

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.....	1
2. TRABAJOS REALIZADOS.....	2
2.1. IDENTIFICACIÓN, COMPROBACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA Y MUESTREO	2
2.2. MEDICIÓN DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS.....	2
2.3. TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRANEA Y DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS IN SITU.....	4
2.4. MEDIDAS REALIZADAS, RECOPIACIÓN DE DATOS HISTÓRICOS Y REALIZACIÓN DE INFORMES DE SÍNTESIS.	6
3. RED DE PIEZOMETRIA.....	7
3.1. MEDIDAS DE PIEZOMETRIA AÑO 2005	7
3.2. ESQUEMAS DE ISOPIEZAS	9
3.3. TENDENCIA DE LOS NIVELES.....	9
4. RED DE CALIDAD	11
4.1. CAMPAÑA VERANO 2005.....	11
4.2. CAMPAÑA INVIERNO 2005	14
4.3. EVOLUCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	17
5. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	22

ANEXOS A LA MEMORIA

- ANEXO 1: Puntos Red piezométrica año 2005
- ANEXO 2: Puntos Red de Calidad año 2005
- ANEXO 3: Resultados campañas piezométricas
- ANEXO 4: Resultados campaña de calidad
- ANEXO 5: Registros históricos
- ANEXO 6: Gráficos de evolución de niveles piezométricos
- ANEXO 7: Mapas de isopiezas
- ANEXO 8: Datos de analíticos. Representaciones gráficas.
- ANEXO 9: Diagramas de Piper y Schoeller-Berkaloff
- ANEXO 10: Mapas de isocontenido

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

La vigente Ley de Aguas encomienda al Ministerio de Medio Ambiente la implantación y mantenimiento de las redes de control de aguas subterráneas que permitan conocer su evolución en cantidad y calidad.

Los Organismos de Cuenca han redactado los proyectos de diseño, construcción e instrumentación de las futuras redes oficiales de control de los acuíferos cuya implantación se está actualmente llevando a cabo en algunas cuencas y, concretamente, en la del Tajo.

El trabajo objeto de este informe responde a la necesidad de obtener información relativa a la cantidad y calidad de las aguas en las distintas unidades hidrogeológicas hasta que la nueva Red sea completamente operativa.

El objeto del trabajo ha sido la realización de medidas in situ y de toma de muestras de agua en pozos y piezómetros en la Cuenca del Tajo durante el año 2005, así como el control de la piezometría en puntos seleccionados desde enero a diciembre de 2005.

2. TRABAJOS REALIZADOS

2.1. IDENTIFICACIÓN, COMPROBACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA Y MUESTREO

Las medidas piezométricas contenidas en este informe comenzaron en enero de 2005 sobre la base de los puntos controlados en 2003.

Se ha comprobado la subsistencia y adecuación a los objetivos de control de los puntos de las distintas Redes de Control propuestos por la Confederación Hidrográfica del Tajo y que estaban conformadas por 80 puntos para piezometría y 90 puntos para calidad. Se han tomado medidas de nivel piezométrico en 80 puntos. De los puntos inicialmente previstos no pudo tomarse medida, por imposibilidad física o desaparición del punto en todos ellos, por lo que se añadieron 6 puntos para hacer un total de 80 puntos. En cuanto a los puntos de calidad se tomaron finalmente 87 muestras en la campaña de verano y 80 muestras en la campaña de invierno por diferentes razones que aparecen detalladas en el apartado 4.1.1 Y 4.2.1.

Este trabajo se ha desarrollado conjuntamente con otro contratado por la Dirección General del Agua y que consiste en la toma de datos piezométricos en 35 puntos de la Red de Control con periodicidad mensual.

En la tabla del anexo nº 1 se recogen los puntos que han conformado la red de piezometría del año 2005. Se han resaltado en azul aquellos puntos de la red a controlar mensualmente, mientras que los restantes serían controlados con periodicidad bimestral.

2.2. MEDICIÓN DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS

Los resultados de las mediciones mensuales han sido entregados regularmente tanto a la Oficina de Planificación de la Confederación Hidrográfica como a la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente, en forma de hoja de cálculo durante 2005, y en el formato propio de la DGA.

A la red inicialmente operativa en 2003, formada por 80 puntos, se añadió para control el punto de Armallones, en Guadalajara, en una Unidad Hidrogeológica hasta entonces sin control (03.02.010). De estos 81 puntos, en la revisión de los puntos de control realizada al comienzo de 2004, se

pudo tomar medida en 71 de ellos y en la campaña de 2005 se han tomado un total de 80 puntos. Al igual que en 2004 no se pudieron medir niveles en los siguientes puntos:

- Cinco puntos habían sido destruidos o eran inútiles:
 - 192040029. Torrelaguna. Destruído por obras municipales
 - 192360172. Parla. Piezómetro destruido por las obras de la R-4
 - 192360173. Parla. Idem
 - 202420009. Chinchón. Sondeo abandonado y situado en un recinto cerrado del CYII
 - 212230013. Pastrana. Sondeo abandonado y tapado con hormigón

A estos cinco puntos se añadieron posteriormente otros dos: 201950009 (Uceda), tapado por el CYII, y el 192180129, en Paracuellos, también tapado.

