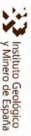


**LEYENDA**

- PUNTO CON NIVEL PIEZOMÉTRICO
- MANANTIALES
- 30001 CODIGO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA
- LIMITE DE MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA
- ISOPIEZAS ACUÍFERO
- DIRECCION DEL FLUJO SUBTERRÁNEO



MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO NATURAL Y CAMBIO CLIMÁTICO



DIRECCION GENERAL

ENCOMIENDA DE GESTIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS DE APOYO A LA SOSTENIBILIDAD Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

ACTIVIDAD 5: ELABORACIÓN DEL MAPA PIEZOMÉTRICO DE ESPAÑA

CUENCAS INTERNAS DEL PAÍS VASCO

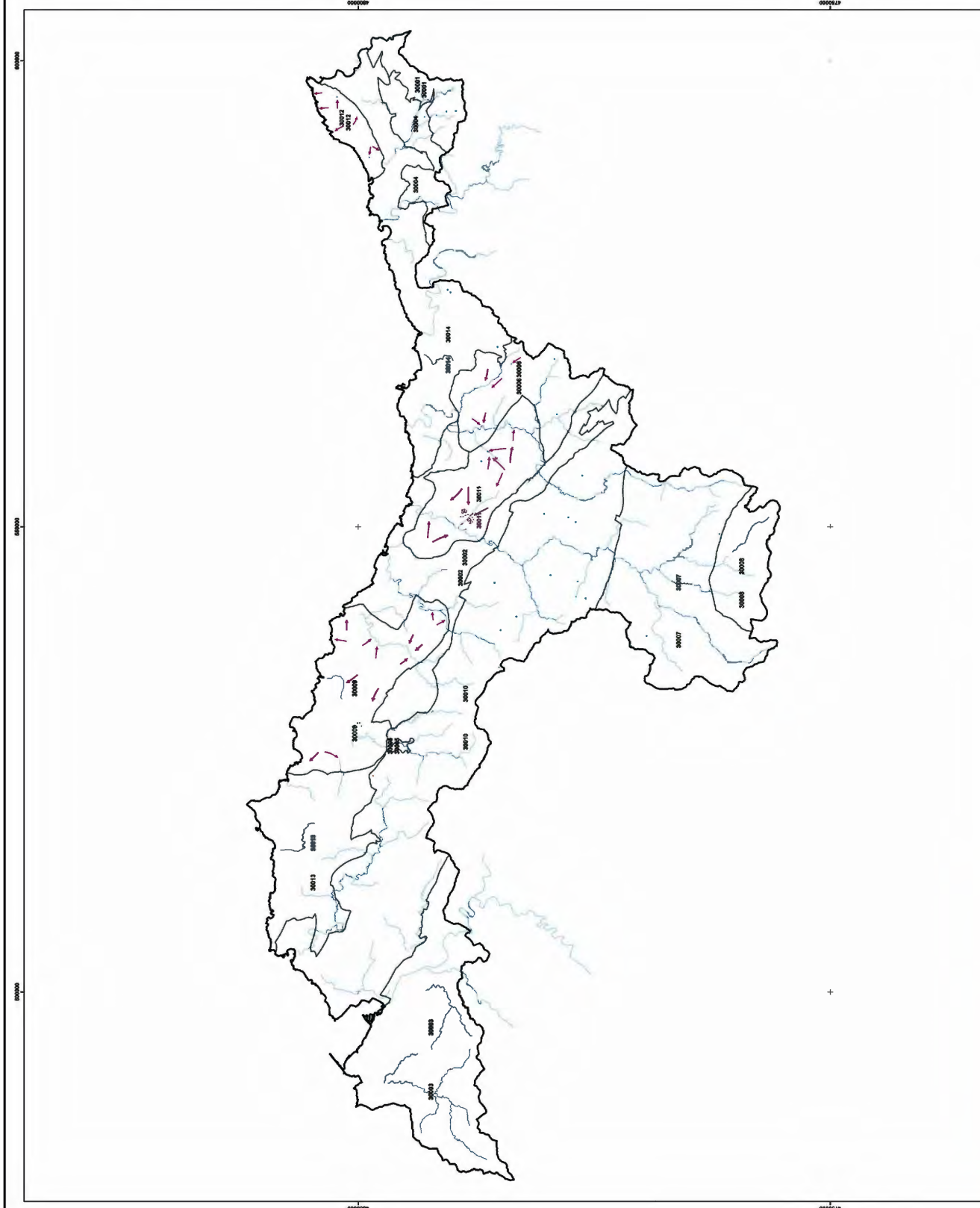
PERIODO: 1983-1990




CÓDIGO MAPA: EG05\_015\_MAP\_83\_90

JULIO 2009

**LEYENDA**

- PUNTO CON NIVEL PIEZOMÉTRICO
- MANANTIALES
- 30001 CÓDIGO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA
- LÍMITE DE MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA
- ISOPIEZAS ACUÍFERO
- DIRECCIÓN DEL FLUJO SUBTERRÁNEO



