado según zonas.

La extensión total del acuífero coincide con la del estudio (43.455 km<sup>2</sup>), siendo sus límites:

- Al Norte, los materiales paleozoicos de la Cordillera Cantábrica (principalmente cuarcitas y pizarras y algunas areniscas y calizas en las cabeceras del Porma y el Esla). Entre el Paleozoico y el Terciario se intercala una banda estrecha y discontinua de calizas cretácicas.
- Al Este y Noreste el Mesozoico de la Cordillera Ibérica.
- Al Sur, el Sistema Central, fundamentalmente granítico en su sector occidental (Ávila) y cuarcítico o pizarroso en su sector oriental (Salamanca).
- Al Oeste, los afloramientos graníticos de las tierras de Sayago y las cuarcitas y pizarras paleozoicas de la Sierra de la Culebra, Sanabria y Montes de León.

El espesor del Terciario crece rápidamente desde los bordes hacia el centro de la Cuenca alcanzando más de 2.000 m en las cercanías de Burgos y en Aranda de Duero (Gráfico nº 12). Se trata por consiguiente, del mayor acuífero peninsular tanto por su extensión como por su espesor.

En líneas generales el flujo subterráneo se dirige desde los bordes hacia el centro de la Cuenca, actuando los principales ríos (Duero, Orbigo, Esla, Cea-Valderaduey, Arlanza y Arlanzón) como vías de drenaje. Estos ríos están muy poco encajados, penetrando poco en el acuífero, de modo que se produce un flujo tridimensional.

El concepto de flujo tridimensional es fundamental para comprender el funcionamiento hidrogeológico de la Cuenca, el balance hídrico del Terciario y sus características geohidroquímicas. La hipótesis de flujo bidimensional horizontal sólo es válida en la zona centro-oriental de la Cuenca que hemos denominado "Región de los Páramos".

Una consecuencia inmediata de la tridimensionalidad del flujo, es que el nivel piezométrico o carga hidráulica es variable en la vertical de un punto en función de la profundidad. O dicho con otras palabras, las líneas isopiezas carecen de sentido (o mejor dicho, inducen a error) si no se refiere a una profundidad determinada. En el gráfico 13 se han representado las líneas isopiezas correspondientes a dos profundidades diferentes (40 a 100 m y más de 200 m) comprobándose que ambas familias de curvas no son coincidentes.

Puesto que en el Terciario Detrítico el flujo es tridimensional, con una componente vertical importante, es preferible hablar de permeabilidades más que de transmisividades.

Además, y por la misma razón, la anisotropía del conjunto juega un papel importante en el funcionamiento hidrogeológico del sistema.

La zona estudiada se ha subdividido en cinco regiones homogéneas desde el punto de vista del flujo subterráneo, que se describen a continuación (ver Gráfico nº 14).

### **5.2.2. REGION SUR DE LOS ARENALES**

Se extiende al S del Duero entre este río y el Sistema Central, sobre una superficie de 7.632 km<sup>2</sup>.

El espesor del Terciario crece rápidamente desde los bordes hacia el centro estimándose en más de 1.000 m, en las proximidades del río Duero.

