

## FUNCIONAMIENTO HIDROLOGICO DE UN HUMEDAL RIBEREÑO, EL MASEGAR, EN EL CONJUNTO DE LOS HUMEDALES DE LA MANCHA HUMEDA DE LA CUENCA ALTA DEL RIO CIGÜELA

J. M. Fornés \*, A. de la Hera \*, J. Cruces \*\* y M. R. Llamas \*

### RESUMEN

En 1981, a petición del Gobierno español, la UNESCO declaró Reserva de la Biosfera «La Mancha Húmeda». En 1995 la UNESCO ha indicado que este título puede ser retirado si continúa la degradación del conjunto de humedales que integran esa Reserva de la Biosfera. La «Mancha Húmeda» estaba formada por un centenar de pequeñas lagunas o humedales que totalizaban una superficie de unos 200-300 km<sup>2</sup> y se repartían en un área de unos 20.000-25.000 km<sup>2</sup>. Las lagunas tienen unas características muy diversas (salinas y dulces, permanentes y efímeras, ribereñas y endorreicas, etc.). Se estima que la superficie actual conjunta de esas lagunas apenas alcanzan el 20-30 % de la que ocupaban hace 20 ó 30 años. El caso de degradación más conocido es el del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel, que ha pasado de ocupar una extensión de 15-20 km<sup>2</sup> a menos de 1 km<sup>2</sup>.

En este trabajo se analiza la situación general de los humedales del río Cigüela y se presentan los resultados del análisis del funcionamiento de un humedal de modestas dimensiones, algo menor de 1 km<sup>2</sup>, El Masegar. Se trata de un humedal ribereño ubicado en la cuenca del río Cigüela que puede considerarse como un humedal artificial, creado por el hombre. Desde el punto de vista ecológico, este humedal parece haber funcionado muy bien hasta que en 1988 comenzó el denominado «Plan de Regeneración Hídrica del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel». Este plan no sólo no ha regenerado ese Parque, sino que ha degradado o destruido los humedales ribereños existentes a lo largo de unos 150 km del valle del río Cigüela. La superficie conjunta de esos humedales era ampliamente superior a la superficie del PNTD. El estudio realizado indica que es posible restaurar o conservar gran parte de los humedales del río Cigüela, sin un gasto económico excesivo y sin conflictos sociales con los agricultores.

**Palabras clave:** Reserva de la Biosfera, impacto ecológico, humedal, restauración, Hidrología de humedales, Mancha Húmeda, río Cigüela.

### ABSTRACT

Fifteen years ago «La Mancha Húmeda» was declared Biosphere Reserve by UNESCO, at the request of the Spanish Government. According to a recent declaration by UNESCO in 1995, such title could be lost if the degradation processes of the wetlands of «La Mancha Húmeda» continue.

«La Mancha Húmeda» was formed by a hundred of small lakes or wetlands that in area totalled about 200-300 km<sup>2</sup> and they were distributed over an area of about 25.000 km<sup>2</sup>. These are different types of wetlands (saltwater and freshwater, permanent and ephemeral, riparian and closed basins, etc.). It is estimated that the actual surface of all the wetlands is about 20-30 % of that occupied 20 or 30 years ago. The most famous degradation case is that of the «Tablas de Daimiel National Park» that has shrunk from an area of about 15-20 km<sup>2</sup> to less than 1 km<sup>2</sup>.

This article presents the general situation of the riverine wetlands of the Cigüela river and the results of the hydrological functioning of a wetland of modest dimensions, less than 1 km<sup>2</sup>, El Masegar. It is a riparian wetland located in the Cigüela River basin which has been severely affected by man actions. El Masegar can be considered as an artificial

\* Departamento de Geodinámica. Fac CC. Geológicas. Universidad Complutense. s/n 28040 Madrid. Fax: 91/394 48 45.

\*\* Departamento de Física Aplicada. E?T?S?I?C? y P. Avda. de los Castros s/n. Universidad de Cantabria. 39005 Santander. Fax: 942/20 17 03.

wetland. From an ecological point of view, this wetland seems to have been functioning in a proper way until 1988, when the so called «Plan de Regeneración Hídrica del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel» began. This Plan has not regenerated the Natural Park but has degraded or destroyed the riparian wetlands that existed along the Cigüela River valley which is about 150 km long. The surface of these wetlands all together was larger than that of Tablas de Daimiel National Park. The study shows that it could be feasible to restore or maintain most of the riparian wetlands of the «La Mancha Húmeda» without a great economic investment and without social conflicts with the farmers.

**Key words:** *Biosphere Reserve, ecological impact, wetlands, restoration, wetlands hydrology, Mancha Húmeda, Cigüela river.*

## Introducción

### *Aspectos generales de la Mancha Húmeda*

En 1981, a petición del Gobierno de España, la UNESCO declaró «La Mancha Húmeda» Reserva de la Biosfera. En marzo de 1995, tuvo lugar en Sevilla la Conferencia Internacional sobre Reservas de la Biosfera, donde hubo un serio cuestionamiento sobre la permanencia de La Mancha Húmeda en la Red Mundial de Reservas de la Biosfera, dado su nivel de degradación medioambiental. El resultado de ese debate parece haber sido un requerimiento al Gobierno español para que, en un plazo razonable, presente al programa MAB (Man and Biosphere) un plan coordinado de actuación para recuperar o conservar La Mancha Húmeda (cf. A.N., 1995).

La denominada Mancha Húmeda estaba formada por un centenar de pequeñas lagunas o humedales dispersos en la región de La Mancha (unos 20.000 ó 25.000 km<sup>2</sup>). El área total de esas lagunas era sólo del orden del 1 % del total de la superficie, es decir, unos 200-300 km<sup>2</sup>. Estos humedales presentaban gran diversidad de características: de agua dulce o salina, de carácter permanente o efímero, conectadas a los cursos de agua, es decir, ribereñas, o aisladas o endorreicas, etc. Tal diversidad respondía, en parte, a las características hidrogeomorfológicas locales y, en parte, a su situación en la respectiva cuenca hidrográfica y en los sistemas regionales o locales de flujo subterráneo.

Sobre esta diversidad natural se ha impuesto la acción antrópica que ha introducido en algunos casos profundas modificaciones en los sistemas naturales. Estas acciones o actividades humanas son muy diversas y pueden ir desde la construcción de pequeños diques o «cespederas» para manejar el agua en las zonas pantanosas, hasta la puesta en regadío de una superficie de más de 1.000 km<sup>2</sup> en unos veinte años. El resultado ha sido que en los últimos 20 ó 30 años el 60 ó 70 % de la superficie ocupada por los humedales ha desaparecido o está muy degradada.

Posiblemente una razón importante de esta situación está en la escasez de conocimientos hidrológicos de la mayor parte de los que han intervenido en

la toma de decisiones. Otro motivo, a nuestro parecer, muy significativo es que se ha asimilado prácticamente toda La Mancha Húmeda (un centenar de lagunas con 200-300 km<sup>2</sup> de superficie total) al Parque Nacional de Tablas de Daimiel (PNTD) que sólo ocupa, como máximo, un 5-8 % de toda esa superficie. Una tercera razón es que, consciente o inconscientemente, se ha tomado el tema de la «salvación» del PNTD como una excusa o pretexto para conseguir dinero o agua del Acueducto Tajo-Segura (cfr. Llamas, 1989,a; 1994, a, b y d; y 1995; Serna y Gaviria, 1995)<sup>1</sup>.

### *Situación general de los humedales del río Cigüela*

La cuenca alta del río Cigüela (hasta la estación de aforos 202 de Villafranca de los Caballeros) alberga —o albergaba— algunos de los humedales más característicos e importantes de la «Mancha Húmeda». No existe todavía un inventario oficial de dichos humedales. A efectos de nuestro trabajo hemos seguido principalmente el inventario —todavía no oficial— preparado por el MOPTMA (INI-TEC, 1991), que parece haber sido el empleado en la elaboración del Plan Hidrológico de la Cuenca del Guadiana I.

En esta cuenca indicada, existen humedales de los distintos tipos antes mencionados: salinos o dulces, temporales y permanentes, ribereños y aislados, endorreicos y exorreicos. A estos factores o condicionamientos naturales se unen las acciones antrópicas que introducen nuevos cambios en el comportamiento de los humedales. Algunos de estos cambios

<sup>1</sup> No todas las opiniones han sido coincidentes en este tema. Así, los titulares de un artículo en el *Ya* (7 de marzo de 1988, pág. 12) decían: «Las Tablas de Daimiel resucitan gracias a las aguas del trasvase Tajo-Segura»; en el mismo artículo el Director General de Obras Hidráulicas afirma que: «Ahora se pretende invertir el sentido de la palabra *daimielización* para que signifique el ejemplo de cómo se recupera un Parque.» Dos años después, un Subdirector General de Obras Hidráulicas, manifiesta a la agencia estatal EFE (*Diario de Navarra*, 1 de abril de 1990): «Creo que lo que se ha hecho en Daimiel es un ejemplo de esfuerzo de recuperación y conservación y, en este sentido, me gustaría daimielizar Doñana.»

se introdujeron hace siglos; por ejemplo, la construcción de «cespederas» o pequeños diques para crear piscifactorías realizadas, el parecer, por los monjes del antiguo monasterio de El Taray.

Ahora bien, esos cambios no fueron excesivamente relevantes y se había alcanzado un nuevo equilibrio ecológico que, en cierto modo, había mejorado la situación estrictamente natural.