  	<b>ENCOMIENDA DE GESTIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS DE APOYO A LA SOSTENIBILIDAD Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS</b>	<b>CUENCAS INTERNAS DEL PAÍS VASCO</b> PERIODO: MAYO 2008 CÓDIGO MAPA: EG05_015_MAP_08	JULIO 2009
	<b>ACTIVIDAD 5: ELABORACIÓN DEL MAPA PIEZOMÉTRICO DE ESPAÑA</b>		

### Esquema de flujo y evolución

Teniendo en cuenta la compartimentación hidrogeológica de la cuenca, y tal como se observa en los mapas, es imposible identificar un sentido general de los flujos subterráneos: en algunos casos son convergentes hacia un cauce, pero lo más general es que los acuíferos principales (normalmente albergados en formaciones carbonatadas) tengan descargas individualizadas a través de manantiales localizados a cotas diversas en función de su relación con estructuras tectónicas o kársticas.

Las áreas con materiales de baja permeabilidad de la Cuenca se intercalan entre las estructuras acuíferas, independizándolas. Están incluidas dentro de las masas de agua subterránea.

Por la escasa información disponible, no es posible analizar la variación del nivel piezométrico entre las isopiezas de los dos periodos seleccionados a escala de cuenca.

## DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO

### Mapa de referencia (Período 1969-1972)

El proceso de clasificación de datos ha permitido seleccionar para cada unidad el año en que existía un mayor número de medidas, de forma que para el conjunto de la demarcación el período no excediera de 3-4 años. El período seleccionado para la Demarcación Hidrográfica del Duero es el 1969-1972. Al no existir redes de control en estas fechas, al menos de rango regional, los datos son, en su gran mayoría, procedentes de los inventarios realizados en el PIAS (Programa de Investigación de Aguas Subterráneas). El total de puntos seleccionados en toda la demarcación es de 1545.

De la misma forma que para puntos de agua con nivel, se ha procedido con los manantiales registrados en la base de datos del IGME, de forma que se han seleccionado todos los que disponía de alguna información correspondiente a los años 1969-1972. Debido a la escasez de manantiales registrados en la base de datos para este período, se amplió el rango de años hasta 1980. Con ello se consiguió una mayor representatividad, alcanzando un número total de 559 manantiales.

En la corrección manual de las isopiezas se pudo comprobar una fuerte distorsión en su trazado, que tras su análisis se pudo atribuir al gran número de puntos de

agua de muy poca profundidad, cuyo nivel no es representativo de la masa de agua. Siguiendo un criterio ya establecido en los primeros estudios regionales realizados por el IGME en la zona, se decidió prescindir de los puntos con profundidad menor de 40 metros, que suman un total de 1.230 puntos (de los que 1.200 tienen menos de 30 metros y 1.160 menos de 20 metros).

Tres este filtrado de profundidad, han quedado un total de 297 puntos para la representación de isopiezas, de los que unos 80 tienen una profundidad mayor de 200 metros, considerado a nivel regional como acuífero profundo o inferior, y que ha sido representado separadamente de los puntos de profundidad de 40 a 150 metros (un total de unos 200 puntos) que se consideran a nivel regional como acuífero superior.

De esta manera se mantiene el mismo criterio seguido tradicionalmente en esta Demarcación Hidrográfica.