- Un punto no pudo ser localizados, al no existir ficha con croquis:
 - 202210025. Torrejón de Ardoz
- Uno no pudo medirse al estar cerrado.
 - 202050040. Talamanca del Jarama. Dejó de medirse al no poder accederse nunca al punto

En esta campaña (2005) se han añadido 6 puntos; 03.01.001 en Orihuela del Tremendal, 03.01.003 en Prados Redondos, en estos dos puntos las medidas se empezaron a tomar a partir de octubre-2005, Alovera 1 y Alovera 2, El Pardo 1 y El Pardo 2, en estos puntos las medidas tuvieron lugar a partir de septiembre.

Así, durante 2005 se han tomado medidas de nivel piezométrico en 80 puntos, distribuidos en las Unidades Hidrogeológicas tal como se indica en la tabla adjunta.

Unidades Hidrogeológicas	Puntos Ene-05	Puntos Dic-05
03.01. Albarracín – Cella – Molina de Aragón	0	2
03.02. Tajuña - Montes Universales	1	3

Unidades Hidrogeológicas	Puntos Ene-05	Puntos Dic-05
03.03. Torrelaguna-Jadraque	6	6
03.04 Guadalajara	6	6
03.05 Madrid- Talavera	38	40
03.06 la Alcarria	13	13
03.08 Ocaña	4	4
03.08 Tietar	4	6
Total	72	80

2.3. TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRANEA Y DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS IN SITU

Se han tomado muestras de agua y se han realizado determinaciones “in situ” en 87 y 80 puntos de agua en las dos campañas de muestreo y análisis llevadas a cabo, en función de los puntos accesibles, distribuidos en las Unidades Hidrogeológicas como se indica en la tabla adjunta.

UNIDADES HIDROGEOLOGICAS	Verano-2005	Invierno-2005
03.02 Tajuña-Montes Universales	5	5
03.03 Torrelaguna-Jadraque	5	5
03.04 Guadalajara	12	11
03.05 Madrid-Talavera	32	27
03.06 La Alcarria	17	17
03.07 Entrepeñas	2	2
03.08 Ocaña	3	2
03.09 Tietar	6	6
03.12 Galisteo	4	4
03.13 Moraleja	1	1
TOTAL	87	80

La casuística de la toma de muestras, realizada normalmente utilizando cuando ha sido posible las instalaciones existentes en los pozos, con la codificación y el tiempo transcurrido desde su última extracción en uso normal, se expresa en la tabla siguiente.

MUESTRA TOMADA EN:	MÉTODO DE TOMA	TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE EL ÚLTIMO BOMBEO	
Manantial	A		
Pozo sin uso (botella)	B		

MUESTRA TOMADA EN:	MÉTODO DE TOMA	TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE EL ÚLTIMO BOMBEO	
lastrada)			
Pozo-sondeo automático	X	A	< 2 h
Pozo-sondeo surgente	I		
Pozo-sondeo uso en el mes	E	E F G H	1 a 3 días 3 a 7 días 7 a 15 días 15 a 30 días
Pozo-sondeo bombeo continuo	V	J	Nivel dinámico
Pozo-sondeo uso más de un mes	D	I	> 30 días
Pozo-sondeo uso diario	U	A B C D	<2h 2 a 5h 5 a 10h 10 a 24h

En campo se han determinado los siguientes parámetros:

- Conductividad eléctrica
- pH
- Temperatura del agua
- Oxígeno disuelto
- Acidez del agua (CO₂)
- Profundidad del nivel de agua

Los equipos empleados han sido calibrados a diario.

Las muestras fueron tomadas mediante el uso de un tomamuestras de bola, que fue limpiado adecuadamente entre puntos, o bien mediante toma directa en manantiales o en los puntos de toma habilitados en las captaciones de abastecimiento habilitadas, una vez puesta en marcha la bomba para la renovación total del agua del sondeo.

Las muestras se entregaron para su análisis al laboratorio de la empresa Tecnomá, de acuerdo con las instrucciones de la Confederación Hidrográfica del Tajo.

2.4. MEDIDAS REALIZADAS, RECOPIACIÓN DE DATOS HISTÓRICOS Y REALIZACIÓN DE INFORMES DE SÍNTESIS.

Los niveles de agua y la cota correspondiente resultado de las campañas mensuales se han incluido en el Anexo 3 junto con la identificación de los puntos, las hojas topográficas, la unidad hidrogeológica, fecha de medidas y las incidencias habidas.

Las muestras tomadas, la identificación de las mismas, las determinaciones realizadas, con el método de toma y, en su caso, el tiempo transcurrido desde el último bombeo se han incluido en el Anexo 4 junto con la identificación de los puntos, la unidad hidrogeológica, fecha de toma y las incidencias habidas.

A la finalización de cada una de las campañas se ha entregado a la Confederación Hidrográfica una relación con los datos obtenidos y las incidencias más significativas.

Se ha procedido también a la recopilación de datos históricos de niveles y de análisis de todos los puntos incluidos en las campañas de medidas. En el Anexo número 5 se resume la información piezométrica y de calidad recopilada, por unidades hidrogeológicas, con las series temporales de registros históricos disponibles.