Desde la mitad del presente siglo se efectuaron otra serie de acciones antrópicas que han tenido distintos objetivos y han producido variados efectos sobre la ecología de estos humedales. Una resumida presentación de estas acciones y efectos es la siguiente:

a) Relleno de humedales con residuos sólidos urbanos (por ejemplo, en Quero). Conduce a la reducción de la zona inundada y a su contaminación.

b) Vertido de aguas residuales urbanas o industriales (principalmente alcoholeras). Algunas lagunas han pasado a tener agua de modo permanente, debido a esa aportación, pero con frecuencia esas aguas están altamente contaminadas (por ejemplo, las lagunas de Villacañas y la Sangría en Quero).

c) Explotación intensiva de salmuera en algunas lagunas salinas, como PeñaHueca, Tínez y Quero. En los últimos años esta explotación se ha intensificado, mediante el bombeo de agua para facilitar la extracción de la salmuera.

d) Derivaciones del río Cigüela o del Riansares hacia zonas deprimidas colindantes durante las épocas de aguas altas y manejo de esas aguas mediante «cespederas» e instalación de compuertas. Este fue el método clásico en muchos humedales a lo largo del Cigüela y Riansares (Arroyo Morón, Los Santos, Pastrana, Vadancho, Los Albardiales, Molino de El Abogado, Taray y otros). En general, esta operación se hacía para usos cinegéticos. Prácticamente todos estos humedales están hoy en un alto estado de degradación debido a las acciones posteriores.

e) Intento de desecación de las zonas pantanosas ribereñas. Siguiendo una tendencia universal —al menos en los países industrializados— siempre hubo en esta región un deseo de eliminación de las zonas pantanosas que se consideraban —y realmente eran— un foco de paludismo y un obstáculo para las vías de comunicación. En la década de los años cincuenta, el Ministerio de Agricultura incentivó y subvencionó un programa destinado a recuperar unos 250 km<sup>2</sup> de seis zonas pantanosas a lo largo del Cigüela y del Guadiana. La operación se realizó en buena parte en los años sesenta y setenta y en nuestra zona de estudio consiste esencialmente en un profundo drenaje (2 ó 3 m del río Cigüela). Con esta acción quedó prácticamente destruido el humedal de

uso cinegético de Arroyo Morón (con una superficie inundable del orden de 9 km<sup>2</sup>, es decir, el 60 % de la superficie del PNTD). Esta operación de desecación de zonas pantanosas fue interrumpida a mediados de los años setenta debido a la oposición de grupos conservacionistas nacionales e internacionales.

f) Descenso de los niveles freáticos debidos a bombeos (principalmente para regadíos). Este es el problema principal en una amplia zona, unos 6.000 km<sup>2</sup>, del alto Guadiana, especialmente en el denominado acuífero 23 (por el Instituto Tecnológico Geominero de España) ó 04.04 (por el MOPTMA). En dicha zona, en los últimos 20 ó 30 años, se han puesto en regadío con aguas subterráneas unos 1.000 km<sup>2</sup> y, a consecuencia de los bombeos excesivos, el nivel freático ha descendido unos 20-30 m, como valor típico. Ese descenso ha conducido a la desecación total de muchos humedales (embalse de Muleteros, La Albuera, el Escoplillo y otros), y al serio deterioro del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel (que ha pasado de 15-20 km<sup>2</sup> a 0,5 km<sup>2</sup> de zona inundada). Sin embargo, en nuestra zona de estudio los bombeos han jugado un reducido papel debido a la relativamente baja permeabilidad de los terrenos y, especialmente, a la salinidad de las aguas subterráneas que, en general, es poco adecuada para el riego. Concretamente, en la zona de estudio (3.000 km<sup>2</sup> hasta la estación de aforos 202) los regadíos no parecen ocupar una extensión superior de 10 a 20 km<sup>2</sup>, en el mejor de los casos, y están casi todos ellos en la zona de la Puebla de Almoradiel siendo en parte aguas subterráneas y en parte recarga inducida del río Cigüela.

g) Nuevas profundizaciones y rectificaciones del cauce del río Cigüela. En 1987, se aprobó una Ley de Regeneración Hídrica del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel, que implica la posibilidad de enviar agua desde el Acueducto Tajo-Segura al PNTD, a través del río Cigüela. Con el fin de «facilitar» la llegada de este agua del Tajo hasta el PNTD se efectúan unas tareas de acondicionamiento y limpieza del cauce del río Cigüela que consisten, esencialmente, en nuevas profundizaciones y rectificaciones del cauce. Estas operaciones han dejado en seco todos los humedales ribereños del Cigüela. Tal actuación ha sido un fracaso en lo que a regeneración hídrica del PNTD se refiere, como ha sido reconocido en informes del propio MOPTMA (cf. CEDEX, 1994).

h) La presa de La Garita y el nuevo Cigüela artificial. Visto el fracaso del envío de agua a través del río Cigüela, la Confederación Hidrográfica del Guadiana encargó la redacción de un proyecto consistente en la realización de la presa de La Garita (en el río Cigüela) con una capacidad de 130 millones de m<sup>3</sup> y con una cuenca vertiente de unos 500

km<sup>2</sup>. Esta presa está sobredimensionada para el caudal del río, pero se piensa llenar con aguas procedentes del acueducto Tajo-Segura. En principio, esas aguas deberían proceder del trasvase del río Duero, previsto en el proyectado Plan Hidrológico Nacional de 1993, ya que difícilmente pueden proceder del río Tajo, pues este río, según el PHN, no puede ni siquiera dar el agua inicialmente prevista en la Ley del Trasvase del Tajo al Segura.

Por otra parte, teniendo en cuenta que gran parte del agua del Tajo trasvasada desde 1989 hasta 1994 (unos 60 millones de m<sup>3</sup>) se han infiltrado en el cauce del Cigüela sin llegar al PNTD, el proyecto del embalse de La Garita se complementa con una conducción de más de 100 km de longitud, por la que al parecer se conduciría el agua trasvasada y/o el agua del Cigüela a varias ciudades y al PNTD. En otras palabras, si se realiza este proyecto el río Cigüela quedaría en seco desde la presa de La Garita hasta su confluencia con el Riansares. Todos los humedales ubicados aguas arriba de esta confluencia desaparecerían y los situados aguas abajo (Vadanchó, Pastrana, Villafranca, y otros) quedarían seriamente perjudicados.

## Objetivos

El objetivo de este artículo es presentar algunos datos de la información obtenida con motivo de dos proyectos de investigación sobre humedales de La Mancha. Uno de ellos financiado por la Comisión Internacional de Ciencia y Tecnología (proyecto n.º NAT90-0721-C02) y el otro por la DGXII de la UE (proyecto n.º CT90-0084). Buena parte de la información ahora presentada procede de una tesis doctoral de Fornés (1994) cuya realización fue posible gracias a la financiación de ambos proyectos.

La tesis de Fornés trata, con cierta amplitud, de cuatro humedales: dos salinos (Peña Hueca y Tirez) y dos ribereños de agua dulce (El Masegar y El Molino de El Abogado). En este trabajo se va a poner especial énfasis en el comentario de los datos de El Masegar. La razón de ello se debe a que el análisis de este humedal, de carácter artificial, tiene, en nuestra opinión, especial importancia en orden a tomar decisiones adecuadas en el actual y grave conflicto planteado entre los intereses de los agricultores y la conservación de los humedales. De modo sintético, los datos que se van a exponer confirman lo ya enunciado previamente por uno de nosotros (cf. Llamas, 1994 d y 1995) que puede sintetizarse así: a) la recuperación de los humedales que están sobre el acuífero 23 es muy difícil, por no decir imposible; b) el Plan de Regeneración Hídrica del PNTD ha sido un fracaso y además ha destruido importantes humeda-

les del río Cigüela; c) en cambio, la restauración, conservación e, incluso, la creación de humedales en las zonas que limitan este acuífero 23, especialmente al Norte, parece relativamente fácil y económicamente asequible; además, no tiene por qué ocasionar conflictos con los intereses de los agricultores.

## Metodología de trabajo

El método de trabajo dentro de ambos proyectos ha sido el de analizar los procesos hidrológicos en determinados humedales y tratar de obtener reglas generales que permitieran llegar a una clasificación más adecuada de los diferentes tipos de humedales y a una estimación de los impactos que en ellos pudieran producir diferentes acciones antrópicas. El proyecto europeo, además, intenta coordinar los datos no sólo hidrológicos, sino también hidrobioquímicos y ecológicos mediante la comparación de humedales característicos de cuatro regiones europeas (Birr en Irlanda, Torridge en Inglaterra, Bec d'Alier en Francia y el Cigüela en España). El resultado de la primera fase de este proyecto ha sido ya resumido en un informe (cf. Maltby *et al.*, 1994), pero queda fuera del objetivo del presente trabajo.

En el presente artículo se presenta un análisis hidrológico general en un tramo de la cuenca alta del río Cigüela (fig. 1), con especial énfasis en la hidrogeología. Para realizar este estudio se ha efectuado un detallado trabajo de campo (inventario de pozos) que ha permitido conocer en sus líneas generales el papel de las aguas subterráneas en el funcionamiento de la cuenca. En una primera fase no se realizó un estudio detallado de los datos de aforos de superficie ya que hubo ciertas dificultades para obtenerlos. Afortunadamente, esas dificultades parecen haberse reducido y, actualmente, se están reelaborando algunos de esos datos.

Como previamente se dijo, sólo se presentan ahora en detalle los datos de un humedal ribereño, El Masegar, cuya situación puede verse con más precisión en la figura 2. La selección de este humedal entre los existentes se debe, fundamentalmente, a que, después de hablar con las autoridades medioambientales autonómicas y con los propietarios de algunos humedales, únicamente en el caso de El Masegar encontramos una disposición abierta para que pudiéramos no sólo entrar libremente en la propiedad, sino también efectuar allí las medidas oportunas.

Hay que advertir que nuestro estudio ha tenido un cierto hándicap. Todo el período de estudio ha transcurrido durante una sequía severa, lo que hace que estos humedales hayan estado secos todo o casi todo el tiempo del estudio. Esta sequía continúa actualmente (mayo 95) por cuarto año consecutivo.

## Características climáticas

Varios autores han analizado con cierto detalle los parámetros climáticos procedentes de las estaciones meteorológicas de la zona (cf. Fornés, 1994; Peinado, 1994; Pérez González, 1995). Ahora se van simplemente a recordar aquellos datos más significativos para el objetivo del presente estudio.

El clima de la zona es conocido como mediterráneo continental con veranos secos y calurosos y con inviernos fríos y relativamente húmedos. La evapotranspiración potencial viene a tener aproximadamente un valor doble de la precipitación. La evapotranspiración real es del orden del 90 al 100 % de la precipitación la mayor parte de los años.