### Mapa del estado actual (Mayo 2008)

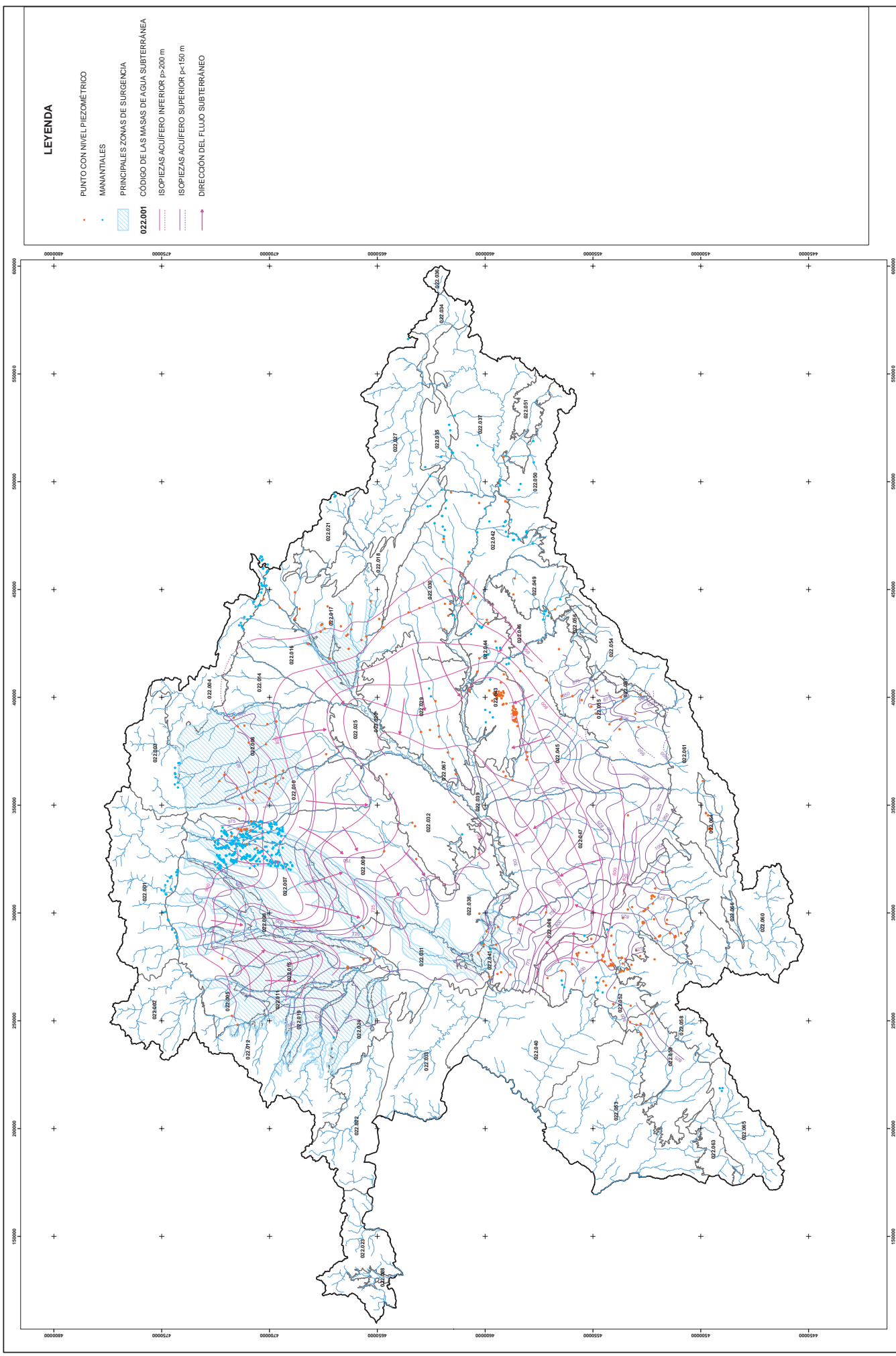
El número de puntos de agua en la red piezométrica oficial de la DGA para mayo de 2008 es de 206 y en una gran mayoría con profundidades superiores a 150 metros por lo que el mapa elaborado es representativo del denominado acuífero profundo o inferior. Algunos puntos de esta red de control no presentaban, en la documentación analizada, la cota de su emplazamiento, que ha sido estimada a partir del modelo digital del terreno (MDT) 10x100 utilizado en el proyecto.

Al no existir en la documentación consultada inventarios actuales de manantiales, no se han representado éstos en el mapa piezométrico.

### Esquema de flujo y evolución

Las isopiezas de la Demarcación Hidrográfica del Duero presentan en general en su trazado una morfología típica de Cuenca Terciaria Detrítica con un contraste claro entre los valles de los ríos donde la isolínea se adapta al mismo y las áreas de interfluvio donde la isolínea se eleva. La isolínea más baja en el mapa piezométrico de Mayo de 2008 –650 metros– se presenta como era de esperar en las zonas más bajas de la cuenca Duero zona próxima a Zamora, mientras que las cotas más elevadas de las isolíneas es de 1.100 metros en la zona de la Sierra de la Demanda.

En la vertiente nordeste del Sistema Central la superficie piezométrica alcanza los 1.000 metros.



ENCOMIENDA DE GESTIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS DE APOYO A LA SOSTENIBILIDAD Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