Para gestionar adecuadamente estos datos, se ha confeccionado un conjunto de macros sobre hoja de cálculo tipo EXCEL los cuales han permitido obtener de manera automática, por un lado la obtención de evoluciones piezométricas de los puntos de control seleccionados, así como los valores numéricos de su tendencia piezométrica (m/año de ascenso o descenso) y por otro, la representación gráfica de los valores analíticos de las campañas correspondientes a 2005 y la evolución de parámetros químicos de los puntos seleccionados.

La evolución piezométrica para cada punto, se presenta por unidades hidrogeológicas en el Anexo número 6. Las series históricas de niveles y las cotas absolutas de agua de cada piezómetro se han incluido en el CD adjunto, en archivo tipo EXCEL.

La representación gráfica de los resultados analíticos, así como sus evoluciones se han incluido por unidades hidrogeológicas en el Anexo número 8. Los resultados analíticos correspondientes a 2005 se han incluido en el CD adjunto en archivo tipo EXCEL, junto con las series históricas de datos analíticos.

Con los resultados de las dos campañas de muestreo y mensuales de piezometría, con los datos analíticos y con los históricos de piezometría y calidad recopilados, se ha elaborado este informe final de síntesis.

3. RED DE PIEZOMETRIA

En el anejo nº 6 se adjuntan los gráficos de la evolución piezométrica de los puntos considerados en este contrato, complementándose, por considerarlo interesante, con los gráficos del resto de los puntos de la red de control piezométrico.

3.1. MEDIDAS DE PIEZOMETRIA AÑO 2005

Como se ha comentado, se han tomado medidas de nivel piezométrico en 80 puntos, variando en función de la accesibilidad al punto o la posibilidad de medición, distribuidos en las Unidades Hidrogeológicas tal como se indica en la tabla adjunta.

Unidades Hidrogeológicas	Puntos Ene-05	Puntos Dic-05
03.01. Albarracín – Cella – Molina de Aragón	0	2
03.02. Tajuña - Montes Universales	1	3
03.03. Torrelaguna-Jadraque	6	6
03.04 Guadalajara	6	6
03.05 Madrid- Talavera	38	40
03.06 la Alcarria	13	13
03.08 Ocaña	4	4
03.08 Tietar	4	6
Total	72	80

En lo que respecta a las evoluciones piezométricas en el anejo nº 6 se representan todos los puntos de la red. Se recogen a continuación algunos comentarios de algunos gráficos representativos de las distintas Unidades Hidrogeológicas, que describen de una manera clara las tendencias durante 2005 y a largo plazo:

En la UH 03.01 (Molina de Aragón) los niveles se mantienen estables, el piezómetro 03.01.001 en Orihuela del Tremendal, tiene el nivel alrededor de 330 metros de profundidad, y el piezómetro 03.01.003 en Prados Redondos el nivel oscila entre 70 y 75 m de profundidad.

En la UH 03.02 (Tajuña - Mtes. Universales) se comenzó en 2004 el control del sondeo realizado por SGOP 03.02.010 en Armallones, que tiene el nivel entre 360 y 385 m de profundidad. En 2005 se ha medido los niveles de puntos nuevos 03.02.001 en Zaorejas, que tiene el nivel entre 40 y 43 m de profundidad y el punto 03.02.003 en Arbeteta cuyo nivel está entre 167-171 m de profundidad.

En la Unidad 03.03 (Torrelaguna-Jadraque), los niveles oscilan de forma más amplia en los acuíferos carbonatados (zona de Torrelaguna), con el nivel más cercano a la superficie que en la zona detrítica (zona de San Agustín de Guadalix), con el nivel más profundo y reflejando un cierto ascenso durante 2004 y manteniéndose estable durante 2005.

En la UH 03.04 (Guadalajara), el patrón es variable, entre puntos claramente descendentes desde hace años, caso del piezómetro 03.04.013 en Torrejón del Rey teniendo el nivel en 1990 cercano a la superficie y llegando a 13 m de profundidad a finales del año 2005. Niveles prácticamente estables en zonas alejadas de explotaciones (como el nº 16, en Fuente El Saz del Jarama, en el límite con la UH 03.05) y por último piezómetros ascendentes, como el 03.04.015 en Algete y 03.04.019, 03.04.020 ambos en el TM de Alcalá de Henares.

En la UH 03.05 (Madrid-Talavera), igualmente, hay puntos con tendencias estables en los últimos años, como los de Parla (Madrid) o Escalona (Toledo):

Hay otro conjunto de puntos, como el nº 67 (en Villaviciosa de Odón) que tras una serie continuada de años en descenso presento en 2001-2004 una serie más estable, y puntos como los nº 44 y 66 (Móstoles y Villamantilla, respectivamente), con una tendencia claramente ascendente.

En la Unidad 03.06 (La Alcarria) tampoco se han identificado tendencias notables durante 2005. Así, tanto al norte (Pezuela de las Torres) como al Sur de la Unidad (Belmonte), los niveles muestran una gran estabilidad. A excepción del punto 03.05.012 en el término municipal de Olmeda de las

Fuentes donde a partir de 1995 hay un descenso de niveles y se recupera en 2002, pero a partir de 2004 los niveles descienden.

La UH 03.08 (Ocaña) presenta piezómetros cuyos niveles son en general estables durante 2005 sin tener variaciones importantes.

En la UH 03.09 (Tietar) hay ligeros descensos como ocurre en Herrerueta de Oropesa piezómetro 03.9.013 sufriendo descenso a partir de 2004 hasta la actualidad.