N.º	Nombre	Extensión (ha)	Tipo
1	El Hito	291,11	Endorreica
2	El Salobral	7,99	Endorreica
3	Navarredonda	11,40	Endorreica
4	La Albardiosa	31,98	Ribereña
5	Laguna Larga	84	Endorreica
6	Tirez	62	Endorreica
7	Peña Hueca	164,98	Endorreica
8	El Taray	530	Ribereña
9	El Masegar	130	Ribereña
10	Los Santos	100	Ribereña
11	Molino del Abogado	50	Ribereña
12	Casa de la Dehesilla	61,29	Ribereña
13	Chica de Villafranca	53,90	Ribereña
14	Grande de Villafranca	74,92	Ribereña
15	Lagunilla de la Sal		Endorreica
16	Pastrana	700	Ribereña
17	Vadanchó	150	Ribereña
18	Grande de Quero	75,99	Endorreica
19	Los Carros	13,01	Endorreica
20	Pajares	22	Endorreica
21	Salicor	52,25	Endorreica
22	La Paloma	33	Endorreica
23	La Laguna	7	Endorreica
24	Las Yeguas	64,45	Endorreica
25	Camino de Villafranca	185,03	Endorreica
26	La Veguilla	136,45	Endorreica
27	Arroyo Morón	900	Ribereña
28	El Longar	94,07	Endorreica

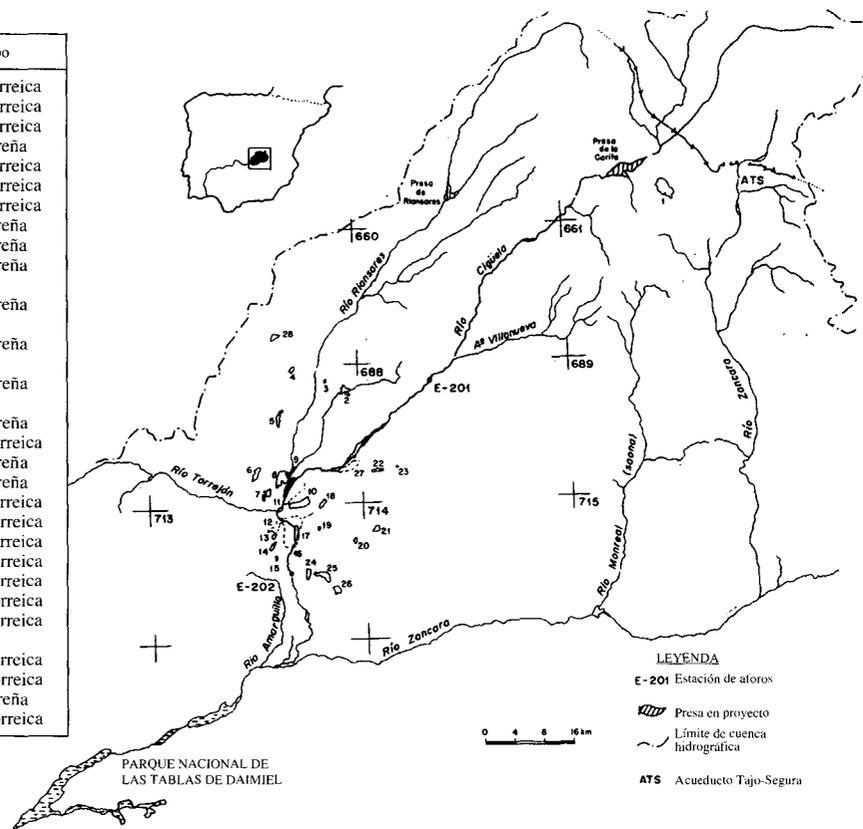


Fig. 1.—Mapa de situación (Confederación Hidrográfica del Guadiana, C.H.G., 1992).

Fornés (1994) utiliza los datos de las estaciones meteorológicas de Toledo (1908-1992) y de Villafranca de los Caballeros (1985-1992). Ambas son las estaciones completas más próximas que existen. La de Villafranca está situada a unos 10 km de El Masegar y, aproximadamente, a la misma altura. Fornés (*ibid.*) obtiene un coeficiente de correlación de 0,84 entre las lluvias anuales de Villafranca y las de Toledo y, por ello, se ha estimado que los datos de Toledo también sirven para el análisis general climático. La lluvia media anual en Toledo es de 370 mm. En la figura 3 se han representado las desviaciones acumuladas en relación con la pluviometría anual media en la estación de Toledo. Es fácil ver que no se da una clara periodicidad en las secuencias secas; sin embargo, sí puede decirse que no son raras las largas secuencias o rachas secas. Por ejemplo, la larga sequía actual de 13 años desde 1979 a 1994, que todavía persiste y puede llegar a ser de 15 años, puede compararse con la sequía de 1910 a 1926. Por otra parte, es bien conocido que en el último tercio del siglo pasado se dieron las secuencias secas más largas de la zona central de España (cf. Almarza y López, 1995).

Para el cálculo de la evaporación utiliza Fornés (1994) los datos de un tanque A y de un evaporímetro Piché en la estación de Toledo (Buenavista) con medidas de 1982-1992. Compara los valores de estas dos medidas y no encuentra un coeficiente de correlación bueno. En la estación de Villafranca sólo existe un evaporímetro de Piché y algunos años las medidas inspiran poca confianza. Comparados estos valores y los obtenidos con la fórmula de Penman, Fornés hace una estimación de los valores mensuales de evaporación en El Masegar, obteniendo un valor anual del orden del 1,1 m año<sup>-1</sup>.

Fornés (1994) ha hecho algunas comparaciones entre los valores que se obtienen para la evapotranspiración real en Toledo y en Villafranca, aplicando el método del balance mensual y calculando la evapotranspiración potencial por el método de Thornthwaite. Observa, como era de esperar, que en los años secos o medios, la evapotranspiración real prácticamente iguala a la precipitación si se admite una reserva en el suelo superior a 50 mm. Resultados similares obtuvo Almarza (1984) en la estación de Toledo para valores medios mensuales.

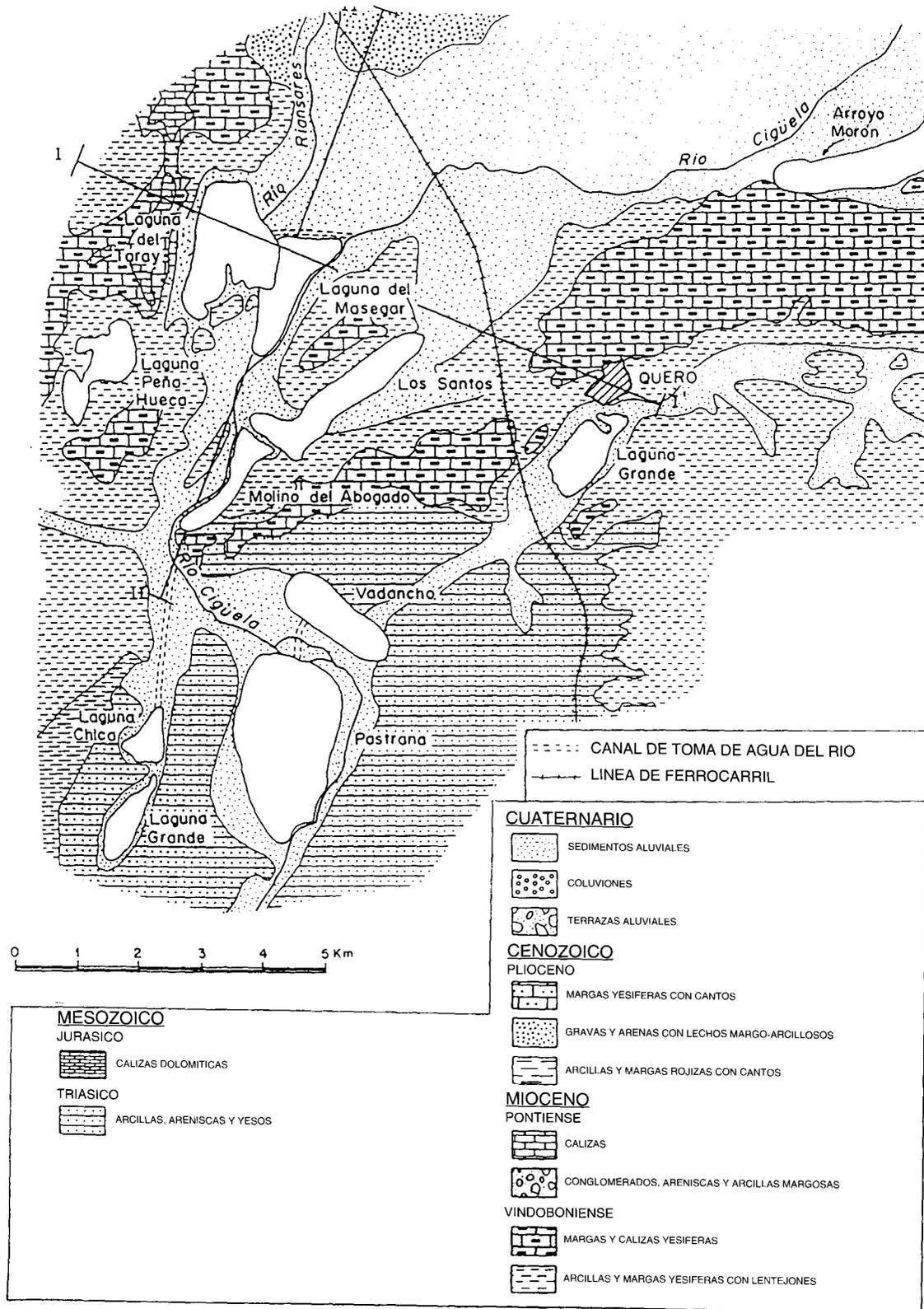


Fig. 2.—Mapa geológico esquemático (modificado de Fornés, 1994).

DESVIACIONES ACUMULADAS (MEDIA=370 mm). ESTACION METEOROLOGICA DE TOLEDO  
 Período 1909-1992

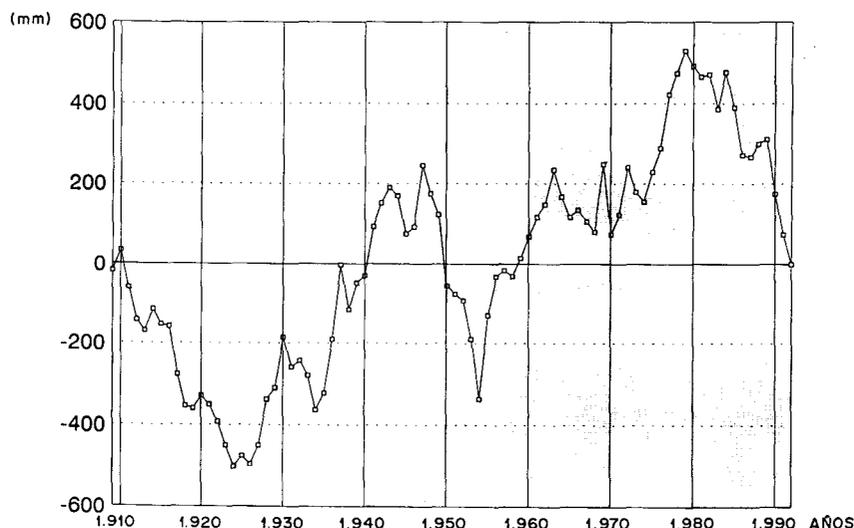


Fig. 3.—Desviaciones acumuladas de la lluvia media anual de la estación meteorológica de Toledo en el período 1909-1992.

En resumen, estos métodos aproximados indican que en esta región, en los años secos, el agua de lluvia disponible para la escorrentía superficial y/o para la recarga de los acuíferos es muy pequeña. Si a esto se añade la escasa pendiente del terreno, que dificulta la escorrentía, es fácil deducir que el agua de lluvia no evapotranspirada va a ser muy escasa, quizá sólo el 5 ó 10 %, como valor medio anual.