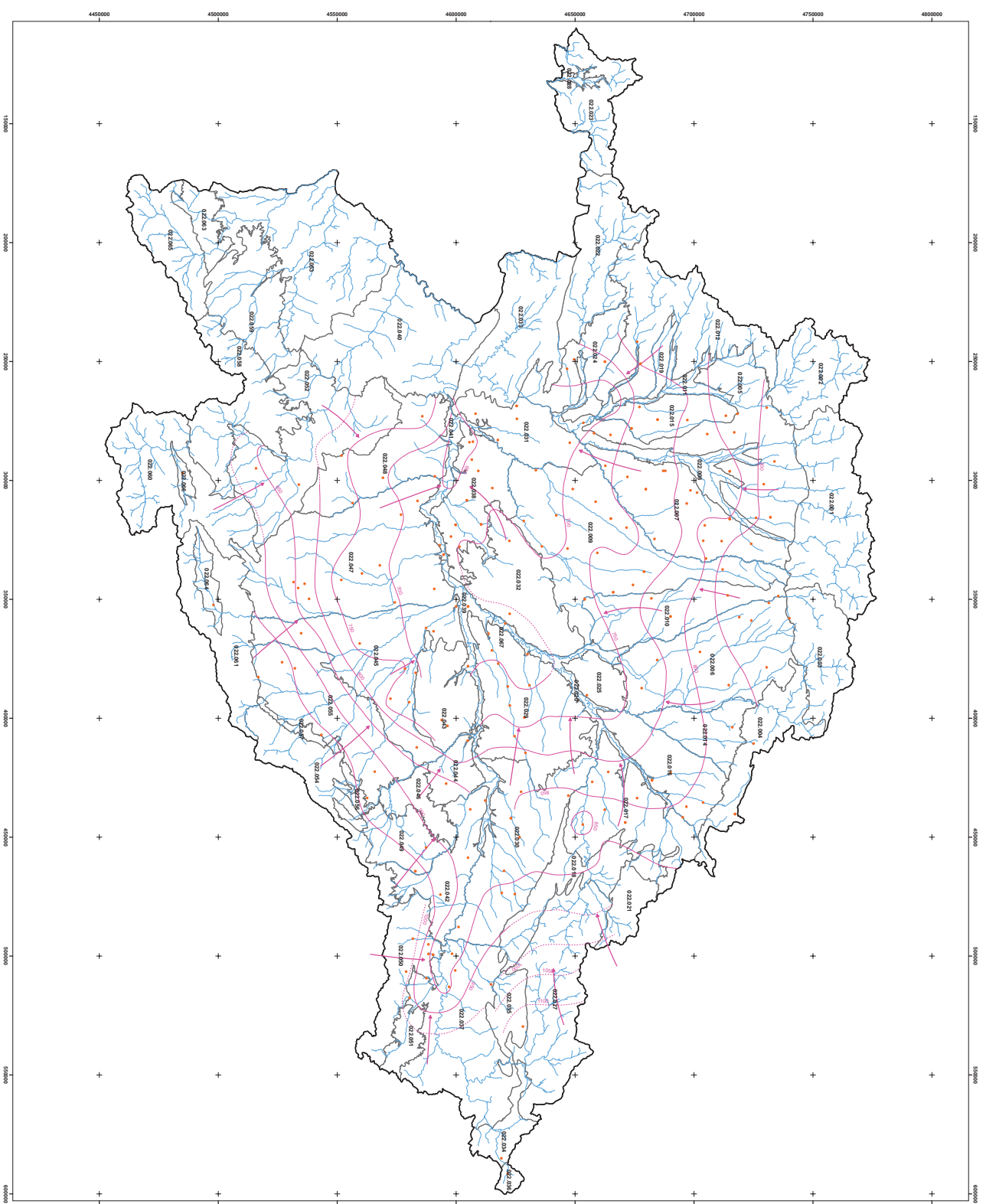
ACTIVIDAD 5: ELABORACIÓN DEL MAPA PIEZOMÉTRICO DE ESPAÑA

CUENCA DEL DUERO  
PERIODO 1969-1972  
CÓDIGO MAPA: EG05\_021\_MAP\_69\_72

JULIO 2009


 GOBIERNO DE ESPAÑA  
 MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN  
 Instituto Científico y Técnico de Aguas Subterráneas


 MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y POLÍTICA RURAL  
 DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA



**LEYENDA**

- PUNTO CON NIVEL PIEZOMÉTRICO
- CÓDIGO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA
- ISOPIEZAS ACUÍFERO
- DIRECCIÓN DEL FLUJO SUBTERRÁNEO



MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN  
 INSTITUTO GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO  
 DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

**ENCOMIENDA DE GESTIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS DE APOYO A LA SOSTENIBILIDAD Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**

ACTIVIDAD 5: ELABORACIÓN DEL MAPA PIEZOMÉTRICO DE ESPAÑA

CUENCA DEL DUERO  
 PERIODO: MAYO 2008

CÓDIGO MAPA: EG05\_021\_MAP\_08

JULIO 2009

En el mapa de 1969-1972, la isopieza más baja, también de 650 metros, coincide sensiblemente en su trazado con el mapa de 2008. Las cotas más elevadas pertenecen al acuífero superior (40-150 metros de profundidad) en el área más próxima al Sistema Central —límite Sur de la Demarcación en la provincia de Segovia— donde la superficie piezométrica se eleva hasta los 1.000 metros.

En el área norte de la Demarcación Hidrográfica las direcciones predominantes del flujo subterráneo son en general N-S y en las proximidades de los ríos con dirección hacia el mismo. Al Este del Pisuerga la dirección predominante es E-W, que se transforma en NE-SW en su límite oriental —Sierra de la Demanda—. En el área sur de la Demarcación el flujo tiene como dirección predominante la S-N (con las mismas salvedades en las inmediaciones de los ríos) que hacia el Este se convierte en SENW.

Este marco hidrodinámico permite delimitar como áreas de recarga general el límite norte de la cuenca en la Sierra Cantábrica, el límite nororiental y oriental, con las Sierra de la Demanda y Sistema Ibérico, y finalmente, el límite sur y suroriental con el Sistema Central. En estas áreas afloran los materiales permeables presentes en el subsuelo de la cuenca del Duero. Sin embargo, también existen zonas de recarga de mucha menor importancia cuantitativa en las áreas de interfluvio desde donde se recargan los acuíferos detríticos terciarios, especialmente el acuífero superior.