3.2. ESQUEMAS DE ISOPIEZAS

Por otra parte, se han confeccionado mapas de isopiezas generales de las unidades 4, 5 y 6, que son las que presentan una mayor densidad de datos para el trazado de isolíneas.

Estos esquemas, cuya única utilidad es presentar el trazado general y la tendencia regional de la piezometría, se han confeccionado con los datos de nivel obtenidos en agosto de 2005.

En el Anexo 7 se ha representado el mapa de piezometría.

3.3. TENDENCIA DE LOS NIVELES

En la UH 03.03 (Torrelaguna-Jadraque) en general se observa una tendencia en los últimos 17 años de estabilidad en los niveles, sin descensos importantes de manera generalizada, excepto en los piezómetros 03.03.006 y 03.03.001 situados en los municipios de El Molar y Torrelaguna respectivamente en los que si se ha producido variaciones significativas del nivel.

Los niveles de los puntos cercanos a zonas de explotación, de las UH 03.04 y 03.05 están en continuo descenso como es el caso de los piezómetros 03.05.067 y 03.05.086 correspondientes a los términos municipales de Villaviciosa de Odón y Pozuelo de Alarcón, respectivamente. Descensos debidos al gran desarrollo urbanístico e industrial. En estas mismas unidades hay puntos que ascienden regularmente, posiblemente por el cambio de la procedencia de las aguas utilizadas.

En San Sebastián de los Reyes (03.05.076), se observan ascensos y descensos del nivel con periodicidad anual, que aparecen obedecer a periodos de extracción, (descenso de niveles, coincidentes con los meses de

verano) y recuperación (ascenso de niveles, coincidentes con los meses de invierno) sin embargo los niveles no llegan a recuperar totalmente su posición inicial provocando el descenso progresivo.

En las UH 03.06 (La Alcarria) y 03.08 (Ocaña) los niveles presentan estabilidad sin descensos notables, y en la UH 03.09 (Tietar) hay ligeros descensos.

4. RED DE CALIDAD

4.1. CAMPAÑA VERANO 2005

4.1.1 Puntos muestreados

Los puntos de muestreo en la campaña 1 fueron la mayoría de los indicados por la Dirección del Estudio, y que son los que conformaban en 2005 la red de Calidad de la cuenca del Tajo. Se tomaron 87muestras, pero algunas otras no pudieron ser tomadas, por distintas razones:

202170020	No existe
152570003	El dueño ni permitió tomar la muestra de agua
152630005	No hay bomba

La distribución de los puntos por Unidades Hidrogeológicas se ha indicado en el anexo 2.

4.1.2 Datos físico químicos

A nivel de cuenca, las determinaciones de campo son muy variables, como se desprende de los valores estadísticos calculados, y que se recogen a continuación

	pH	Cond.	Temp.	O ₂	CO ₂
MAX	9,1	1897	27,7	48,5	114,4
MIN	6,6	214	14,5	0,2	1,4
MEDIA	7,4	645	21,0	5,7	36,6
STD	0,4	345	1,6	10,0	19,7

Por su extensión y número de muestras, se recogen a continuación los estadísticos de las Unidades 03.04, 03.05 y 03.06 (Guadalajara; Madrid-Talavera y La Alcarria, respectivamente).

UH 03.04 Guadalajara					
	pH	Cond.	Temp.	O ₂	CO ₂
MAX	8,2	1462	21,8	20,3	110,0
MIN	7,0	472	19,6	0,5	13,2
MEDIA	7,4	820	20,7	3,4	51,0
STD	0,3	303	0,5	5,5	27,5

UH 03.05 Madrid-Talavera

	pH	Cond.	Temp.	O ₂	CO ₂
MAX	9,1	1645	27,7	48,5	114,4
MIN	6,6	240	19,0	0,4	8,8
MEDIA	7,5	599	21,4	5,7	33,0
STD	0,4	342	1,9	12,4	20,1

UH 03.06 La Alcarria					
	pH	Cond.	Temp.	O ₂	CO ₂
MAX	8,3	1897	23,3	35,4	44,0
MIN	6,9	214	19,0	0,2	1,4
MEDIA	7,4	644	20,6	9,7	30,1
STD	0,4	406	1,0	11,6	11,9

4.1.3 Características de las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas de la Cuenca del Tajo, de acuerdo con las determinaciones realizadas en los puntos de la red, son de dureza muy blandas, blandas, media, duras y extremadamente duras, de mineralización débil, ligera, notable y en solo dos casos fuerte, y en sus facies químicas, en aniones predominan las bicarbonatadas, bicarbonadas sulfatadas y otras de tipo mixto; en cationes predominan las cálcico magnésicas, cálcicas y mixtas, por ese orden.

En cuanto a las concentraciones de nitrato, presentan valores bajos, por debajo de los contenidos especificados en el R. D. 140/2003 que establece los criterios para las aguas de consumo humano, en las muestras de las unidades 03.02, Tajuña-Montes Universales, 03.03, Torrelaguna-Jadraque, 03.07, Entrepeñas, 03.12, Galisteo, 03.013, Moraleja. En las restantes unidades en la 03.04, Guadalajara, el 25 % de las muestras superan estos valores; en la unidad 03.05, Madrid Talavera, superan estos valores el 25%; en la 03.06, La Alcarria, el 11,76 % de las muestras superan estos contenidos; en la 03.08, Ocaña, todas las muestras superan los límites establecidos y en la 03.09, Tietar, el 16,67 % de las muestras lo superan. Los contenidos de nitratos más elevados se encuentran en puntos de las unidades Madrid Talavera, Ocaña y Tietar con más de 100 mg/l.