**Características hidrogeológicas e hidrológicas de la cuenca**

*Hidrogeología general*

A grandes rasgos la geología de la zona está formada por materiales mesozoicos, terciarios y cuaternarios, que descansan discordantes sobre el zócalo paleozoico. En la figura 2 puede verse que los materiales más antiguos corresponden al Triásico formado por conglomerados, areniscas, limos y arcillas. Sobre esta serie triásica, y mediante discordancia erosiva y angular, descansa el conjunto mioceno compuesto por una serie basal formada en su mayor parte por arcillas y margas con gran cantidad de yeso, y una serie superior formada por calizas y margas yesíferas. Discordantes sobre el Mioceno, se encuentran los materiales pliocenos y cuaternarios.

Las lagunas ribereñas estudiadas, están situadas sobre estos últimos depósitos aluviales cuaternarios, cuyo espesor, aunque variable, no parece superar los 5 m.

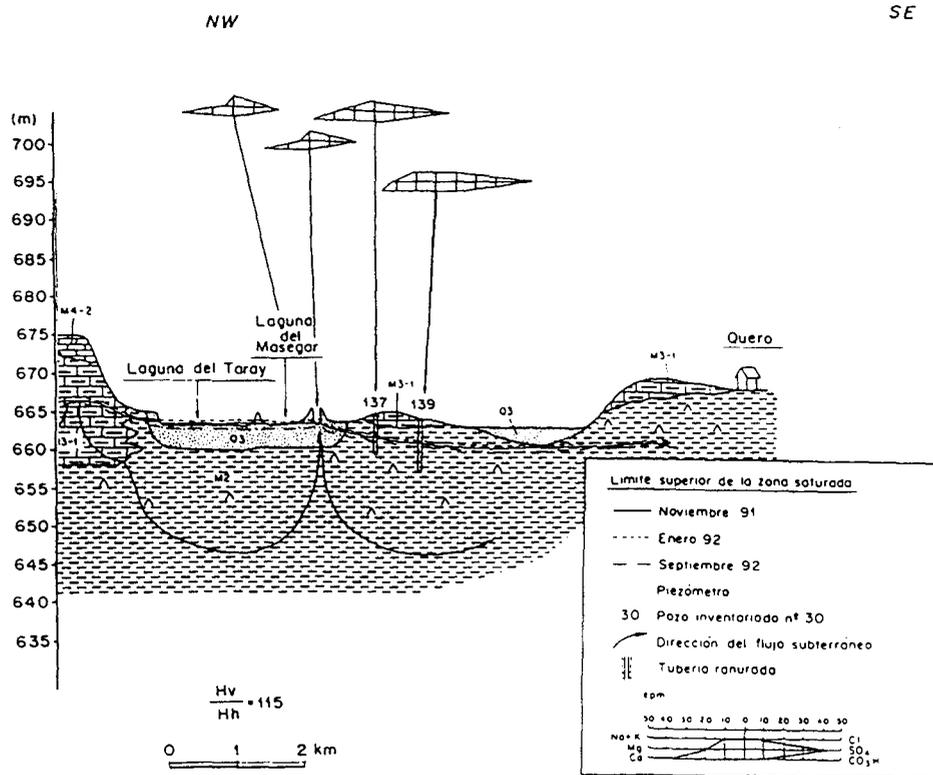
Fornés (1994) realizó un análisis de la documentación disponible sobre la hidrogeología de la zona y efectuó un nuevo inventario de sondeos que totalizan unas 150 captaciones. Esto ha permitido identificar los principales acuíferos de la zona que son los siguientes:

- a) Areniscas de la base del Triásico.
- b) Conjunto margo-calcáreo rico en yesos del Mioceno.
- c) Calizas de los páramos, también del Mioceno.
- d) Formaciones superficiales del Plioceno y Cuaternario que, en general, tienen poco espesor.

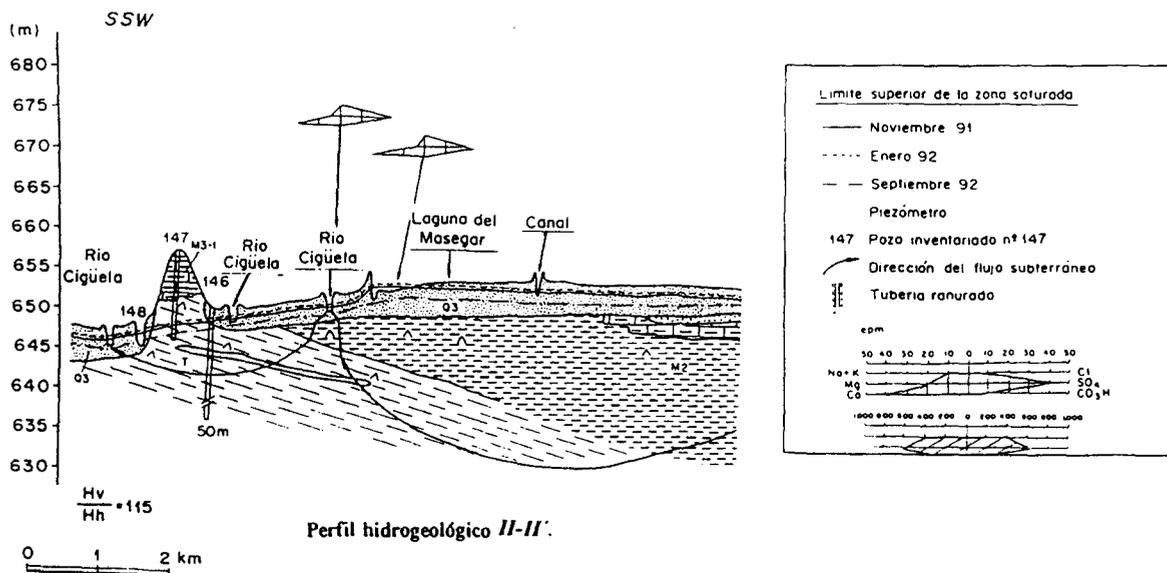
Desde el punto de vista hidrogeológico, la formación con mayor interés es la de las areniscas triásicas cuya potencia máxima alcanza hasta unos 200 m (fig. 4). Tiene, en general, una configuración a modo de cuña, cuyo espesor aumenta hacia el este. Su transmisividad, como era de esperar, es variable, pero parece que en no pocos sitios supera los 100 ó 200 m<sup>2</sup>/día.

El espesor del conjunto margo-calcáreo rico en yesos del Mioceno suele oscilar entre 10 y 50 m. Las calizas de los páramos, en gran parte desnudadas, están muy karstificadas y su espesor máximo está en torno a los 15 m. Disponemos de pocos valores fiables en lo que se refiere a la transmisividad de estas dos formaciones.

El sistema hidrogeológico de la zona de estudio está constituido por un conjunto de formaciones acuíferas separadas entre sí por formaciones menos permeables, acuitardos, principalmente miocénicas.



Perfil hidrogeológico I-I'.



Perfil hidrogeológico II-II'.

Fig. 4.—Perfiles hidrogeológicos. Su situación se indica en la figura 2 (tomado de Fornés, 1994).

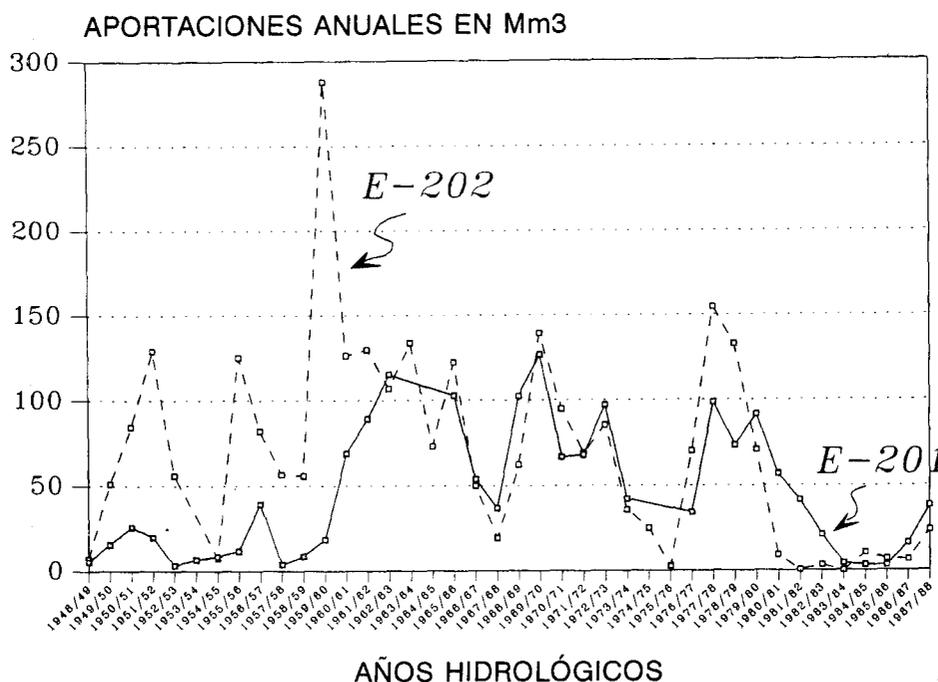


Fig. 5.—Aportaciones anuales en 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> en las estaciones de aforo 201 y 202.

El principal acuífero está constituido, como ya se ha dicho, por las areniscas triásicas que, en general, van a funcionar como un acuífero confinado o semi-confinado (ver figs. 2 y 4).

La hipótesis de funcionamiento hidrogeológico general de la zona fue el esquema de flujo subterráneo clásico propuesto por Toth a comienzos de la década de los setenta, según el cual, deberían existir una serie de flujos locales, intermedios y regionales.

En base a esta hipótesis de partida, el modelo de flujo numérico realizado por Fornés (1994) en la zona de estudio, parece confirmar las siguientes conclusiones:

- a) Existen flujos locales, intermedios y regionales.
- b) En algunas zonas de descarga (y de recarga) parece existir un significativo gradiente hidráulico vertical.
- c) El tiempo de residencia o permanencia de la recarga de las precipitaciones en el acuífero es, en general, elevado: desde unos pocos siglos en los flujos locales, por ejemplo en Tirez, hasta varios milenios en los flujos que llegan a las zonas de El Masegar y El Taray.