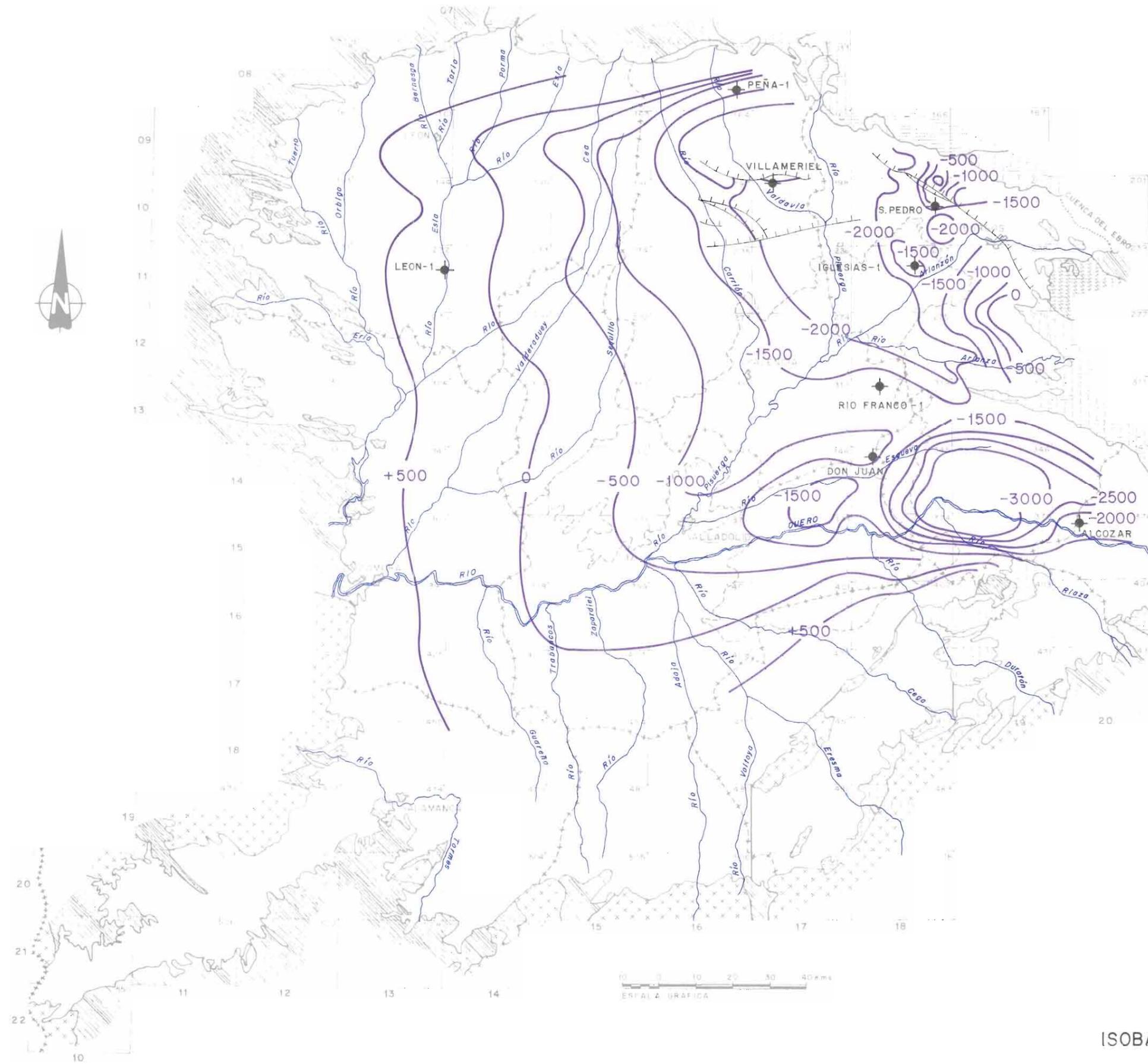
Sus recursos están explotados por numerosos sondeos de profundidades variables entre 50 y 250 m aunque en algún caso se llegue hasta 500 m de profundidad. En total se estima que existen unos 3.000 sondeos con los que se riegan 42.000 ha y se abastece la mayor parte de la población.

Las extracciones netas (descontada el agua que se reinfilitra en el acuífero) se han estimado en 150 hm<sup>3</sup>/año en números redondos.

Los caudales por pozo son muy variables pero en la mayor parte de los casos oscilan entre 10 y 30 l/s, siendo el caudal específico del orden de 1 l/s x m.

Prácticamente toda la recarga procede de la infiltración del agua de lluvia. Esta es retenida temporalmente por los acuíferos superficiales libres (arenales) que la ceden lentamente por goteo a los acuíferos profundos. Cerca del Sistema Central el agua sigue una trayectoria descendente y, después de un recorrido horizontal más o menos largo, se inicia una trayectoria ascendente hasta alcanzar el río Duero directamente o por medio de los cuaternarios. El flujo es tridimensional como se indica en el gráfico 15.