Las características químicas de las aguas subterráneas, dureza, mineralización y facies iónica, obtenidos de los análisis químicos de las muestras correspondientes se han recogido en la tabla siguiente.

En el Anexo 9 se ha incluido la representación de los análisis correspondientes a la primera y segunda campaña en diagramas de Piper y Shoeller-Berkaloff.

Como resumen, las distintas Unidades presentan las siguientes facies:

U.H.	Denominación	Dureza	Mineralización	Aniones	Cationes
03.02	Tajuña-Montes Universales	Duras – ext. Duras	Notable	Bicarbonatada sulfatada	Cálcico
03.03	Torreaguna-Jadraque	Blandas – Media - Duras	Notable	Bicarbonatada sulfatada	Cálcico magnésica
03.04	Guadalajara	Media - duras - ext.duras	Ligera – notable	Bicarbonatada sulfatada	Mixta
03.05	Madrid-Talavera	Blandas - media –duras - ext. Duras	Débil - ligera – notable	Bicarbonatada	Mixta
03.06	La Alcarria	Media - duras - ext. Duras	Ligera – notable	Bicarbonatada	Cálcica
03.07	Entrepeñas	Ext.duras	Notable	Sulfatada	Cálcica
03.08	Ocaña	Duras - ext.duras	Notable – fuerte	Sulfatada	Cálcica
03.09	Tietar	Blandas - media - duras	Débil - ligera - notable	Bicarbonatada	Mixta
03.12-13	Galisteo-Moraleja	Blandas - media - duras	Ligera	Mixta	Mixta

4.1.4 Distribución areal

Se han elaborado los mapas de isocontenidos de aquellas unidades hidrogeológicas con una densidad de puntos suficiente, a priori, para generar isolíneas.

Se han englobado en una las Unidades detríticas nº 4 y 5 (Guadalajara y Madrid-Talavera, respectivamente) y, por otro lado, la Unidad Carbonatada nº 6 (La Alcarria).

En las Unidades 4 y 5, se observa un aumento progresivo de la conductividad eléctrica desde el límite NO con el Sistema central, y valores inferiores a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta valores superiores a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en puntos concretos del límite con la UH 03.06, La Alcarria y al SE de la UH nº 5, en la zona de Toledo, en el entorno del Tajo. Esta distribución de la conductividad es similar a la observada en los contenidos de ión cloruro, que varía desde valores inferiores a 25 mg/L en las zonas NO y N, hasta valores próximos a 100 mg/L en el SE, probablemente relacionados con flujos de carácter regional y zonas de descarga.

El contenido en sulfatos igualmente aumenta hacia el SE, desde valores inferiores a 25 mg/L hasta superiores a 100 en el entorno de los afloramientos de las “facies de transición” yesíferas.

Por último, la concentración de nitratos aumenta hacia el SE, superando el límite de 50 mg/L en zonas muy amplias de la UH 03.04, en la provincia de Guadalajara y Madrid y de la UH 03.05, sobre todo en la provincia de Toledo.

En lo que respecta a la UH 03.06 (La Alcarria), la conductividad eléctrica asciende claramente en dirección NE-SO, hacia el entorno de los ríos Tajuña, Tajo y Jarama, desde valores inferiores a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a superiores, alcanzado valores próximos a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Las distribuciones de cloruros y sulfatos presentan un patrón similar, con aumentos hacia el SO. El contenido en nitratos supera el límite de 50 mg/L, en la parte baja del Tajuña y en el entorno del río Tajo.

Por último, la concentración de nitratos aumenta progresivamente hacia el SO, superando el límite de 50 mg/L en la parte S de la UH 03.06 (La Alcarria).

En el Anexo 10 se recogen los esquemas.

4.2. CAMPAÑA INVIERNO 2005

4.2.1 Puntos muestreados

Los puntos de muestreo en la campaña 2 fueron la mayoría de los indicados por la Dirección del Estudio, y que son los que conformaban en 2005 la red de Calidad de la cuenca del Tajo. Se tomaron 82 muestras, pero algunas otras no pudieron ser tomadas, por distintas razones:

152630005	No hay bomba
172480001	Granja cerrada en el momento de la visita
182530001	Finca cerrada en el momento de la visita
202610001	Seco
182280202	Finca cerrada en el momento de la visita
172340053	Finca cerrada en el momento de la visita
182230002	Finca cerrada en el momento de la visita
192350227	Fábrica cerrada
202170020	No existe
202110025	No hay nadie en el momento de la visita

4.2.2 Datos físico químicos

A nivel de cuenca, las determinaciones de campo son muy variables, como se desprende de los valores estadísticos calculados, y que se recogen a continuación:

	Ph	Cond.	Temp.	O ₂	CO ₂
MAX	9,0	1645	19,2	38,8	61,6
MIN	5,9	124	3,7	2,4	8,8
MEDIA	7,6	436	13,0	6,4	26,3
STD	0,5	259	2,9	4,5	12,3