*Hidrología general*

A efectos del presente trabajo, nuestro análisis realmente preliminar se va a referir, de modo casi exclusivo, al tramo comprendido entre las estaciones 201 (Quintanar de la Orden) y 202 (Villafranca

de los Caballeros), cuya situación puede verse en la figura 1. En este tramo se hallan situados casi todos los humedales ribereños importantes y «salvables» del Sector Occidental y Septentrional de La Mancha Húmeda. Estos son, en orden descendente: Arroyo Morón (9 km<sup>2</sup>), Los Alberdiales o laguna de Albardiosa (0,32 km<sup>2</sup>), Masegar (1,3 km<sup>2</sup>), El Taray (5 km<sup>2</sup>), Los Santos (1 km<sup>2</sup>), El Molino de El Abogado (0,15 km<sup>2</sup>), Casa de la Dehesilla (0,6 km<sup>2</sup>), Vadancho (1,6 km<sup>2</sup>) y Pastrana (7 km<sup>2</sup>). Es decir, en total una superficie de unos 26 km<sup>2</sup>, ampliamente superior a la del PNTD (15-20 km<sup>2</sup>). Todo esto sin incluir los humedales endorreicos y salinos que son también muy importantes en esta zona. Basta recordar (fig. 1) que en ella se encuentran las siguientes lagunas cerradas, es decir, no conectadas a cursos de agua: Villacañas Grande y Chica (0,7 km<sup>2</sup> y 0,5 km<sup>2</sup>, respectivamente), Tirez (0,6 km<sup>2</sup>), PeñaHueca (1,84 km<sup>2</sup>), y la Laguna Grande de Quero (0,7 km<sup>2</sup>).

El régimen del río Cigüela se caracteriza por su elevada irregularidad. En su cuenca predominan los materiales poco permeables, lo que unido a la reducida pluviometría media (unos 400 mm/año) y a la elevada evapotranspiración (unos 800 mm/año), nos indica que en los años secos la aportación de aguas fluviales (superficiales y subterráneas) es muy pequeña. En otras palabras, el valor medio de la aportación es un valor poco significativo para conocer el régimen temporal de este río.

A efectos de conocer el funcionamiento de El

Masegar, en la tabla 1 se sintetizan los principales datos de aforo de las estaciones 201 y 202 de la cuenca del río Cigüela, cuya ubicación se indica en la figura 1. En la figura 5 se presentan las aportaciones anuales en las dos estaciones en los años en que existen datos comunes, es decir, desde 1948/49. En la figura 6 se presentan los datos de la escorrentía superficial en mm/año. Esnaola (1991) estudió la correlación de estos datos de aforos con los de la pluviometría en las estaciones de Quintanar de la Orden para la 201 y de Villafranca para la 202, y llegó a la conclusión de que dicha correlación era muy baja. Esta baja correlación puede ser debida a que en una cuenca como ésta la precipitación anual es un dato demasiado grosero para identificar la escorrentía. Por otra parte, como ya se dijo, los errores en las medidas de aforos para caudales altos parecen ser muy elevados (hasta 400 %) según un reciente informe realizado por un equipo de la Universidad Politécnica de Cataluña (cf. Dolz *et al.*, 1994).

No obstante las mencionadas incertidumbres, de los datos de las figuras 5 y 6 pueden obtenerse algunas conclusiones: a) La escorrentía específica media (mm/año) disminuye, como era de esperar, al aumentar el tamaño de la cuenca y pasa de unos 50 mm/año en la 201 (995 km<sup>2</sup>) a menos de la mitad (unos 20 mm/año) en la 202 (3.367 km<sup>2</sup>); b) Como es usual en estos casos, los valores medios dan sólo una remota idea de la realidad y las máximas y mínimas de la escorrentía específica presentan variaciones muy superiores a las de la lluvia. Concretamente en la 201 (Quintanar de la Orden) oscilan entre 130 y 3 mm/año y en la 202 (Villafranca de los Caballeros) entre 90 y 0 mm/año. Además de la usual lógica disminución de la escorrentía específica (mm/año) con el aumento de la cuenca se observa que en un cierto número de años, especialmente desde 1979/80, en que se inicia el descenso seco, los valores absolutos de la escorrentía (en 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/año) son menores en Villafranca que en Quintanar.

Fornés (1994) atribuye dicha disminución de caudales a dos posibles causas: a) el aumento de extracciones para los regadíos, y b) la infiltración del agua del río en el acuífero. Evidentemente ambos tipos de causas pueden coexistir lo que además hace que sea más difícil evaluar la importancia relativa de ambos factores por separado.

#### *Análisis preliminar de los trasvases del Tajo*

El análisis de los distintos envíos de agua del Tajo a través del Cigüela dentro del Plan de Regeneración Hídrica del PNTD tiene especial interés. Lamentablemente esas operaciones se han realiza-

Tabla 1.—**Datos característicos de las Estaciones de Aforos 201 y 202 (según Fornés, 1994)**<sup>(1)</sup>

	201	202
Superficie (km <sup>2</sup> )	995	3.367
Años con datos	1921/22-88/89 <sup>(2)</sup>	1948/9 a 88/89 <sup>(3)</sup>
Aportación media anual (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /año)	48,3	65,5
Aportación media anual (mm/año)	49	19
Aportación máxima anual (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	126,7	289,5
Año	1969/70	1959/60
Aportación máxima anual (mm/año)	127	85
Año	1969/70	1959/60
Aportación mínima anual (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	3,1	0
Año	1985/86	1983/84
Aportación mínima anual (mm/año)	3	0
Año	1985/86	1983/84

(1) Con posterioridad a través del Centro de Estudios Hidrográficos se han conseguido datos de años posteriores a 1988/89.

(2) Hay dos años incompletos 1974/75 y 1975/76.

(3) No hay datos de la aportación del año 1953/54.

do sin permitirse el acceso ni a la preparación, ni a los datos obtenidos hasta que éstos han sido publicados en informes del Servicio Geológico de Obras Públicas (1988, 1989, 1990 y 1993). Con posterioridad a la terminación de la tesis de Fornés (1994) se han hecho públicos o semi-públicos otros informes con datos del trasvase (cf. Confederación Hidrográfica del Guadiana-C.H.G., 1994; y Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas-CEDEX, 1994). A continuación, se presentan algunos datos significativos que, esencialmente, proceden de Fornés (1994, págs. 92-98).

Después del primer Decreto-Ley 31/1987 que aprobó el trasvase de agua del ATS, se han efectuado los siguientes envíos de agua del Tajo.

Fecha	Volumen (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Fuente
1. 1988 - 29-II/4-V	12	SGOP (1988)
2. 1989 - 15-III/30-VI	13,3	SGOP (1989)
3. 1990 - 2-IV/16-VII	15,9	SGOP (1990)
4. 1991 - 27-II/15-VII	17,7	C.H.G. (1994)
5. 1992 - 5-II/7-III	6,5	C.H.G. (1994)
6. 1994 - 12-I/24-III	15	C.H.G. (1994)

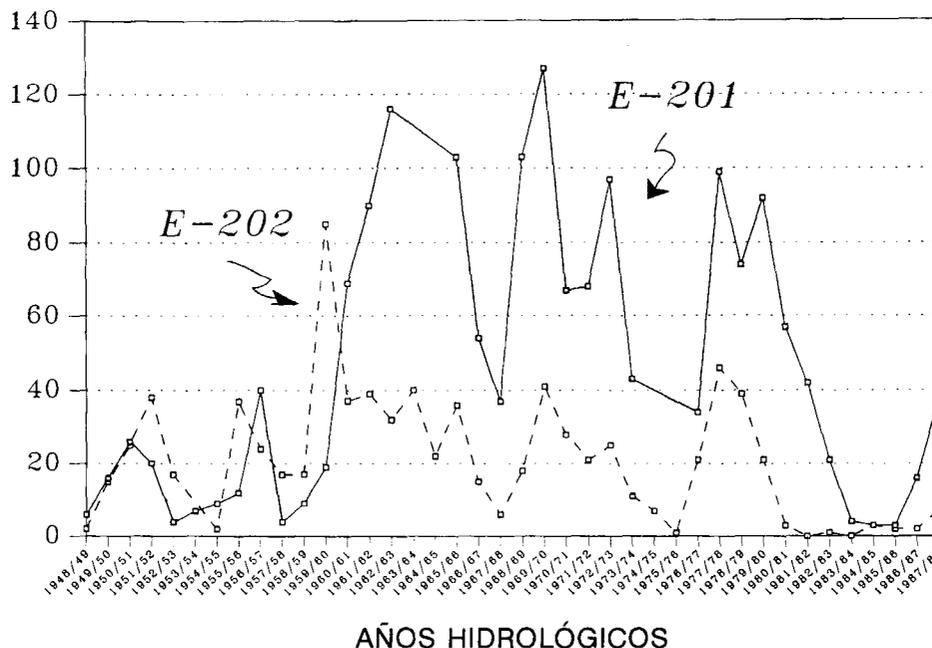


Fig. 6.—Aportaciones anuales en mm/año en las estaciones de aforo 201 y 202.

Desde 1992 los volúmenes trasvasados (con motivo de las aprobaciones de los Reales Decretos 6/1990 y 5/1993) han sido reducidos o nulos debido a la escasez de agua almacenada en los embalses de Entrepeñas y Buendía y la «Guerra del Agua» entre los gobiernos de Castilla-La Mancha y los de Murcia y Valencia (cf. Llamas, 1994 c).

El MOPU parece haber encargado inicialmente al SGOP la preparación y el seguimiento de las incidencias del trasvase (cf. SGOP, 1988, 1989, 1990 y 1993). Sin embargo, a partir de 1993 parece que es la Confederación Hidrográfica del Guadiana y/o el CEDEX los que siguen este tema. En lo que respecta a la zona de estudio, entre las estaciones 201 y 202, el SGOP tomó medidas de aforos no sólo en estas estaciones sino, también, en el Puente de San Isidro, ubicado entre las dos estaciones indicadas.

En la figura 7 se representa la evolución de los aforos durante los tres primeros trasvases, según los datos de Fornés (1994). Puede observarse que en 1988 hay una pérdida de caudal, del orden de 1 m<sup>3</sup>/seg, entre la 201 y la 202. Sin embargo, hacia el final de la operación se aprecia un ligero aumento de caudal entre esas estaciones que probablemente fue debido a que hubo un período de lluvias que condujo a un aumento natural del caudal, especialmente por parte del río Riansares. En el año 1989 las pérdidas de caudal entre las dos estaciones, suelen ser algo menores, del orden de 0,2 a 0,3 m<sup>3</sup>/seg; en el año 1990 vuelven a subir, siendo del orden de 0,5 a 0,6 m<sup>3</sup>/seg. Hasta el trasvase de 1994, nunca se tomaron muestras para realizar análisis isotópicos.

En resumen, cada uno de esos tres primeros trasvases, con volúmenes totales comprendidos entre 12 y 15 hm<sup>3</sup> tiene una duración de unos 50 a 60 días. Los volúmenes «perdidos» por infiltración en el tramo Quintanar de la Orden-Villafranca de los Caballeros parecen oscilar entre unos 3 ó 4 hm<sup>3</sup> en 1988, 1 hm<sup>3</sup> en 1989 y 1 ó 2 hm<sup>3</sup> en 1990. Esta variabilidad puede ser debida a diferentes causas (precipitación, profundidad del nivel freático bajo el lecho del río, etc.) y está siendo objeto de estudios más detallados. A modo de cifra orientativa, si se tiene en cuenta que la distancia entre las estaciones 201 y 202 es de unos 35 km, resulta que la infiltración máxima, si fuera uniforme, sería del orden de 30 l/seg · km<sup>-1</sup>. Obviamente, esta infiltración no es uniforme ni en el tiempo, pues depende de la situación del nivel freático, ni en el espacio, ya que por ejemplo en las zonas de torcas (karst yesífero) es probable que la infiltración sea muy superior.