El balance hídrico de la región es simple y se puede resumir de la siguiente manera:



LEYENDA

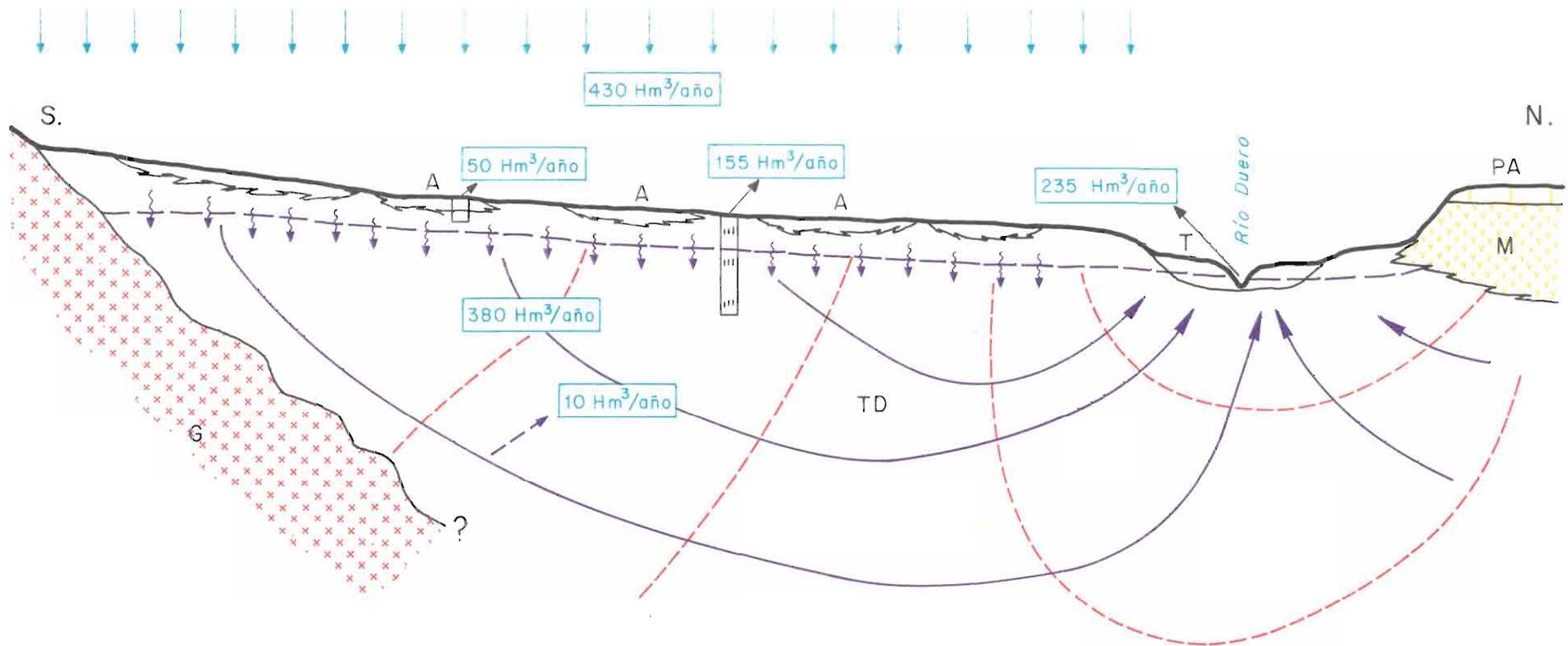
- ..... DIVISORIA HIDROGRAFICA
- +++++ LIMITE CON PORTUGAL
- 274 HOJAS TOPOGRAFICAS 1:50.000 CON SU NUMERO
- LIMITE DEL TERCIARIO MARGO-YESIFERO
- +--+ LIMITE DE PROVINCIA
- TALIZAS
- ARENAS Y ARENISCAS
- TAJUMIAS
- PALEOZOICO INDIFERENCIADO
- ROCAS ERUPTIVAS
- 500 ISOBATA
- SONDEO PETROLIFERO
- FALLA