Por su extensión y número de muestras, se recogen a continuación los estadísticos de las Unidades 03.04, 03.05 y 03.06 (Guadalajara; Madrid-Talavera y La Alcarria, respectivamente)

UH 03.04 Guadalajara					
	pH	Cond.	Temp.	O ₂	CO ₂
MAX	8,1	846	15,7	10,1	61,6
MIN	7,1	314	10,4	2,5	13,2
MEDIA	7,6	565	13,8	5,1	29,5
STD	0,3	192	1,8	2,1	15,1

UH 03.05 Madrid-Talavera					
	pH	Cond.	Temp.	O ₂	CO ₂
MAX	9,1	1103,0	19,2	12,1	52,8
MIN	7,0	147,6	3,7	6,5	8,8
MEDIA	7,7	396,2	13,0	6,1	24,8
STD	0,4	253,1	3,8	2,2	12,9

UH 03.06 La Alcarria					
	pH	Cond.	Temp.	O ₂	CO ₂
MAX	8,4	865,0	14,8	29,5	44,0
MIN	7,3	169,9	4,5	5,0	13,2
MEDIA	7,7	426,5	12,1	7,7	23,4
STD	0,3	217,4	2,8	5,7	8,4

4.2.3 Características de las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas de la Cuenca del Tajo, de acuerdo con las determinaciones realizadas en los puntos de la red, son de dureza muy

blandas, blandas, media, duras y extremadamente duras, de mineralización débil, ligera, notable y en solo dos casos fuerte, y en sus facies químicas, en aniones predominan las bicarbonatadas, bicarbonadas sulfatadas y otras de tipo mixto; en cationes predominan las cálcicas y mixtas, por ese orden.

En cuanto a las concentraciones de nitrato, presentan valores bajos, por debajo de los contenidos especificados en el R. D. 140/2003 que establece los criterios para las aguas de consumo humano, en las muestras de las unidades 03.02, Tajuña-Montes Universales, 03.03, Torrelaguna-Jadraque, 03.07, Entrepeñas, 03.12, Galisteo, 03.013, Moraleja. En las restantes unidades en la 03.04, Guadalajara, el 27,27 % de las muestras superan estos valores; en la unidad 03.05, Madrid Talavera, superan estos valores el 25,92%; en la 03.06, La Alcarria, el 25 % de las muestras superan estos contenidos; en la 03.08, Ocaña, todas las muestras superan los límites establecidos y en la 03.09, Tietar, el 33,3 % de las muestras lo superan. Los contenidos de nitratos más elevados se encuentran en puntos de las unidades Madrid Talavera, Ocaña y Tietar con más de 100 mg/l.

Las características químicas de las aguas subterráneas, dureza, mineralización y facies iónica, obtenidos de los análisis químicos de las muestras correspondientes se han recogido en la tabla siguiente.

En el Anexo 9 se ha incluido la representación de los análisis correspondientes a la primera y segunda campaña en diagramas de Piper y Shoeller-Berkaloff.

Como resumen, las distintas Unidades presentan las siguientes facies:

U.H.	Denominación	Dureza	Mineralización	Aniones	Cationes
03.02	Tajuña-Montes Universales	Duras – ext. Duras	Notable	Bicarbonatada	Cálcico
03.03	Torrelaguna-Jadraque	Blandas – Media - Duras	Notable	Bicarbonatada	Cálcico
03.04	Guadalajara	Media - duras - ext.duras	Ligera – notable	Bicarbonatada sulfatada	Mixta
03.05	Madrid-Talavera	Blandas - media –duras - ext. Duras	Débil - ligera – notable	Bicarbonatada	Mixta
03.06	La Alcarria	Media - duras - ext. Duras	Ligera – notable	Bicarbonatada-sulfatada	Cálcica
03.07	Entrepeñas	Ext.duras	Notable	Bicarbonatada-Sulfatada	Cálcica
03.08	Ocaña	Duras - ext.duras	Notable – fuerte	Bicarbonatada-clorurada	Mixta
03.09	Tietar	Blandas - media - duras	Débil - ligera - notable	Bicarbonata	Mixta
03.12-13	Galisteo-Moraleja	Blandas - media - duras	Ligera	Mixta	Mixta

4.2.4 Distribución areal

Se han elaborado los mapas de isocontenidos de aquellas unidades hidrogeológicas con una densidad de puntos suficiente, a priori, para generar isolíneas.

Se han englobado en una las Unidades detríticas nº 4 y 5 (Guadalajara y Madrid-Talavera, respectivamente) y, por otro lado, la Unidad Carbonatada nº 6 (La Alcarria).

En las Unidades 4 y 5, se observa un aumento progresivo de la conductividad eléctrica desde el límite NO con el Sistema central, y valores inferiores a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta valores próximos a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en puntos concretos del límite con la UH 03.06. Esta distribución de la conductividad es similar a la observada en los contenidos de ión cloruro, que varía desde valores inferiores a 25 mg/L en las zonas NO y N, hasta valores superiores a 100 mg/L, probablemente relacionados con flujos de carácter regional y zonas de descarga.