En cualquier caso, el último informe oficial (cf. CEDEX, 1994) considera que el río Cigüela no es el cauce adecuado para hacer llegar el agua del Tajo hasta el PNTD, como algunos venían sosteniendo desde muchos años antes (cf. Llamas, 1989 a y b).

### Análisis del funcionamiento hidrológico de la laguna de El Masegar

La laguna de El Masegar fue la única laguna ribereña que pudo ser estudiada con algún detalle en la tesis doctoral de Fornés (1994), pues fue la única,

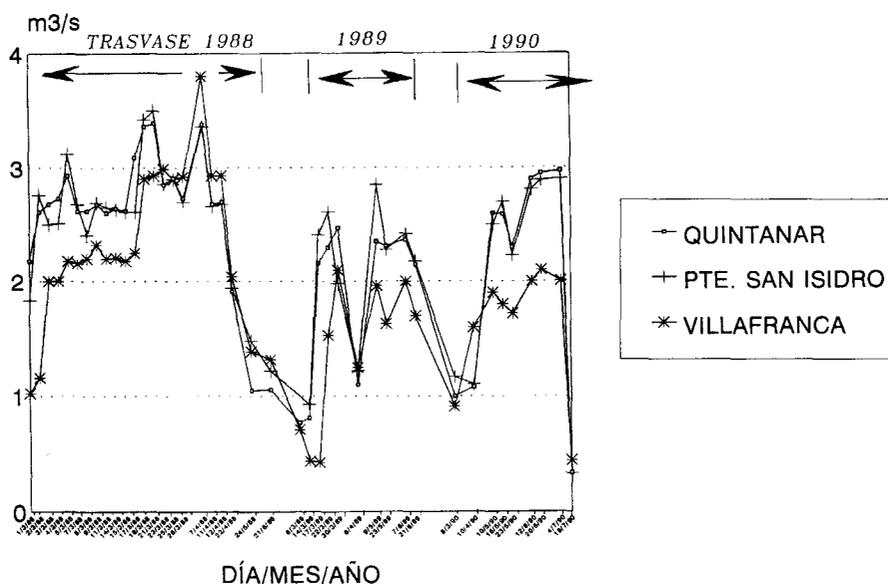


Fig. 7.—Caudales aforados en el Puente de San Isidro y en las estaciones de aforo 201 y 202 durante las operaciones de trasvase de los años 1988, 89 y 90.

entre las que tenían agua, en la que nos fue permitida la instalación de piezómetros y escalas y el acceso periódico para tomar medidas. Además en todo momento se contó con la colaboración de D. Enrique Arias, el guarda de El Masegar de la Fundación José M.<sup>a</sup> Blanc.

El Masegar, como ya previamente se dijo, tampoco es *ahora* estrictamente un humedal ribereño, puesto que su agua no procede del desbordamiento o infiltración directa del río Cigüela, sino de una derivación singular realizada un par de kilómetros aguas arriba. De todas formas, al comienzo de nuestro estudio era casi el único humedal ribereño que continuaba «normal» en los ciento cincuenta kilómetros del valle del río Cigüela hasta su llegada al PNTD.

#### Características geológicas y geomorfológicas

En la figura 8 puede verse un mapa geomorfológico de El Masegar y de El Molino de El Abogado en el que se indica la situación de los piezómetros y de las escalas en las torcas y el río instalados para esta investigación.

Tanto El Masegar como El Molino de El Abogado están situados sobre depósitos cuaternarios de tipo fluvial de la confluencia de los ríos Riansares y Cigüela en el caso de El Masegar y del río Cigüela con el arroyo del Vadillo en el caso de El Molino de El Abogado.

El espesor de estos depósitos cuaternarios no debe ser muy grande, quizá cuatro o cinco metros.

Debajo (figs. 2 y 4) parece existir un cierto espesor de materiales pliocenos y miocenos (con espesor probablemente entre 5 y 30 m) que se apoyan sobre el grueso conjunto triásico de margas, yesos y areniscas cuyo espesor quizá alcance 150 ó 200 m.

La zona de El Masegar ha sido ampliamente modificada por el hombre desde hace siglos pues se construyeron malecones o cespederas para manejar el agua en las distintas zonas; además había una toma o canal en la parte alta que conducía el agua del río Cigüela hasta El Taray (fig. 8), pero parte de esta agua se derivaba a El Masegar.

En la zona norte de El Masegar, existen numerosas «torcas», en la terminología local, que no son sino dolinas de disolución en los yesos miocenos o pliocenos infrayacentes a los depósitos cuaternarios. Estas torcas parecen ser especialmente abundantes en esa zona septentrional (zona A de la fig. 8) y menos frecuente en la zona B de la misma figura 8.

#### Funcionamiento hidrológico

En este apartado se va a estudiar, de modo semicuantitativo, el sistema de recarga y descarga de El Masegar.

Debajo de los depósitos cuaternarios de la zona de El Masegar deben situarse los yesos y margas pliocenos o miocenas, con especial abundancia de yesos en la zona septentrional de El Masegar. Infrayacentes al muro de los materiales terciarios debe

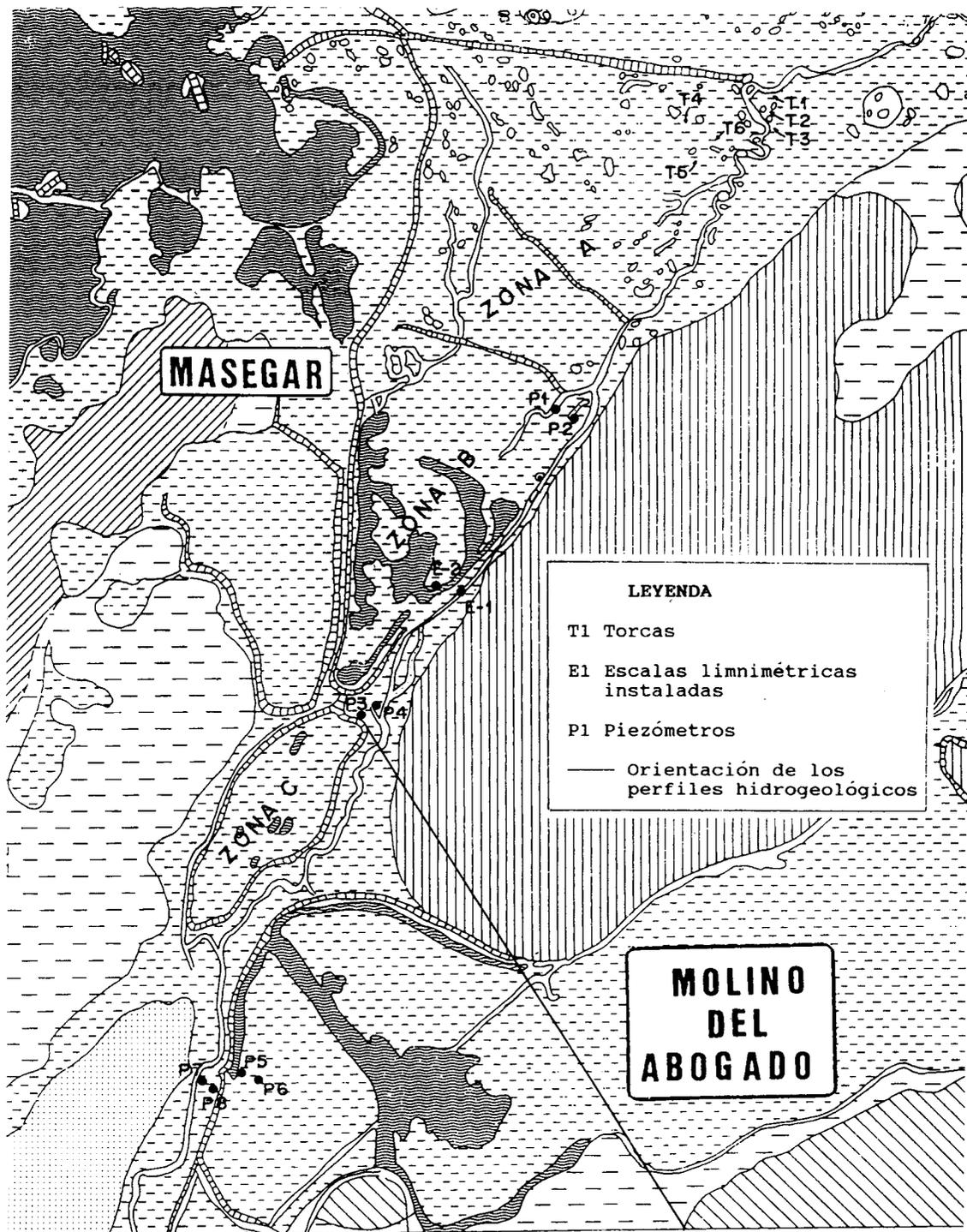


Fig. 8.—Mapa de la situación de El Masegar y de las lagunas próximas (modificado de Pérez González, 1995).

## LEYENDA DE LA FIGURA 8

	LECHO DEL RIO		LIMITE NETO
	LAGUNAS		LIMITE DIFUSO
	LLANURAS DE INUNDACION		
	FONDOS DE ANTIGUOS LAGOS		
	ABANICOS ALUVIALES		
	MEANDROS ABANDONADOS		
	BARRAS		
<b>FORMAS DE ORIGEN DENUDATIVO</b>			
	SUPERFICIE DE TOPOGRAFIA CASI PLANA		
	SUPERFICIE DE TOPOGRAFIA ONDULADA		
	LADERAS BASALES		
	LADERAS DE PENDIENTE SUAVE O MODERADA		
	LADERAS MEDIANAMENTE EMPINADA A MUY EMPINADA		
	ESCARPE		
<b>FORMAS DE ORIGEN ESTRUCTURAL Y DENUDATIVO</b>			
	TOPOGRAFIA MONTAÑOSA A COLINA		
	MESAS		
	CUESTAS		
	TOPOGRAFIA ONDULADA CON DRENAJE PARALELO		
<b>FORMAS DE ORIGEN KARSTICO O PSEUDOKARSTICO</b>			
	DOLINAS		
<b>FORMAS DE ORIGEN ANTROPICO</b>			
	MALECONES O MUROS		

estar el grueso paquete triásico que constituye, como ya se vio, el principal y general acuífero de la zona.