Gráfico nº 12

ISOBATAS DEL MURO DEL TERCIARIO







**LEYENDA**

- NIVEL PIEZOMETRICO
- LINEA DE FLUJO
- LINEA EQUIPOTENCIAL

- G** GRANITO
- TD** TERCARIO DETRITICO
- PA** PARAMO
- T** TERRAZAS
- A** ARENALES
- M** MARGAS

**REGION DE LOS ARENALES**

ENTRADAS	Hm <sup>3</sup> /año	SALIDAS	Hm <sup>3</sup> /año
Entradas de los Páramos	Despreciable	Bombeos pozos	50
Entradas de la Región Suroeste	10	Bombeos sondeos	155
Infiltración lluvia	430	Drenaje por ríos	235

**Gráfico nº 15**  
**ESQUEMA DE FLUJO**  
**DE LOS ARENALES**

(Sin Escala)

### Entradas

Goteo desde los acuíferos superficiales	380 hm <sup>3</sup> /año
Entradas de la región SO o del Tormes	10 hm <sup>3</sup> /año

### Salidas

Bombes netos	155 hm <sup>3</sup> /año
Drenaje por ríos	235 hm <sup>3</sup> /año

Aunque según este balance hay un exceso de recursos sobre extracciones, existen problemas de sobreexplotación debido a la inadecuada distribución geográfica de las mismas. La zona sobreexplotada se localiza en La Moraña (Ávila) y Peñaranda de Bracamonte (Salamanca) manifestándose la sobreexplotación por un continuado descenso de los niveles piezométricos y un incremento en la amplitud de las oscilaciones estacionales de los niveles, que se inició hacia 1973-1974.

También en la zona de Olmedo existen problemas, pero aquí son debidos a la progresiva degradación en la calidad del agua.

### 5.2.3. REGION NORTE O DEL Esla-VALDERADUEY

Coincide a grandes rasgos con las cuencas del Esla y Valderaduey, incluyendo también parte de las cuencas del Carrión. Su extensión es de 16.360 km<sup>2</sup>.

En una extensa zona (6.740 km<sup>2</sup>) los acuíferos son surgentes. La recarga se produce por la infiltración del agua de lluvia en las áreas no surgentes que coinciden con los interfluvios de los ríos y con una extensa franja adosada al borde N. Además, existe una apreciable recarga subterránea por las calizas y cuarcitas fracturadas de los bordes. El flujo subterráneo se dirige hacia los principales ríos que cruzan la región (Orbigo, Esla, Cea-Valderaduey) y sólo una pequeña parte es drenada directamente por el río Duero (Gráfico nº 16).

Los grandes núcleos urbanos (León, Zamora, Benavente, Toro) se abastecen con aguas superficiales pero en los restantes predominan ampliamente los abastecimientos a partir de sondeos profundos. Muchos de ellos son surgentes y están continuamente abiertos extrayendo volúmenes de agua muy superiores a las necesidades reales. Se estima que las salidas por este concepto están comprendidas entre 60 y 100 hm<sup>3</sup>/año.

Además se riegan unas 10.000 ha con pozos profundos, la mayor parte situadas en las provincias de Valladolid y Zamora. Las extracciones netas se estiman en 30 hm<sup>3</sup>/año.

En la parte central de la cuenca del Esla los sondeos suelen ser muy profundos (entre 250 y 500 m de profundidad). Hacia los bordes N y O y hacia el río Duero los sondeos suelen tener menores profundidades (entre 100 y 200 m generalmente).

Los mayores caudales específicos (más de 1 l/s x m como media) se localizan en la zona de Villalpando-San Pedro de Latarce-Toro-Tordesillas y al S de León en Santa María del Páramo y Mansilla de las Mulas.

Las entradas y salidas globales se estiman en los siguientes órdenes de magnitud:

### Entradas

Infiltración del agua de lluvia	175 a 350 hm <sup>3</sup> /año
Entradas laterales por los bordes	30 a 60 hm <sup>3</sup> /año

## Salidas

Bombeos netos en sondeos profundos	30 hm <sup>3</sup> /año
Salidas por sondeos surgentes	60 a 100 hm <sup>3</sup> /año
Drenajes por ríos	110 a 280 hm <sup>3</sup> /año

Este balance es una simple estimación que consideramos razonable en función de los conocimientos actuales, pero que puede estar sujeto a errores relativamente importantes.