En la Demarcación Hidrográfica del Duero existen numerosas áreas de surgencia en donde la concentración de manantiales puede llegar a ser muy importante. El mapa de 1969-1972 revela una gran abundancia de manantiales —el número total inventariado supera los 550—, distribuidos por todas las zonas altas de la cuenca: Suroeste —provincia de Salamanca en las proximidades de los afloramientos paleozóicos—, este —provincia de Soria en los bordes norte y sur de la cuenca de Almazán—, noreste —Sierra de la Demanda— y norte. Pero la mayor concentración de estos manantiales se produce en las zonas más septentrionales de los ríos Órbigo, Esla, Cea y Valderaduey, en el Noroeste de la cuenca y zonas altas de los ríos Carrión, Valdivia, Arlanzón y Arlanza en el noreste de la cuenca. En estas áreas existían en el periodo representado 1969-1972 importantes áreas de surgencia donde la superficie piezométrica interceptaba la superficie del terreno, o era cortada por la erosión de los ríos mencionados dando lugar a extensas zonas húmedas.

Las principales áreas impermeables de la cuenca se encuentran en los límites Sur, Oeste y Norte —Sistema Central, Dominio Hercínico y Sistema Cantábrico—.

La variación del nivel piezométrico entre las fechas seleccionadas para cada uno de los mapas, es muy heterogénea en toda la Demarcación. El descenso de nivel es prácticamente generalizado, si bien su valor, en general poco relevante, es muy variable desde menos de una decena de metros hasta 20 metros en algunas áreas puntuales.

## DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO

### Mapa de referencia (Período 1972-1986)

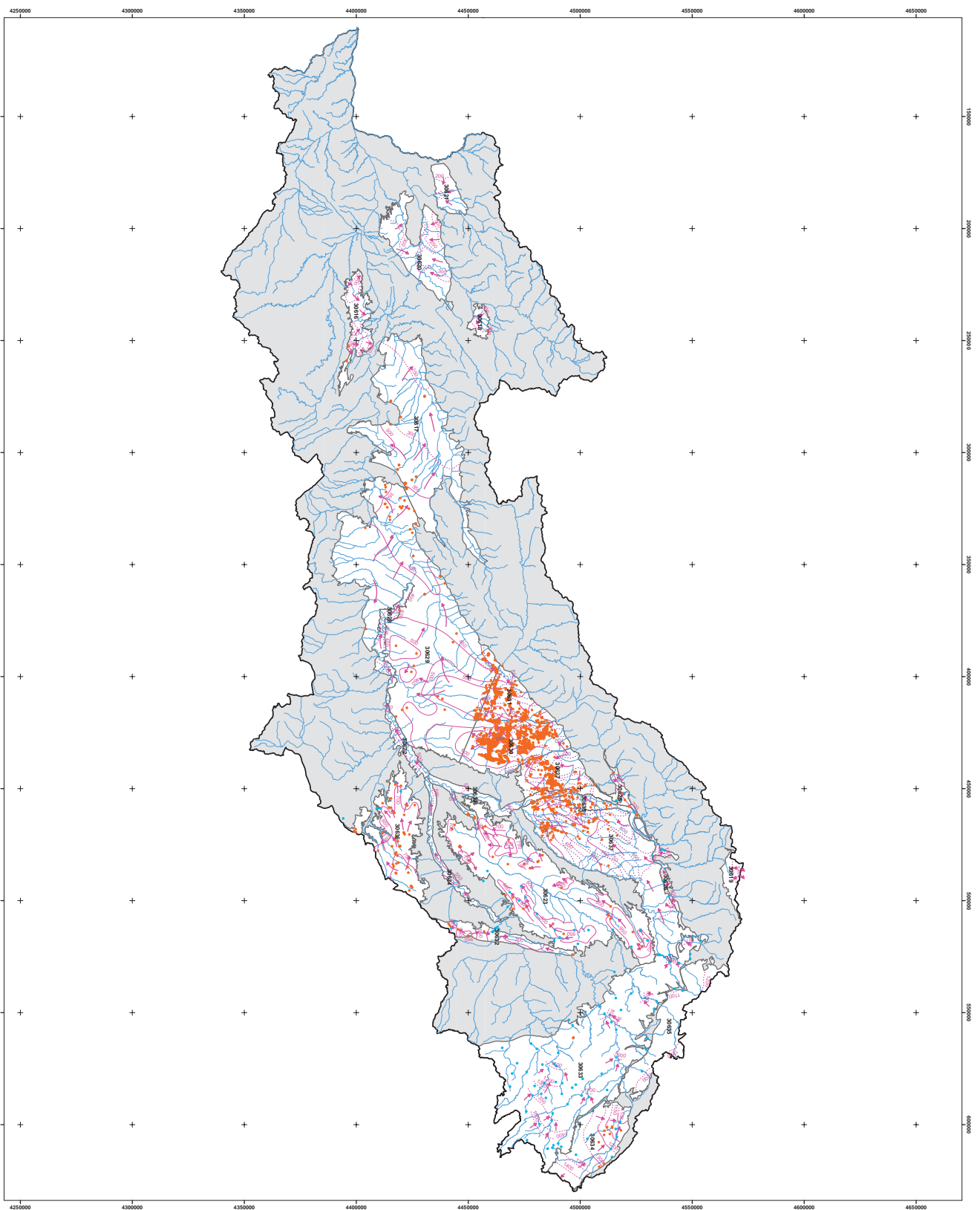
Para las isopiezas de referencia se ha seleccionado un periodo de años centrado en 1981, pero con tres excepciones que lo extienden desde 1972 a 1986: en las MASb correspondientes al Acuífero Terciario Detrítico de Madrid, cuyo año de referencia es 1972, por cantidad de información y por menor grado de presiones e impactos sobre los acuíferos; la MASb de Ocaña, cuya serie de datos más extensa, y única representativa, es del año 1986, y la MASb Albarracín-Cella-Molina de Aragón, en la que únicamente existen datos en 1979.