El contenido en sulfatos igualmente aumenta hacia el SE, desde valores inferiores a 25 mg/L hasta superiores a 100 en el entorno de los afloramientos de las “facies de transición” yesíferas.

Por último, la concentración de nitratos supera el límite de 50 mg/L en zonas muy amplias de la UH 03.05, sobre todo en la provincia de Toledo y se encuentra entre 25 y 50 mg/L en zonas extensas de Madrid y Guadalajara en la UH 03.04.

En lo que respecta a la UH 03.06 (La Alcarria), la conductividad eléctrica asciende claramente en dirección NE-SO, hacia el entorno de los ríos Tajuña, Tajo y Jarama.

La distribución de cloruros presenta un patrón similar, mientras que el contenido en sulfatos en esta campaña presenta valores elevados tanto al sur como en puntos concretos del páramo de la Alcarria y al NE. El contenido en nitratos es igualmente elevado, dejando aguas no aptas para consumo humano en el entorno del río Tajo.

4.3. EVOLUCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Con los datos históricos existentes y los correspondientes a las campañas realizadas se han representado las evoluciones de pH, conductividad y

contenidos en elementos mayores, de todos los piezómetros los cuales se han incluido en el Anexo 8.

4.3.1 Tendencia de la conductividad

En la tabla adjunta se incluye un resumen de las tendencias de los valores de conductividad a medio y largo plazo, que se corresponden con la tendencia de concentraciones en igual fecha de los dos últimos años y la tendencia en la serie histórica, respectivamente.

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	Nº de puntos	TENDENCIA					
		Medio plazo. Nº de puntos que:			Largo plazo. Nº de puntos que:		
		Bajan	Suben	Sin datos	Bajan	Suben	Sin datos
03.02 Tajuña- Montes Universales	5	5	0	–	0	5	–
03.03 Torrelaguna- Jadraque	5	2	3	–	0	5	–
03.04 Guadalajara	13	9	3	1	0	13	–
03.05 Madrid- Talavera	34	23	10	1	5	29	–
03.06 La Alcarria	17	11	6	–	2	15	–
03.07 Entrepeñas	2	1	1	–	1	1	–
03.08 Ocaña	3	2	1	–	1	2	–
03.09 Tietar	6	4	2	–	6	0	–
03.12 Galisteo	4	2	2	–	3	1	–
03.13 Moraleja	1	1	0	–	1	0	–
Total	90	60	28	2	19	71	0
%		66,7%	31,1%	2,2%	21,1%	78,9%	0,0%

Estadísticamente la conductividad disminuye, a medio plazo, en el 66,7% de los puntos en que se dispone de datos y aumenta en el 31,1 %. A largo plazo aumenta en el 78,9% y disminuye en el 21,1% de los puntos con datos analíticos.

4.3.2 Tendencia de los nitratos

En la tabla siguiente se incluye un resumen de las tendencias de los valores de nitrato a medio y largo plazo, empleándose el mismo criterio que en el capítulo anterior.

UNIDAD HIDROGEOLOGICA	Nº de puntos	TENDENCIA					
		Medio plazo. Nº de puntos que:			Largo plazo. Nº de puntos que:		
		Bajan	Suben	Sin datos	Bajan	Suben	Sin datos
03.02 Tajuña- Montes Universales	5	0	5	–	2	3	–
03.03 Torrelaguna- Jadraque	5	0	5	–	3	2	–
03.04 Guadalajara	13	4	8	1	2	11	–
03.05 Madrid- Talavera	34	10	23	1	11	23	–
03.06 La Alcarria	17	5	12	–	7	10	–
03.07 Entrepeñas	2	0	2	–	1	1	–
03.08 Ocaña	3	0	3	–	2	1	–
03.09 Tietar	6	2	4	–	3	3	–
03.12 Galisteo	4	0	4	–	3	1	–
03.13 Moraleja	1	1	0	–	1	0	–
Total	90	22	66	2	35	55	0
%		24,4%	73,3%	2,2%	38,9%	61,1%	0,0%

Estadísticamente en un 24,4% de los puntos se observa tendencia a la disminución de concentraciones a medio plazo y en un 73,3% tendencia al aumento de las mismas. A largo plazo las tendencias al incremento de concentración se refleja en el 61,1% de los casos y la tendencia a la disminución en el 38,9%.

4.3.3 Tendencia de los sulfatos

En la tabla siguiente se incluye un resumen de las tendencias de los valores de sulfato a medio y largo plazo, empleándose el mismo criterio que en el capítulo anterior

UNIDAD HIDROGEOLOGICA	Nº de puntos	TENDENCIA					
		Medio plazo. Nº de puntos que:			Largo plazo. Nº de puntos que:		
		Bajan	Suben	Sin datos	Bajan	Suben	Sin datos
03.02 Tajuña-Montes Universales	5	5	0	–	1	4	–
03.03 Torrelaguna- Jadraque	5	1	4	–	2	3	–
03.04 Guadalajara	13	9	3	1	1	12	–
03.05 Madrid-Talavera	34	20	13	1	7	27	–
03.06 La Alcarria	17	9	8	–	10	7	–
03.07 Entrepeñas	2	2	0	–	1	1	–
03.08 Ocaña	3	3	0	–	1	2	–
03.09 Tietar	6	1	5	–	2	4	–
03.12 Galisteo	4	1	3	–	1	3	–
03.13 Moraleja	1	1	0	–	1	0	–
Total	90	52	36	2	27	63	0
%		57,8%	40,0%	2,2%	30,0%	70,0%	0,0%

Estadísticamente en un 58,8% de los puntos se observa tendencia a la disminución de concentraciones a medio plazo y en un 40% tendencia al aumento de las mismas. A largo plazo las tendencias al incremento de concentración se refleja en el 70% de los casos y la tendencia a la disminución en el 30%.