Por ahora no se han observado en esta región síntomas de sobreexplotación del Terciario Detrítico. En León capital y alrededores se ha observado un descenso de niveles relativamente importante durante las últimas décadas pero debido al progresivo aumento de las extracciones, estimándose que si estas se estabilizaran se alcanzaría con relativa rapidez una situación de equilibrio ya que coincide con una zona de descarga de agua subterránea.

No hay, por lo tanto sobreexplotación. Sin embargo, existe el problema de las interferencias entre sondeos próximos.

En la zona de Valderas-Villafáfila se han detectado aguas de mala calidad química, coincidiendo con una zona de salida de las aguas subterráneas profundas hacia las lagunas del mismo nombre y hacia el río Salado, habiéndose medido valores de la conductividad superiores a 6.000  $\mu$ mhos/cm en algunos puntos. Sin embargo, no se trata de un problema de sobreexplotación, sino de un fenómeno natural.

### 5.2.4. REGION CENTRO O DE LOS PARAMOS

Con una superficie de 6.634 km<sup>2</sup> se sitúa esta región en la parte centro-oriental de la cuenca entre Medina de Rioseco, Palencia, Castrogeriz, Cuéllar y Valladolid.

En toda la región así definida el Terciario Detrítico subyace a un potente paquete de margas y margas yesíferas impermeables, de espesores comprendidos entre 80 y más de 400 m, constituyendo un acuífero confinado.

En consecuencia, el acuífero profundo, aislado de los ríos y de los acuíferos superficiales libres (aluviales, terrazas, calizas del páramo) no recibe aporte alguno en sentido vertical (infiltración de lluvia o goteo de los acuíferos superiores) ni cede agua hacia arriba (drenaje por ríos). Todas las entradas y salidas (excepto los bombeos) se producen lateralmente por los límites de esta región con las regiones colindantes. El flujo es, obviamente, bidimensional horizontal (Gráfico nº 17).

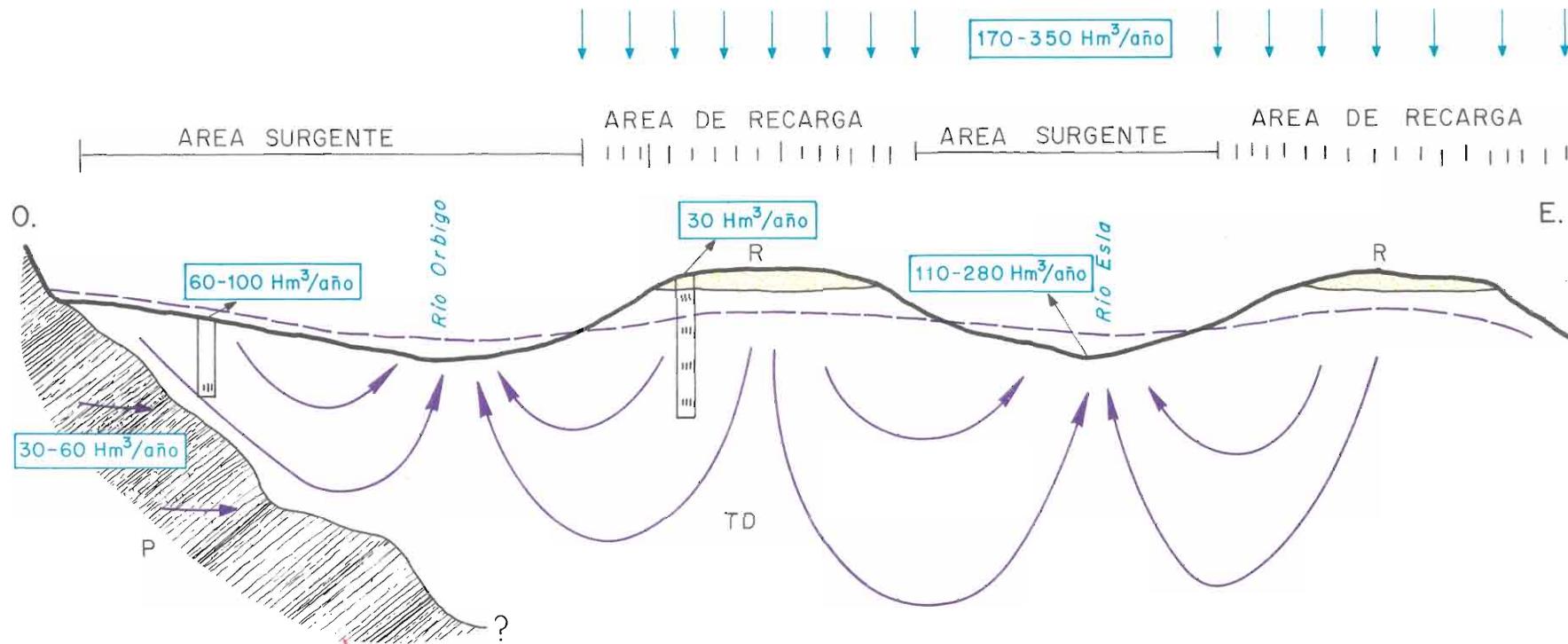
Las entradas subterráneas (o sea los recursos de la región) son muy reducidas, habiéndose estimado en unos 6 hm<sup>3</sup>/año, que equivalen en números redondos a  $3 \times 10^{-2}$  l/s x km<sup>2</sup>.

