



► Sede del Centro a orillas del río Manzanares, Madrid, obra de Miguel Fisac.

# Todo sobre el agua

**El Centro de Estudios Hidrográficos del Cedex desarrolla multitud de programas para conocer la calidad y disponibilidad de un recurso imprescindible**

Creado en 1933 por iniciativa de Manuel Lorenzo Pardo, impulsor también de las confederaciones hidrográficas y del I Plan Hidrológico Nacional, el Centro de Estudios Hidrográficos, adscrito al Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (Cedex), tiene entre sus principales líneas de actividad el estudio de las aguas continentales, su disponibilidad y calidad como recurso natural imprescindible, el asesoramiento en materia de técnicas de abastecimiento, depuración o infraestructura hidráulica.



► Manuel Lorenzo Pardo, primer director del Centro de Estudios Hidrográficos.

Con Manuel Lorenzo Pardo como director, todo un pionero en materia de aguas al que se recuerda por ser el impulsor de las confederaciones hidrográficas, el Centro de Estudios Hidrográficos inició su andadura en el año 1933 a iniciativa del que fuera por aquel entonces ministro de Obras Públicas, Indalecio Prieto, con el objetivo de diseñar un Plan Hidrológico Nacional que permitiese emprender una política de aguas viable basada en las necesidades reales del país.

En esta larga trayectoria han sido muchos los avatares que han condicionado la vida de este organismo, que surgió en una época de mucha agitación política en nuestro país. Para empezar, aquel centro, cuya primera sede estuvo en la calle Marqués de Riscal, apenas funcionó tres años, ya que en el 36 se suprimió, no sin haber cumplido aquel objetivo con el que se creó, que era el de diseñar un Plan Nacional de Obras Hidráulicas. Aunque nunca llegó a aprobarse oficialmente, sirvió para que los gobiernos posteriores llevaran a cabo muchas de sus propuestas, como es el caso del trasvase Tajo-Segura, la más importante obra de infraestructura hidráulica construida en España.

El Centro se volvió a crear en 1937 en plena Guerra Civil, aunque de forma testimonial, por un decreto del Gobierno de Manuel Azaña, refugiado ya en Valencia. Pero fue una recreación simbólica, pues los ingenieros y casi todo su personal se habían dispersado huyendo de los efectos devastadores de la guerra.

En los años 50, desde el Ministerio de Obras Públicas se plantea que los estudios de planificación

hidrológica se realicen de forma centralizada, y se crea para ello la Comisión Interministerial de Planes Hidráulicos, que coordinaba las actuaciones en materia de aguas de este Ministerio junto con Agricultura e Industria, en especial los planes y proyectos de cierta envergadura.

Posteriormente, en los años 60, coincidiendo con la recuperación del país y el fomento del regadío, de las obras públicas hidráulicas y de producción de energía, los responsables políticos reparan en la necesidad de contar con un centro que refuerce esta línea de acción y que estudie y valore la viabilidad de los proyectos que se planteen. Se decide entonces crear un organismo que continúe con la labor iniciada por aquel del año 33, con unas funciones muy similares e incluso recuperando el nombre. Se construye así, en 1963, un edificio para albergarlo, según un proyecto del arquitecto Miguel Fisac, a orillas del río Manzanares, en Madrid.

Su cometido inicial será estudiar la disponibilidad de agua en España, por lo que el Centro se configuró como una unidad especializada de planificación hidráulica a través del estudio de las aguas continentales. Con el tiempo los objetivos han ido cambiando y se han incorporado nuevos campos de investigación y estudio, sobre todo en materia de calidad del agua, tecnología de depuración, saneamiento, desalación de agua del mar, crecidas e inundaciones, seguridad de obras hidráulicas o hidráulica fluvial, a los que se suman otras cuestiones relacionadas con el medio ambiente, en especial el asesoramiento en la regulación derivada de directivas europeas.