De la misma forma que para puntos de agua con nivel, se ha procedido con los manantiales registrados en la base de datos del IGME, de forma que se han seleccionado todos los que disponía de alguna información correspondiente al periodo.

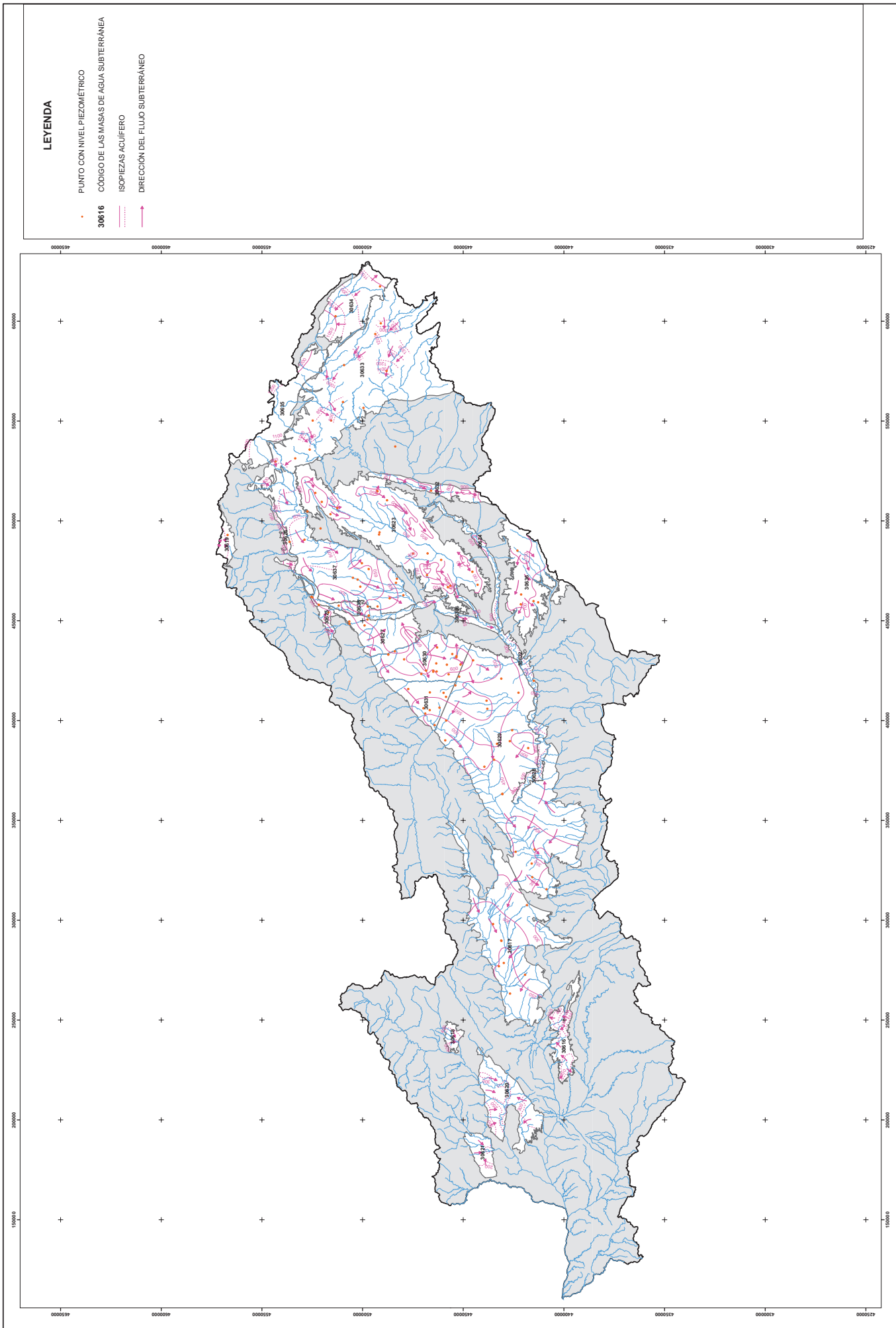
Para el trazado de las isopiezas de referencia se ha utilizado un total de 2.196 medidas piezométricas y 121 cotas de descarga de manantiales.

El mapa elaborado se puede considerar lo más aproximado a un estado natural de las aguas subterráneas en la cuenca hidrográfica del Tajo, ya que representan las primeras campañas generales de medidas, realizadas en el ámbito de cuenca, con independencia de que en zonas concretas existan datos más antiguos.