Este exíguo caudal explica que en los valles del Esgueva y del Cerrato se estén produciendo descensos en los niveles piezométricos del orden de 2 m por año con un bombeo total de unos 4 hm<sup>3</sup>/año destinados al riego de 800 ha.

El problema no sería excesivamente grave si se prohibiera el aumento de los regadíos. Pero todo parece indicar que los regadíos seguirán aumentando en los próximos años debido a los buenos rendimientos que se obtienen en los valles (especialmente en remolacha y alfalfa) y a los problemas que presentan los regadíos con aguas superficiales debido a la falta de regulación del río Esgueva.

Por otra parte, el aluvial del río constituye un acuífero muy pobre y tampoco permite solucionar el problema.

El agua es de calidad mediocre (del orden de 2.500  $\mu$ mhos/cm) y convendrá vigilar la evolución de su calidad ante el peligro de contaminación que suponen las margas yesíferas del techo.



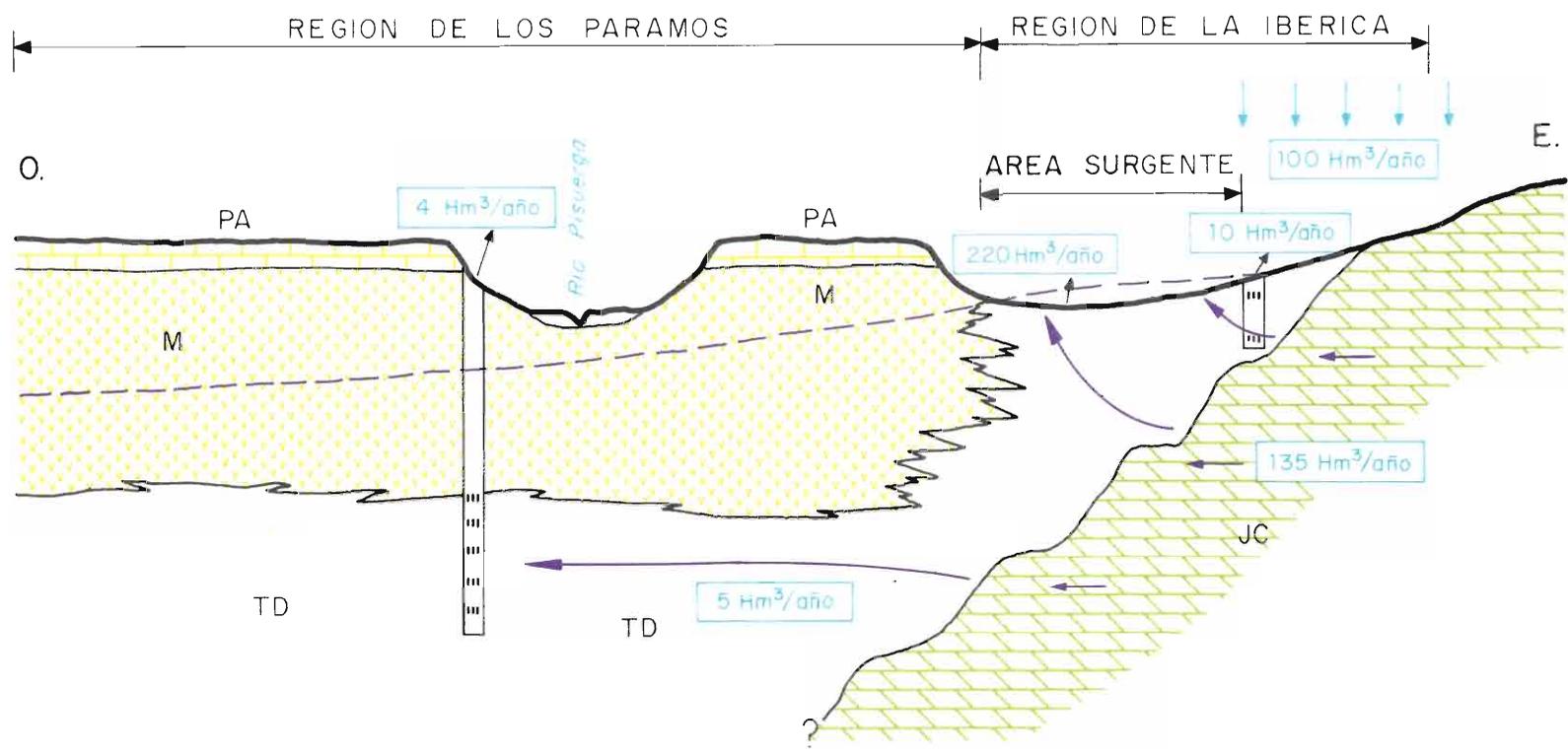
LEYENDA

- NIVEL PIEZOMETRICO
- LINEA DE FLUJO
- P PALEOZOICO
- TD TERCARIO DETRITICO
- R RAÑAS

REGION ESLA-VALDERADUEY