El actual director del Centro, Federico Estrada, uno de nuestros mayores expertos en una materia a la que ha dedicado buena parte de su trayectoria profesional, casi siempre en este mismo organismo, explica que, al margen de estas funciones, el Centro de Estudios Hidrográficos también presta asistencias técnicas y colabora con otras entidades, como por ejemplo, el Canal de Isabel II, un organismo con competencias propias en lo que se refiere al ciclo integral del agua, adscrito a la Comunidad de Madrid. El campo de esos trabajos es muy amplio, abarca también cuestiones relacionadas con guías técnicas para conducciones de abastecimiento o saneamiento, y puede alcanzar la colaboración con empresas privadas que ejecutan proyectos en el exterior y encargan al Centro ensayos de sus obras para realizarse en el laboratorio. Incluso también se ha colaborado con el Ministerio de Asuntos Exteriores en materia de cooperación al desarrollo, ya que dispone de un fondo de agua y saneamiento cuya supervisión técnica gestiona el Centro.

La plantilla actual es de 80 personas y depende orgánicamente de dos ministerios: el de Fomento y el de Transición Ecológica. Su estructura es fruto de la fusión de dos unidades que tuvieron un origen independiente: el Centro de Estudios Hidrográficos, con igual denominación que el actual centro unificado, y el Laboratorio de Hidráulica, una instalación singular en la que es posible reproducir a escala el modelo físico de infraestructuras para su estudio.

Este organismo del Cedex forma parte, además, de la Comisión Central de Explotación del Tajo-Segura, por lo que elabora el informe de situación con la información de las Confederaciones Hidrográficas presentes en dicha Comisión, que sirve para tomar las decisiones de trasvase que se efectúan todos los meses.

## Anuario de aforos

Entre algunas de sus funciones más importantes están también todas aquellas relacionadas con la hidrometría, pues se trata de conocer con la mayor precisión posible las reservas de agua disponibles en nuestro país. Una de sus referencias esenciales, elaborada por el Centro, es el Anuario de Aforos, que recoge los datos hidrográficos suministrados por la Red Oficial de Estaciones de Aforo (ROEA) y las estaciones que pertenecen al Sistema Automático de Información Hidrográfica (SAIH), proporcionando el nivel y caudal de las aguas en



► Modelos físicos de presas a escala reducida.



► Distintas dependencias del laboratorio.

puntos seleccionados de los ríos, que se complementan con los datos de embalses, de los canales y de las estaciones evapométricas.

Se trata, en definitiva, de hacer una valoración de los recursos hídricos, su inventario, que es necesario en todos los planes hidrológicos, para conocer con precisión el agua embalsada, la que circula en los ríos, acuíferos o en canales, etc. Los organismos de cuenca tienen encomendada la operación y mantenimiento de las redes de medida y el Ministerio para la Transición Ecológica la responsabilidad de mantener el archivo general y la difusión de esta información a través de la Dirección General del Agua, organismo al que el Centro de Estudios Hidrográficos presta colaboración técnica.

«Las confederaciones y las administraciones hidráulicas recopilan los datos de los ríos, de los embalses, de los canales, y desde el Centro hacemos una evaluación mediante modelos matemáticos que reproducen el ciclo hidrológico del agua, con mapas digitales que tienen dividida España en celdas de un kilómetro cuadrado, de manera que sabes lo que está pasando en cada punto concreto y también lo que está pasando mes a mes», explica su director, Federico Estrada.

Se viene trabajando con toda la serie histórica desde el año 1912 hasta la actualidad, y desde el Centro se incorporan los datos de los embalses y de las principales conducciones y se vuelcan en una base de datos común que se publica en forma de anuario con toda la información, de libre acceso, disponible en Internet para, entre otros fines, poder utilizarla en los planes hidrológicos que se revisan cada seis años:

<http://sig.mapama.es/redes-seguimiento>

## Laboratorio de Hidráulica

Una buena parte de las tareas encomendadas al Centro de Estudios Hidrográficos se realiza a través de su Laboratorio de Hidráulica, unas instalaciones dedicadas a la experimentación mediante modelos físicos de estructuras hidráulicas a escala reducida y actuaciones fluviales en el ámbito de las aguas continentales. El laboratorio remonta su origen a la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, que alojó sus primeras instalaciones en 1925. En ellas se realizó la primera experimentación hidráulica en España, que fue el ensayo en modelo físico reducido de un aliviadero de Saltos del Alberche.