Como caso particular, es preciso señalar las MASb 30627, 30630, 30631, 30637 y 30638, en las que, siguiendo los criterios aplicados en los trabajos realizadas a finales de la década de 1970, se han representado 2 familias de isopiezas: por un lado, las correspondientes a los niveles registrados en captaciones de profundidad igual o menor de 50 m, que reflejan el esquema de flujo en los tramos




- LEYENDA**
- PUNTO CON NIVEL PIEZOMÉTRICO
  - MANANTIALES
  - 30016 CODIGO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA
  - ..... ISOPIEZAS ACUÍFERO INFERIOR p>50 m
  - ..... ISOPIEZAS ACUÍFERO SUPERIOR p<50 m
  - DIRECCIÓN DEL FLUJO SUBTERRÁNEO



CUENCA DEL TAJO  
 PERIODO: MAYO 2008  
 CÓDIGO MAPA: EG05\_031\_MAP\_08

ENCOMIENDA DE GESTIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS DE APOYO  
 A LA SOSTENIBILIDAD Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

ACTIVIDAD 5: ELABORACIÓN DEL MAPA PIEZOMÉTRICO DE ESPAÑA


 GOBIERNO DE ESPAÑA  
 MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN  
 MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y RIESGO NATURAL Y MARINO  
 DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA  
 Instituto Geológico y Minero de España

JULIO 2009



más someros del acuífero Terciario, y por otra parte, las obtenidas a partir de los registros piezométricos de las captaciones de profundidad superior a 50 m, representativas del funcionamiento hidrodinámico de los niveles acuíferos más profundos.

Las masas de agua subterránea del Alto Tajo, donde las formaciones acuíferas presentan un apreciable grado de compartimentación y en muchos casos están colgadas, se han representado los puntos de surgencia de los principales manantiales.

### **Mapa del estado actual (Mayo 2008)**

Para el trazado de las isopiezas representativas del régimen hidrodinámico actual se ha utilizado un total de 122 medidas piezométricas. En las MASb 30627, 30630, 30631, 30637 y 30638 no se han diferenciado las captaciones por su profundidad, ya que todos los puntos de la red de control corresponden a los niveles profundos del Acuífero Terciario Detrítico.

Al no existir en la documentación consultada inventarios actuales de manantiales, no se han representado éstos en el mapa piezométrico.

### **Esquema de flujo y evolución**

En las masas de agua subterránea correspondientes a los rellenos detríticos de las fosas terciarias del Tajo y sus afluentes en el tramo bajo de la cuenca, los acuíferos, muy potentes y de moderada a baja difusividad hidrodinámica, albergan circulaciones subterráneas tridimensionales convergentes desde los bordes de las cuencas y los interfluvios internos hacia los cauces de los ríos, con directrices predominantes NE-SO y SE-NO. Los impermeables de los acuíferos terciarios corresponden a los metasedimentos y granitoides de los sistemas Central y de los Montes de Toledo, que flanquean los tramos medio y bajo de la cuenca del Tajo por el norte y sur, respectivamente. La posición de los impermeables de borde limita las áreas de recarga corresponden a los afloramientos de los acuíferos, que ocupan prácticamente toda la extensión de los mismos.

En los acuíferos carbonatados del Alto Tajo las direcciones del flujo subterráneo, siempre dentro de un sentido general coincidente con los ejes principales de drenaje superficial, son diversas porque dependen de la fracturación y karstificación de las formaciones acuíferas y de la posición relativa de los impermeables de base. En es-

tas masas de agua, los impermeables están constituidos por las formaciones semipermeables mesozoicas (compuestas por yesos, arcillas y margas) intercaladas entre los diferentes niveles acuíferos. Las áreas de recarga corresponden a los afloramientos de los acuíferos.

La comparación de los dos mapas de isopiezas indica un régimen de funcionamiento hidrodinámico muy similar en los periodos de referencia y actual, como corresponde a un territorio con moderado desarrollo de los bombeos de agua subterránea. Las únicas diferencias se observan en las MASb correspondientes a los sectores del Acuífero Terciario Detrítico de Madrid en las cuencas de los ríos Guadarrama y Manzanares: se aprecian áreas de descensos moderados, entre 10 y 20 metros, con modificaciones en el esquema de flujo tridimensional regional ya que algunos tramos de los ríos citados ya no recibe la descarga subterránea, tal como ocurría siempre en régimen no influenciado por las extracciones.

## **DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA**

### **Mapa de referencia (Período 1972-1975)**

El análisis estadístico y proceso de clasificación de datos descrito en el apartado metodológico ha permitido seleccionar para cada una de las antiguas unidades hidrogeológicas el año en que existía mayor número de datos de medida de nivel. El conjunto de la cuenca hidrográfica presenta la mayor concentración de datos en el periodo 1972-75, coincidiendo con la realización de los primeros inventarios de puntos de agua llevados a cabo en el PIAS (Programa de Investigación de Aguas Subterráneas). En este periodo no existen, al menos de rango regional, redes de control piezométrico, por lo que no pudieron ser usadas como fuente de datos.