ENTRADAS	Hm <sup>3</sup> /año	SALIDAS	Hm <sup>3</sup> /año
Infiltración lluvia	170-350	Bombesos sondeos profundos	30
Entradas laterales por bordes	30-60	Salidas sondeos surgentes	60-100
		Drenaje ríos	110-280

Gráfico nº 16  
 ESQUEMA DE FLUJO  
 REGION ESLA-VALDERADUEY  
 (Sin Escala)



REGION DE LA IBERICA

ENTRADAS Hm <sup>3</sup> /año		SALIDAS Hm <sup>3</sup> /año	
Infiltración lluvia	100	Drenaje por ríos	220
Entradas laterales procedentes de la Ibérica	135	Bombeos	10
		Salida hacia páramos	5

REGION DE LOS PARAMOS

ENTRADAS Hm <sup>3</sup> /año		SALIDAS Hm <sup>3</sup> /año	
Entradas desde el Este	5	Bombeos	4
		Salida a región arenales	Despr.

- LEYENDA
- — — NIVEL PIEZOMETRICO
  - — — LINEA DE FLUJO
  - JC MESOZOICO
  - TD TERCARIO DETRITICO
  - M MARGAS
  - PA PARAMO

Gráfico nº 17  
 ESQUEMA DE FLUJO  
 REGION DE LA IBERICA  
 (Sin Escala)

### 5.2.5. REGION ESTE O DE LA IBERICA

Incluye esta región las cuencas de los ríos Pisuerga, Arlanzón, Arlanza, Duero y Ríaza desde que penetran en la Meseta hasta que alcanzan la región de los Páramos. Cubre una superficie de 8.456 km<sup>2</sup>.