### Principales cometidos del CEH

- ✓ Realizar actividades de obtención, investigación, experimentación y gestión de datos relativos a recursos y fenómenos de la naturaleza.
- ✓ Definir, diseñar, mejorar y, en su caso, evaluar y certificar las características de los materiales, elementos, técnicas, métodos y sistemas, así como fomentar su normalización.
- ✓ Proponer, estudiar y elaborar, directamente o en colaboración, reglamentaciones, normas y, en general, cualquier clase de especificaciones técnicas.
- ✓ Desarrollar proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, teniendo en cuenta las directrices contenidas en los planes europeos y nacionales y en los programas a los que se refiere el apartado anterior o a iniciativa propia.
- ✓ Prestar asistencia técnica especializada tanto al sector público como al privado, con atención prioritaria a los departamentos ministeriales de los que depende funcionalmente.
- ✓ Difundir y transferir la tecnología española en los ámbitos nacional e internacional, realizando publicaciones, talleres, jornadas, seminarios, simposios y cursos, así como mediante la creación y el mantenimiento de portales temáticos de información a través de redes de comunicación.
- ✓ Colaborar y fomentar la colaboración con otros órganos de las administraciones públicas y con instituciones nacionales e internacionales en actividades de asistencia técnica, experimentación, investigación, desarrollo tecnológico e innovación y transferencia de tecnología.
- ✓ Dictar laudos arbitrales en caso de litigio, cuando oficialmente sea requerido para ello.

Hoy, en sus instalaciones se construyen a escala, con mucho detalle, modelos de presas, ya sean de nueva fábrica, o antiguas que requieren algún tipo de reforma porque sus condiciones de seguridad ya no son las que se exigen, o también porque cuando se proyectaron se disponía de menos información hidrológica y precisan algún tipo de adaptación.

También se utilizan modelos físicos para estudiar el comportamiento de los ríos, como por ejemplo el que se ha construido para la localidad jienense de Andújar, donde el Guadalquivir se desborda en algunos puntos con cierta frecuencia. A través de esa reconstrucción a escala, nos explica Federico Estrada, ha sido posible aplicar una serie de medidas para que este fenómeno no se repita o se puedan aminorar sensiblemente sus peores efectos.

Desde el laboratorio también se trabaja con modelos matemáticos, una técnica que, combinada con los modelos físicos tiene mucha utilidad a la hora de proyectar una obra hidráulica concreta, resolver problemas de desbordamiento o inundaciones y probar las diferentes alternativas de protección.

El laboratorio está dividido en dos grandes naves de ensayos, la número 1, que se utiliza principalmente para ensayos de modelos de estructuras hidráulicas, con una superficie aproximada de 1.800 m<sup>2</sup>, y la nave número 2, que tiene una extensión aproximada de 6.000 m<sup>2</sup>, y se utiliza principalmente para experimentación de modelos físicos de actuaciones fluviales (encauzamientos en ríos, estudio de erosión local en puentes, obras de drenaje, estudios de desembocaduras, etc.).

La cubierta de la primera de las naves es especialmente singular y está formada por unas vigas de 22 m de luz de hormigón pretensado, con una característica forma que recuerda a los huesos de las extremidades de los animales vertebrados —así proyectada por el arquitecto del edificio, Miguel Fisac—, que garantiza una iluminación natural de gran uniformidad y que tiene un especial valor arquitectónico.

Se dispone además de una nave para los ensayos de máquinas hidráulicas, de unos 450 m<sup>2</sup> de superficie, y de otra en la que se ubican tres canales basculantes transparentes de unos 200 m<sup>2</sup> de superficie para la realización de ensayos hidráulicos bidimensionales. Complementariamente a los an-



► Tanques de experimentación.

teriores canales basculantes, el laboratorio dispone de otros dos canales de mayores dimensiones.