Este periodo seleccionado para la cuenca en general tiene una excepción en el caso de las masas de aguas del Bajo Guadiana, en la provincia de Huelva, donde las medidas seleccionadas corresponden a los años 1966-68, coincidiendo con la realización de los estudios hidrogeológicos englobados en el proyecto conocido como "FAO-Guadalquivir".

El número total de puntos seleccionados en estos periodos de tiempo en toda la cuenca ha sido de 2.041.

De la misma forma que para puntos de agua con medida de nivel, se ha procedido a un análisis estadístico de

los datos de manantiales registrados en la Base de Datos de Aguas del IGME, seleccionando todos los que presentaban alguna información en el periodo 1972-1975, añadiendo algunos puntos de años anteriores y algún año posterior. El número total de manantiales situados ha sido de 137.

La distribución de puntos de agua con dato de nivel registrado en el periodo estudiado puede considerarse suficientemente buena en toda la Cuenca Hidrográfica, siendo especialmente significativa la densidad en la cuenca alta, lo que ha permitido un buen trazado de todas las isolíneas, incluyendo en el rango 600-700 las isolíneas cada 25 metros. Como excepción a lo anterior se debe mencionar el área centro-occidental de la masa —Mancha Occidental II—, en la que existe una zona con escasa densidad de puntos, entre las cotas del nivel piezométrico 625 y 650, en las confluencias de los ríos Córcoles, Záncara y Guadiana.

En la zona de la cuenca correspondiente a Extremadura la densidad de puntos es menor, especialmente en las dos masas de Vegas Altas y Vegas Bajas, donde no obstante el nivel del aluvial del Guadiana es prácticamente coincidentes con el nivel del propio río, estando muy influenciado por el régimen de descargas de los grandes embalses existentes en sus proximidades.

Siguiendo instrucciones concretas de los técnicos de la Confederación del Guadiana en Ciudad Real, en el tratamiento de los datos de nivel correspondiente a la Cuenca Alta, se ha intentado diferenciar entre un nivel profundo y un nivel más superficial.

Finalmente ello no ha sido posible debido a la estadística del rango de profundidades de los puntos de aguas registradas para el periodo 1972-75. De todos los puntos incluidos en el análisis solo el 7% superaba los 100 metros, teniendo el 85% de los puntos una profundidad menor de 50 metros. Los niveles registrados en ambos grupos de puntos eran prácticamente coincidentes con escasas diferencias no representables a la escala de cuenca en la que se ha elaborado el mapa. Quizás un análisis específico hidrogeológico de algunas masas de aguas, pudiera finalizar con una diferenciación de niveles en función de la profundidad de los sondeos, pero este no era un objetivo del presente estudio.

### **Mapa del estado actual (Mayo 2008)**

El número de puntos de agua de la red piezométrica oficial de la DGA encontrada en la consulta de la Web

era muy escaso, del orden de 90. Con posterioridad la oficina de la Confederación en Ciudad Real ha facilitado los datos de algunas redes particulares (Campos de Montiel, Mancha Occidental y Huelva) en las que algunos puntos ya habían sido controlados en la red oficial pero otros no, lo que permitió aumentar el número total de puntos hasta los 113.

La distribución geográfica e hidrogeológica de la red es muy desigual, siendo especialmente escasa la densidad de puntos en masas de la zona de cabecera —Obispalía, Sierra de Altomira, Rus-Valdelobos, Lillo, Quintanar y Consuegra Villacañas— así como en la zona intermedia de Bullaque y Villacañas. En las zonas de Extremadura y Huelva la red de control piezométrico actual parece suficientemente representativa.

### **Esquema de flujo y evolución**

Las isopiezas de la Cuenca Hidrográfica del Guadiana presentan en general en su trazado una morfología típica de una Cuenca Mesozoico-Terciaria drenada por una densa red de ríos afluentes del cauce principal de la misma y con un contraste significativo entre las zonas elevadas y las zonas de llanura. En las proximidades de los ríos las isolíneas se adaptan al mismo, elevándose en las áreas del interfluvio.

En el mapa correspondiente al periodo 1972-75, considerado a todos los efectos como el más aproximado posible al un estado natural o no influenciado, para la zona del Guadiana comprendida en la Comunidad de Castilla La Mancha, las cotas del nivel de agua varían entre un mínimo correspondiente a menos de 600 msnm en la salida del Guadiana de la MASb Campo de Calatrava, hasta un máximo ligeramente superior a los 1.000 msnm en el sureste de la cuenca, en la MASb Campos de Montiel en la zona limítrofe con la Cuenca del Júcar o los 850 metros que alcanza al nordeste de la cuenca, en la MASb Sierra de Altomira, en su límite con la misma cuenca del Júcar. En el periodo considerado no se aprecian, al menos con las isopiezas que se han podido trazar, trasvases entre ambas cuencas, por lo que cabe pensar que el límite superficial entre ambas era entonces también un límite subterráneo.

En el área de Extremadura las cotas del nivel de agua subterránea varían entre un mínimo de menos de 200 msnm a lo largo del aluvial entre Mérida y Badajoz MASb Vegas Bajas, hasta un máximo del orden de 550 msnm en el área más sureste de la MASb Zafra-Olivenza.