Siguiendo a Fornés (1994) vamos a distinguir en este ecosistema las tres zonas siguientes (fig. 8):

a) *Zona A o zona Norte*. Ocupa unos 0,7 km<sup>2</sup> y por ella se va a producir la entrada principal de agua a la laguna. Sus límites son: 1) al norte, el canal que deriva agua desde el río Cigüela hasta la laguna de El Taray (la entrada de este canal ha sido cerrada por la Confederación Hidrográfica del Guadiana en los últimos años); 2) al este, el río Cigüela; 3) al oeste, una cespедера, con diversas compuertas que la separan de El Taray; y 4) al sur, un malecón o «cespedera» con cuatro compuertas, que separa esta zona de la zona B o intermedia.

Lo más característico de esta zona A es la existencia de las «torcas» o pequeñas dolinas formadas por la disolución de yesos; hay más de un centenar y tienen profundidades variables que oscilan entre 1 y 3 m, aunque es probable que las profundidades

sean mayores ya que las «torcas» que se observan están principalmente en los depósitos cuaternarios pero los huecos de disolución se producen esencialmente en los depósitos terciarios infrayacentes. Se seleccionaron seis de estas torcas en las que se colocaron las correspondientes escalas para medir la fluctuación del agua dentro de ellas. Además se colocó una escala en el río Cigüela (fig. 8).

El seguimiento de la evolución temporal de niveles en las torcas y en el río confirmó que oscilaban de un modo paralelo y simultáneo. Esto constituye una evidencia científica de que el acuífero kárstico yesífero y el río están bien conectados.

Los niveles más altos en el acuífero (febrero, 1992) corresponden a la época en la que el río Cigüela sirvió para llevar agua del Tajo hacia el PNTD (fig. 10).

Desde algunas de estas torcas (por ejemplo, de la n.º 5 y 6 en la fig. 8) se han excavado algunos pequeños canales que sirven, principalmente, para conducir el agua hasta la zona B o intermedia. Existen en la actualidad cinco canales, el más importante es el que nace en la torca n.º 5.

En resumen, en las proximidades de la zona A el río Cigüela está muy directamente conectado con el acuífero yesífero existente. El río ha sido «perdedor» durante el tiempo considerado debido a que la superficie freática está habitualmente más baja que el fondo del cauce actual. Esa situación probablemente cambiará cuando se produzcan uno o dos años húmedos seguidos y ascienda el nivel freático por encima del fondo del río.

b) *Zona B o intermedia*. Constituye la parte principal de la laguna y ocupa unos 0,5 km<sup>2</sup>. Está totalmente rodeada por un dique o «cespedera» que se ha construido tomando la tierra de una zanja perimetral de unos dos metros de anchura y profundidad variable. Este dique o cespедера tiene numerosas compuertas que sirven de comunicación con las zonas limítrofes.

Además de las 4 compuertas, anteriormente mencionadas, que comunican la zona B con la zona A, existen 15 compuertas que permiten establecer comunicación con las zonas de El Taray y con el río Riansares. No hemos conseguido conocer bien cuál suele ser el funcionamiento de estas compuertas.

En la zona sur del dique existen 3 compuertas que comunican esta zona con la zona C, también denominada «La Isla». Finalmente, en la cespедера del este, que limita con el excavado cauce del Cigüela, existen dos importantes compuertas que permiten el desagüe del agua de esta zona B hacia el río Cigüela, cuyo fondo está unos 2 m más bajo que el fondo de El Masegar en esta zona.

En esta zona B se instalaron cuatro piezómetros

(P1 a P4, en la fig. 8) en los que se tomaron medidas de niveles con frecuencia mensual. El análisis de las fluctuaciones de los niveles (fig. 9) nos muestra que el agua de El Masegar (procedente, principalmente, de la zona A) está a mayor altura que el río Cigüela y, por tanto, hay un cierto drenaje subterráneo hacia este río. En opinión verbal del guarda de El Masegar, D. Enrique Arias, las pérdidas son muy pequeñas pues cuando notan un pequeño «remolino» o fuga «lo lodan», es decir, lo tapan o sellan con lodo o terreno arcilloso. Esta información parece indicar que en esta zona todavía hay, de algún modo, una cierta karstificación en yesos. Es decir, que las aguas subterráneas tienden a ir por conductos preferentes más que mediante una circulación difusa. La oscilación relativamente fuerte (casi 2 m) de los niveles que se observa desde junio de 1992 hasta septiembre de 1992 parece indicar que la permeabilidad conjunta de la zona no es despreciable. No obstante, será preciso esperar a tener medidas en un nuevo período húmedo para intentar cuantificar, de modo aceptablemente aproximado, estas pérdidas.

c) *Zona C o Sur o «La Isla» y el Molino de El Abogado.* Su situación puede verse en la figura 8. Está bordeada por los ríos Cigüela y Riansares que confluyen en el extremo meridional de esta zona. Este pequeño humedal, con una extensión de 0,12 km<sup>2</sup> está rodeado de cespederas y parece que su alimentación hídrica se produce —o producía— casi

exclusivamente a través de las tres compuertas que existen en la cespedera que la separa en su borde norte de la zona B antes descrita.

En el Molino de El Abogado se instalaron cuatro piezómetros cuya situación se indica en la figura 8. En esta zona, al contrario que en la zona A, el río Cigüela era ganador, al menos en el período comprendido entre noviembre de 1991 y junio de 1992; en septiembre de 1992, tanto el río como los piezómetros estaban secos.

Según informaciones verbales de D. Enrique Arias, el humedal del Molino de El Abogado se inundaba hasta 1988, fecha en que, según SGOP (1990) el Parque de Maquinaria del MOPU procedió a la «limpieza y acondicionamiento» de 130 km del cauce del río Cigüela sobre un total de 155 km que tiene que recorrer el agua desde el punto de derivación en Carrascosa del Campo al Valdejudíos (provincia de Cuenca) hasta llegar al PNTD.

Al parecer, las anteriores profundizaciones realizadas por el Ministerio de Agricultura en la década de los años setenta (cf. SGOP, 1988) no afectaron ni a El Masegar ni al Molino de El Abogado, pues la rectificación de 19 km del cauce del Cigüela efectuada aguas abajo de Quintanar de la Orden, se detuvo en el cruce del río con la línea de ferrocarril de Madrid a Alcázar de San Juan, unos 2 km aguas arriba de El Masegar. Sin embargo, la «limpieza y acondicionamiento» posteriormente realizados por

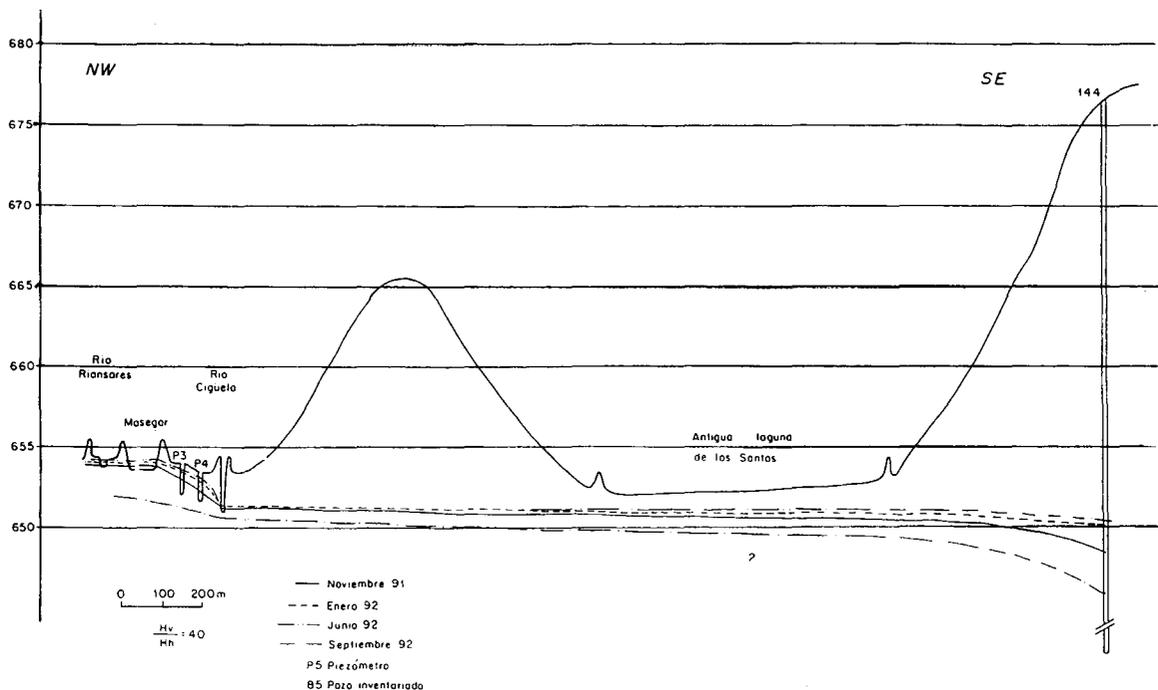


Fig. 9.—Perfil hidrogeológico en El Masegar (su orientación se indica en la fig. 8) (según Fornés, 1994).

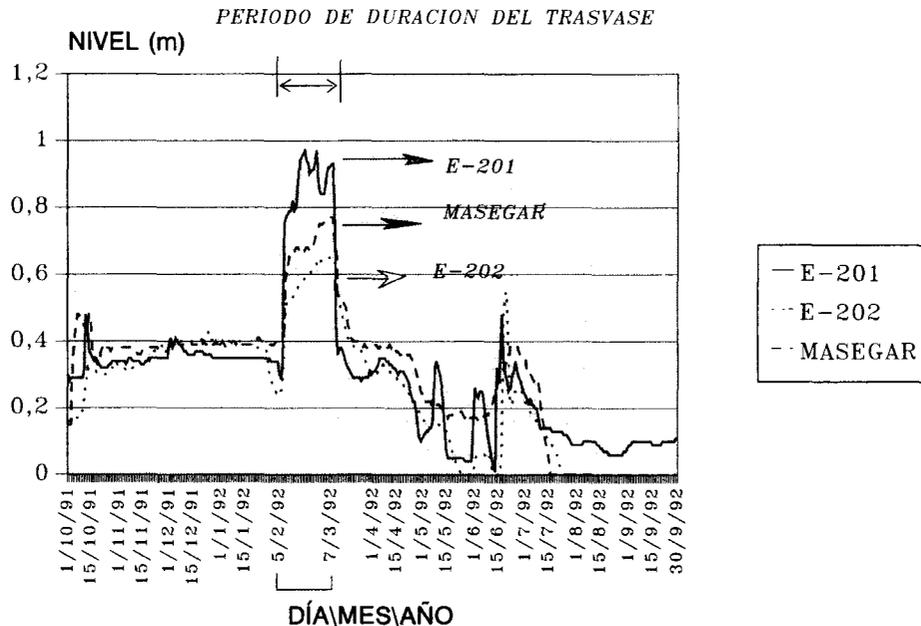


Fig. 10.—Niveles de agua en el río Cigüela durante el año hidrológico 1991/92.

el MOPU no sólo profundizaron el cauce, sino que sellaron o destruyeron todas las compuertas que permiten la derivación de agua hacia los humedales. Si a esto se añade la sequía que padece la zona en estos últimos años, es lógico que El Molino de El Abogado haya estado seco desde hace unos cinco años.