A ello se suma una serie de instalaciones fijas, de las que el laboratorio dispone para investigación mediante experimentación hidráulica: los aliviaderos en sifón; los aliviaderos en laberinto y tecla de piano; para el vertido de presas de escollera por coronación; las protecciones en forma de cuña en presas de materiales sueltos; el uso de la aireación del flujo en aliviaderos de presas; los aliviaderos escalonados en presas de hormigón compactado, y las escalas de peces. Para realizar todos estos trabajos el laboratorio cuenta con talleres de mecánica, calderería, carpintería, electricidad, electrónica, áridos y modelado.

## Estudios

Entre los experimentos y estudios más importantes que se han podido efectuar en este laboratorio, Federico Estrada recuerda el de la presa de Nagore, en la cola del embalse de Itoiz, en Navarra, donde el desagüe era difícil y se producían una serie de fenómenos hidráulicos que hubo que estudiar en detalle para mejorar su funcionamiento.

También se realizan estudios relacionados con tecnología o dispositivos especiales, antes de que se apliquen de forma extensiva en las infraestructuras. A modo de ejemplo, Estrada recuerda el lamentable suceso de la presa de Tous, cuando las aguas se desbordaron por una erosión de la estructura. Las técnicas que hoy en día se utilizan para evitarlo ha sido posible abordarlas previamente en este laboratorio.

Asimismo, en materia de medio ambiente, el director del Centro detalla con satisfacción otro estudio muy interesante hecho también en este laboratorio, en el que ha sido necesaria la colaboración de biólogos e ingenieros. Se trata de las escalas de peces, pues las presas levantadas en los cauces de los ríos, especialmente las más antiguas, que son mayoría, impiden habitualmente su paso, y para que puedan transitar se han empezado a construir las llamadas escalas, que son una sucesión de estanques que permiten a los peces parar en su recorrido y luego avanzar.

Se da la circunstancia de que en España el dimensionamiento de estas escalas se hace tomando modelos americanos o canadienses, que son los que tienen más práctica, pero con el inconveniente de



► Modelo físico a escala reducida del río Guadalquivir a su paso por Andújar

que allí los ríos son más caudalosos, y las especies de peces diferentes. «Así –nos explica– hicimos un ensayo hidráulico ecológico con peces de verdad en colaboración con la Escuela de Montes; les pusimos un chip y los soltamos para monitorizarlos viendo sus itinerarios y en qué condiciones llegaban río arriba. Esto nos permitió redefinir las curvas que había de dimensionamiento de estas escalas con los modelos americanos, adaptándolas a las especies de peces españolas».

## Cambio climático

Uno de los estudios con mayor relevancia que se han realizado recientemente en el Centro en relación con los recursos hídricos es el de la evaluación del impacto del cambio climático en el agua, trabajando para ello en colaboración con la Oficina Española del Cambio Climático. Federico Estrada ya nos adelanta que las conclusiones aseguran que «hay muchos escenarios previsibles, mu-

### A orillas del Manzanares

El Centro de Estudios Hidrográficos no podía tener una ubicación más emblemática, y es que este edificio de gran valor arquitectónico, inaugurado en 1963 y diseñado por Miguel Fisac, se levanta a orillas del río Manzanares, en Madrid. Destaca por su sencillez formal y su expresividad estructural, donde todos los materiales utilizados, que son hierro, hormigón y aluminio, muestran su calidad, textura y coloración propios, en palabras de su propio creador:

Su singularidad se la otorga también el hecho de ser el primer edificio de la capital en el que se cubre un espacio adintelado con vigas de hormigón pretensado, además de ser también uno de los primeros en terminarse en hormigón visto, lo que le ha convertido en todo un referente de la arquitectura española de los años 60. Ese espacio adintelado pertenece a la nave del Laboratorio de Hidráulica, una solución estructural y arquitectónica de primer orden, donde las vigas-hueso, llamadas así por su similitud con las estructuras óseas de los animales, consiguen dotar al espacio de luz natural y facilitan las condiciones para tomar fotografías de los modelos físicos que se ubican en el laboratorio.

También destacan los peldaños volados de la escalera principal del edificio, así como el mobiliario, diseñado por el propio Fisac, de corte vanguardista y que contiene piezas de otros artistas, entre otras murales cerámicos y pinturas de Juan Ignacio Cárdenas, sillas de Harry Bertoina, sillones de Mies van der Rohe y bajorrelieves de Pablo Serrano.

chos modelos que hablan de cambio climático, de aumento de la temperatura que se da por hecho que se está produciendo; pero con la lluvia es más dudoso, hay mucha incertidumbre sobre cómo va a evolucionar en el futuro, ya que según el modelo que utilices el resultado varía».