Sus características hidrogeológicas son todavía mal conocidas debido a los relativamente escasos sondeos existentes, que se encuentran concentrados además en las zonas de Burgos-Lerma y Roa-Aranda de Duero.

Parece fuera de dudas que existen entradas subterráneas laterales procedentes del Mesozoico de la Cordillera Ibérica, detectadas por la forma que adoptan las isopiezas en sus proximidades y por la inversión en la calidad química del agua observada en la zona de Aranda, pero no ha sido posible medir dicho caudal.

Estimando la recarga por infiltración del agua de lluvia en 100 hm<sup>3</sup>/año resultan las siguientes cifras (redondeadas):

#### Entradas

Infiltración del agua de lluvia	100 hm <sup>3</sup> /año
Entradas laterales procedentes de la Ibérica	135 hm <sup>3</sup> /año

#### Salidas

Drenaje por ríos	220 hm <sup>3</sup> /año
Bombeos	10 hm <sup>3</sup> /año
Salidas hacia la región de los Páramos	5 hm <sup>3</sup> /año

Como se ve las extracciones son muy reducidas y no existen problemas de sobreexplotación en toda esta región.

### 5.2.6. REGION SUR-OESTE O DEL TORMES

Corresponde a la parte del Terciario Detrítico que es drenada por el río Tormes y que coincide grosso modo con la cuenca terciaria del mismo río. Su extensión es de 4.373 km<sup>2</sup>.

El río Tormes divide a la región en dos partes de distintas características hidrogeológicas. La situada sobre la margen derecha (zona de la Armuña) es muy similar a la región S o de los Arenales, con las siguientes diferencias: el flujo subterráneo se dirige hacia el río Tormes, excepto una pequeña parte (10 hm<sup>3</sup>/año) que a través de las capas más profundas se dirige a la región de los Arenales, el espesor del Terciario es mucho más reducido (generalmente menos de 300 m) y los materiales son más conglomeráticos y areniscosos, especialmente en el dominio de sedimentación eocena. La extensión de esta subzona es de 2.160 km<sup>2</sup>.

La subzona correspondiente a la margen izquierda del Tormes (zona de Ciudad Rodrigo) constituye un corredor Terciario, de 2.213 km<sup>2</sup> de extensión, encajado entre terrenos paleozoicos y graníticos. Sus características hidrogeológicas son mal conocidas por la escasez y dispersión de los datos existentes. Las isopiezas se disponen en dirección NE-SO, paralelas al eje del pasillo terciario. Los resultados conocidos de los sondeos existentes son aparentemente aleatorios y erráticos; parece ser que están estrechamente relacionados con la tectónica y estructura del zócalo y bordes paleozoicos.

En la margen derecha del Tormes se riegan 2.900 ha con sondeos profundos y 2.000 con pozos excavados en arenales, lo que representa unas extracciones netas del orden de

10 hm<sup>3</sup>/año y 7 hm<sup>3</sup>/año respectivamente. Por comparación con las zonas próximas de la región de los Arenales estimamos que la infiltración del agua de lluvia es del orden del 8 por ciento de la precipitación (875 hm<sup>3</sup>/año) o sea, unos 70 hm<sup>3</sup>/año. El goteo hacia los acuíferos profundos será de 63 hm<sup>3</sup>/año. En resumen, el balance estimado es como sigue:

**Entradas**

Goteo hacia los acuíferos profundos	63 hm <sup>3</sup> /año
-------------------------------------	-------------------------

**Salidas**

Bombeo con sondeos profundos	10 hm <sup>3</sup> /año
Salida subterránea hacia la región de los Arenales	10 hm <sup>3</sup> /año
Drenaje por el río Tormes	43 hm <sup>3</sup> /año

Los recursos de la zona situada en la margen izquierda del Tormes son desconocidos. Suponemos que son muy pequeños y que carecen de importancia a escala regional teniendo en cuenta la dirección general de flujo subterráneo (orientado hacia un borde impermeable) y que los principales ríos (Huebra, Agueda, Yeltes, etc.) están secos casi todo el año.