#### *Balance hídrico de la zona intermedia o B*

Fornés (1994) realizó un primer tanteo de balance conjunto para las zonas de B y C con una superficie máxima inundada de unos 0,6 km<sup>2</sup> entre el 21 de septiembre de 1991 y el 21 de septiembre de 1992. Este balance se realizó en base a los datos de pluviometría y de evaporación (evaporímetro Piché) de la estación de Villafranca de los Caballeros, situada a unos 10 km de distancia.

Los resultados obtenidos parecen indicar que la alimentación pluvial de El Masegar suponía solamente un tercio del agua que necesitaba la laguna, en un año medio. El resto tenía que proceder del agua del río Cigüela bien sea ésta tomada directamente del río o a través del acuífero kárstico (torcas) situado aguas arriba. Las pérdidas subterráneas eran poco significativas en tanto en cuanto se mantenga la técnica impermeabilizante del «lodado» como se ha comentado en el apartado anterior, dentro del funcionamiento hidrogeológico de la zona B o intermedia.

#### **Conclusiones**

Los humedales ribereños de la cuenca del río Cigüela han sufrido serias agresiones debido primero a las tareas de drenaje de zonas pantanosas realizadas por el Ministerio de Agricultura hasta la década de los setenta; estas acciones se continuaron con la «limpieza» del Cigüela realizada en la década de los ochenta por el MOPTMA para el denominado Plan de Regeneración Hídrica del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel. Actualmente el MOPTMA tiene terminado el proyecto de la presa de La Garita y de un canal desde ella que, si se lleva a cabo, supondría la práctica desaparición de todos los humedales ribereños del río Cigüela.

#### *Funcionamiento de El Masegar*

El análisis detallado —hasta donde los medios económicos lo han permitido— de este relativamente pequeño humedal tiene un interés especial por las siguientes razones:

a) Se ha podido confirmar que este humedal no es ahora propiamente un humedal ribereño ya que, debido a la profundización del cauce del río Cigüela, su plano de agua se sitúa 2 ó 3 metros más alto que el agua en el vecino río Cigüela.

b) La entrada de agua en El Masegar procede, esencialmente, de unas tomas en una zona kárstica

(torcas en yesos) situada unos 2 km aguas arriba. En esa zona kárstica la conexión entre las torcas y el río Cigüela es directa. En otras palabras, el agua que llega a El Masegar se desvía, por comodidad, a veces del propio río Cigüela, pero se podría tomar casi igual del acuífero kárstico yesífero que hay en la zona. La conexión existente entre el acuífero y el río es prácticamente imposible de suprimir.

c) Este esquema de clara conexión entre el río Cigüela y el acuífero yesífero (zonas de torcas) parece darse también en otras zonas aguas arriba y aguas abajo de El Masegar. Su estudio podría tener especial interés para la futura conservación de algunos humedales ribereños.

d) Debajo de El Masegar parece estar presente un acuífero Triásico con areniscas de permeabilidad moderada que también podría constituir, mediante la construcción de las adecuadas captaciones, otro modo de llenar de agua El Masegar en épocas de especial carencia de agua. Este mismo esquema parece aplicable a otros humedales próximos.

En resumen, El Masegar es un humedal fundamentalmente creado por el hombre que, sin embargo, parece haber funcionado de modo adecuado desde un punto de vista ecológico. Su desecación en los últimos años debe atribuirse no sólo a la sequía, sino también a ciertas decisiones administrativas poco acertadas. Su buen funcionamiento ecológico parece recuperable de modo rápido y económico.

### Conclusión final

Los resultados obtenidos en este estudio parecen indicar que se puede ser razonablemente optimista en lo que se refiere a la conservación de los humedales de la cuenca del Cigüela, siempre que se cambie la política seguida hasta ahora y se restablezca lo más posible el funcionamiento natural de este río, alterado fundamentalmente por las profundizaciones y rectificaciones en su cauce realizados en los últimos treinta años y no por la extracción de aguas subterráneas para riego.

### AGRADECIMIENTOS

La realización de este artículo no hubiera sido posible sin la previa realización de la tesis doctoral del primer autor. Esta pudo ser realizada, en buena parte, gracias a una subvención de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (proyecto n.º NAT90-0721-C02) y también gracias al proyecto de investigación de la UE n.º CT90-0084). También deseamos expresar nuestro agradecimiento a D. José M.ª Blanc, Presidente de la Fundación J. M.ª Blanc que, en todo momento nos facilitó el acceso a El Masegar y la colaboración del guarda de dicha

finca, D. Enrique Arias, que múltiples veces ha colaborado con nosotros tanto en la realización de diversas medidas como con sus valiosas informaciones sobre la zona.

### Referencias

- A. N. (1995). Las Tablas se secan entre verdes plantíos. *Crónica de La Mancha*, abril, 12-15.
- Almarza, C. (1984). *Fichas hídricas normalizadas y otros parámetros hidrometeorológicos*, Instituto Nacional de Meteorología, 2, pág. 310.
- Almarza, C. y López, J. A. (1995). Rachas húmedas y secas de las series instrumentales más largas de la península. *Calendario Meteorológico 1995*, Instituto Nacional de Meteorología, MOPTMA, 231-240.
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) (1994). *Estudio de la Hidrología isotópica de la cuenca del Alto Guadiana. Comportamiento del agua trasvasada a las Tablas de Daimiel a través del Acueducto Tajo-Segura*, Informe parcial n.º 2.
- Confederación Hidrográfica del Guadiana (CHG) (1992). *Mapa de la Cuenca Hidrográfica del Guadiana. Escala 1/400.000*, Secretaría de Estado para las Políticas de Aguas y Medio Ambiente, MOPT, 1992.
- Confederación Hidrográfica del Guadiana (CHG) (1994). *Trasvase de aguas desde el Acueducto Tajo-Segura al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel*, año 1994.
- Dolz, J., Gómez, M., and Sánchez, M. (1994). *Interim Report of the EFEDA-II project*, Participant n.º 5, Polytechnical University of Catalonia, 13 págs.
- Esnaola, J. M. (1991). *Análisis de las aportaciones superficiales al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel y su influencia en la Evolución Hidrogeológica del Ecosistema*, Tesis de Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid, 61 págs.
- Fornés, J. (1994). *Hidrología de algunas lagunas de Castilla-La Mancha*, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 315 págs. más anexos.
- INITEC (1991). *Estudio de las zonas húmedas de la España Peninsular. Inventario y tipificación*, Documento de Síntesis, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección General de Obras Hidráulicas.
- Llamas, M. R. (1989 a). Consideraciones en relación con el impacto negativo de la extracción de aguas subterráneas en dos importantes ecosistemas españoles. *Actas de la VIII Conferencia sobre Hidrología General y Aplicada*, Salón Internacional del Agua, 15-16 de febrero de 1989, Zaragoza, págs. 127-141. Publicado también en *Tecnología del Agua*, año IX, núm. 61, 23-34.
- (1989 b). Wetlands and groundwater: new constraints in groundwater management. *Groundwater Management* (ed. Sahuquillo), Intern. Assoc. Hydrological Sciences, 188, 595-604.
- (1994 a). Contestación a los comentarios de Bernardo López-Camacho y Camacho al artículo "El Plan Hidrológico Nacional y las Aguas Subterráneas. Otro punto de vista" publicado en la R.O.P. en marzo de 1994. *Revista de Obras Públicas*, julio-agosto, 81-84.
- (1994 b). Four Case Histories of Real or Pretended Conflicts Between Groundwater Exploitation and Wetlands Conservation. *Water Down Under 94*, Institution of Civil Engineers of Australia, Barton, Australia, ISBN (BOOK) 85825 607X, 493-497.

- (1994 c). Las guerras del agua. *La Información de Madrid*, 14 de septiembre de 1994, QUERCUS, diciembre 1994.
- (1994 d). Problemática de La Mancha Húmeda. *Las Tablas de Daimiel*, diciembre, 45-46.
- (1995). La explotación y gestión de las aguas subterráneas y la conservación de los humedales españoles: estado actual, perspectivas e implicaciones territoriales. *Las Aguas Subterráneas en la Ley de Aguas Españolas: Un decenio de experiencia*, Asociación Internacional de Hidrogeólogos —Grupo Español—, Actas de las Jornadas celebradas en Murcia, marzo 1995, Ponencias, tomo I, 329-343. ISBN 84-920529-2-2.
- Maltby, E., Hogan, D. and McInnes, R. (edit.) (1994). *Functional Analysis of European Wetland Ecosystems*, Final Report-Phase One, EC DGXII STEP PROJECT-CT90-0084.
- Peinado, M. (1994). *Funcionamiento y variabilidad de los geosistemas de los humedales manchegos*. Tesis Doctoral. Fac. de Geografía e Historia, Universidad Complutense de Madrid, 269 págs. más Anexos.
- Pérez González, M. E. (1995). *Los humedales en la confluencia de los ríos Cigüela y Riansares (provincia de Toledo)*. Tesis Doctoral, Facultad de Geografía e Historia, Universidad Complutense de Madrid, 271 págs. más Anexos.
- Serna, J. y Gaviria, M. (1995). *La quimera del agua: Presente y futuro de Daimiel y La Mancha Occidental*, Siglo XXI Ediciones, 444 págs.
- Servicio Geológico de Obras Públicas (SGOP) (1988). *Control y seguimiento de la actuación experimental de derivación de caudales del Acueducto Tajo-Segura con destino al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel*, Informe 11/88.
- Servicio Geológico de Obras Públicas (SGOP) (1989). *Control y seguimiento de la actuación experimental de derivación de caudales del Acueducto Tajo-Segura con destino al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel*, Informe 09/89.
- Servicio Geológico de Obras Públicas (SGOP) (1990). *Control y seguimiento de la actuación experimental de derivación de caudales del Acueducto Tajo-Segura con destino al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel*, Informe 09/90, MOPTMA.
- Servicio Geológico de Obras Públicas (SGOP) (1993). *Control de la derivación de agua con destino al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel en desarrollo del R.D. Ley 6/1990 de 28 de diciembre*, Informe 03/93.

Recibido el 31 de julio de 1995

Aceptado el 12 de diciembre de 1995