«Con los datos que nos proporciona la Agencia Estatal de Meteorología, después de elegir una gama de modelos que cubre el abanico de posibles situaciones futuras –continúa–, nosotros aplicamos diferentes modelos ya contrastados para ver el agua disponible y así calcular la que habría en España en caso de que se produzcan situaciones adversas de cambio climático; se obtiene con ello una horquilla de las posibles variaciones de recursos hídricos en el futuro, muy útil para poder anticipar posibles estrategias frente a escenarios de escasez», nos explica.

Las conclusiones dan por hecho el aumento de temperatura, si bien la distribución planetaria del agua aún no está clara; de manera más concreta, es muy difícil precisar si va a llover más o menos o dónde. España está como en una franja límite, llueve menos y llueve distinto, el aumento de la temperatura hace que haya una mayor evapotranspiración, se pierde más agua, y todo eso combinado lleva a que la tendencia sea a tener menos recursos hídricos, aunque con incertidumbre.

«El agua es muy difícil de valorar –confirma Estrada–, la temperatura se mide muy bien, al igual que la lluvia, pero el agua circulante es más difícil porque el curso de los ríos está muy alterado; hay muchos embalses, el agua se detrae para consumo, lo que lleva a que resulte complicado verificar que, efectivamente, hay menos agua en los ríos en condiciones naturales».

Precisamente, en este sentido, el Centro elabora unos mapas digitales de libre disposición que permiten conocer en cualquier lugar de España el caudal que tienen los ríos por cada periodo de retorno. El periodo de retorno es la curva que se utiliza para definir la frecuencia con la que puede acontecer un fenómeno extremo, un periodo de retorno de 500 años significa que, como media, el fenómeno puede volver a ocurrir aproximadamente cada 500 años, un dato muy útil para elaborar los planes de

gestión de riesgo de inundación y ver cuándo se pueden producir desbordamientos de los ríos.

## Medio ambiente

A raíz de la Directiva Marco que se aprobó en la Unión Europea en el año 2000, las cuestiones ambientales han cobrado un especial relieve en el día a día del Centro. Por este motivo, a petición de las confederaciones, toma distintas muestras del agua en embalses, lagos, ríos y zonas húmedas que permitan evaluar su estado y calidad. «Uno de los trabajos que realizamos es tomar muestras para conocer qué microinvertebrados hay, porque son unos buenos indicadores de la calidad de las aguas, y luego se recuentan, y en función de la abundancia, su mayor o menor presencia, nos permiten concretar la calidad», comenta Estrada.

En este sentido, cabe citar un estudio muy interesante, recientemente finalizado en el lago de Sanabria, en Zamora, donde hace unos años hubo unos

---

### En su larga historia, el CEH ha ido incorporando nuevos campos de investigación y estudio

---

episodios preocupantes de contaminación que alarmaron a la Confederación Hidrográfica del Duero. Allí se ha hecho un seguimiento intensivo y durante tres años se han tomado muestras todos los meses, tanto de aguas adentro del lago como de las orillas y la cuenca restante, y se ha instalado una estación atmosférica en colaboración con el Ciemat, para detectar si efectivamente había un problema de contaminación. Pues bien, algunas de las conclusiones del informe señalan que se están produciendo algunos cambios en la dinámica del lago debidos posiblemente a los incrementos de temperatura, lo que en determinadas condiciones puede favorecer la mayor proliferación de algunos tipos de algas, a lo que se suma que está sometido a mucha presión humana, especialmente en los meses de verano.

Todo este trabajo diario, sin duda alguna, convierte al Centro de Estudios Hidrográficos del Cedex en todo un referente en materia de agua, desempeñando un papel fundamental en un país en el que este bien tan preciado no sobra. Buena prueba de ello es que somos el país de Europa que más reutilizamos el agua.

Pepa Martín Mora / Fotos: CEH