4.3.4 Tendencia de los cloruros

En la tabla siguiente se incluye un resumen de las tendencias de los valores de cloro a medio y largo plazo, empleándose el mismo criterio que en el capítulo anterior

UNIDAD HIDROGEOLOGICA	Nº de puntos	TENDENCIA					
		Medio plazo. Nº de puntos que:			Largo plazo. Nº de puntos que:		
		Bajan	Suben	Sin datos	Bajan	Suben	Sin datos
03.02 Tajuña- Montes Universales	5	3	2	–	0	5	–
03.03 Torrelaguna- Jadraque	5	1	4	–	5	0	–
03.04 Guadalajara	13	7	5	1	3	10	–
03.05 Madrid- Talavera	34	12	21	1	11	23	–
03.06 La Alcarria	17	11	6	–	3	14	–
03.07 Entrepeñas	2	1	1	–	0	2	–
03.08 Ocaña	3	2	1	–	1	2	–
03.09 Tietar	6	3	3	–	1	5	–
03.12 Galisteo	4	1	3	–	1	3	–
03.13 Moraleja	1	1	0	–	0	1	–
Total	90	42	46	2	25	65	0
%		46,7%	51,1%	2,2%	27,8%	72,2%	0,0%

Estadísticamente en un 46,7% de los puntos se observa tendencia a la disminución de concentraciones a medio plazo y en un 51,1% tendencia al aumento de las mismas. A largo plazo las tendencias al incremento de concentración se refleja en el 72,2% de los casos y la tendencia a la disminución en el 27,8%.

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

La Red Piezométrica correspondiente al año 2005, ha estado compuesta por 80 puntos, que se han medido con frecuencia mensual o bimestral.

Se han reenumerado los puntos de control de acuerdo con la numeración a nivel nacional.

En lo que respecta a las tendencias en los niveles, la casuística es muy variable, con puntos cercanos a zonas de explotación y en continuo descenso, sobre todo en las UH 03.04 y 03.05, aunque también en estas mismas unidades hay puntos que ascienden regularmente, posiblemente por el cambio de la procedencia de las aguas utilizadas.

Se han elaborado esquemas de isopiezas que han permitido distinguir las tendencias generales en el flujo de aguas subterráneas.

La Red de Calidad correspondiente al año 2005, ha estado integrada por 90 puntos de los cuales se han tomado muestras en 87 puntos en la primera campaña y 82 en la segunda.

Las aguas subterráneas de la Cuenca del Tajo, de acuerdo con las determinaciones realizadas en los puntos de la red, son preferentemente de dureza media y duras, se aprecia un ligero endurecimiento de las aguas respecto al año 2004. La mineralización es ligera y notable y en sus facies químicas, en aniones predominan las bicarbonatadas, bicarbonatadas sulfatadas y bicarbonatadas cloruradas y en cationes predominan las cálcicas, cálcico magnésicas y cálcico sódicas.

Presentan concentraciones de nitratos que superan en algunos casos los valores límite de la reglamentación vigente las muestras de las unidades 03.04 Guadalajara, 03.05 Madrid- Talavera, 03.06 La Alcarria, 03.08 Ocaña, y 03.09 Tietar. Los contenidos de nitratos más elevados se encuentran en puntos de la unidad Madrid-Talavera, Ocaña y Tietar con más de 100 mg/l. En el conjunto de los análisis realizados en alrededor del 25 % de los puntos se detectan concentraciones de nitratos por encima de los límites establecidos para el agua de consumo humano.

El contenido en sulfatos aumenta hacia el SE, desde valores inferiores a 25 mg/L hasta superiores a 100 en el entorno de los afloramientos de las “facies de transición” yesíferas.

Con la información histórica recopilada, la conductividad aumenta a medio plazo, en el 31,1% en los puntos en que se dispone de datos y disminuye en el 66,7%. A largo plazo aumenta en el 78,9% y disminuye en el 21.1% de los puntos con datos analíticos.

En cuanto a los contenidos en nitratos, en un 24,4 % de los puntos con datos se observa tendencia a la disminución de concentraciones a medio plazo y en un 73,3% tendencia al aumento de las mismas. A largo plazo las tendencias al incremento de concentración se refleja en el 61,1% de los casos y la tendencia a la disminución en el 38,9%.

Con lo que respecta a los sulfatos el 58,8% de los puntos se observa tendencia a la disminución de concentraciones a medio plazo y en un 40% tendencia al aumento de las mismas. A largo plazo las tendencias al incremento de concentración se refleja en el 70% de los casos y la tendencia a la disminución en el 30%.

En cuanto al contenido en cloruros aumenta, a medio plazo, en el 51,1% de los puntos en que se dispone de datos y disminuye en el 46,7%. A largo plazo aumenta en el 72,2% y disminuye en el 27,8% de los puntos con datos analíticos.