



Universidad
Politécnica
de Cartagena

MÁSTER CieTAT

**Planificación de
recursos hídricos
naturales y urbanos**

**TEMA 3
Evaluación de
recursos hídricos**

**Francisco Javier
Pérez de la Cruz**



ÍNDICE

1. ¿QUÉ ES LA EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS?

2. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

3. REDES DE MEDIDA

Redes de estaciones climatológicas

Redes de aguas superficiales

Redes de aguas subterráneas

4. REDES DE CONTROL DE CALIDAD

Red de alerta (SAICA)

Red de seguimiento y control del estado químico de las aguas subterráneas

5. SISTEMAS Y PROGRAMAS DE INFORMACIÓN Y SEGUIMIENTO

Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH)

Programas de seguimiento del estado de las aguas superficiales

Programas de seguimiento del estado de las aguas subterráneas

6. BIBLIOGRAFÍA



1. ¿QUÉ ES LA EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS?



La Evaluación de Recursos Hídricos (ERH) es una herramienta para evaluar los recursos del agua en relación a un marco de referencia, o evaluar la dinámica de los recursos hídricos con relación a los impactos humanos o a la demanda.

La ERH se aplica a unidades tales como la cuenca, subcuenca o reserva de agua subterránea.

La evaluación tradicional de los recursos hídricos estaba encaminada a proveer las bases para el abastecimiento de la infraestructura encargada de satisfacer las necesidades previstas.

Desde la perspectiva de la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH), las evaluaciones tienen un cometido más amplio, uniendo los factores sociales y económicos a la sostenibilidad de los recursos hídricos y a los ecosistemas asociados.



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Para ello la ERH incorpora herramientas transectoriales como:

1. *Evaluación de la demanda*, examina el uso competitivo del agua en base a los recursos físicos y evalúa la demanda de agua, ayudando así a determinar los recursos financieros disponibles para la gestión de los recursos hídricos
2. *Evaluación del impacto ambiental y la evaluación del impacto estratégico* recolectan datos acerca de las implicaciones sociales y ambientales de los programas y proyectos de desarrollo.
3. *Evaluación del impacto social*, examina como las estructuras institucionales y sociales afectan el uso y la gestión del agua, o como un proyecto específico puede afectar a dichas estructuras sociales.
4. *Evaluación de la vulnerabilidad o del riesgo*, examina la posibilidad de eventos extremos como inundaciones y sequías, y la vulnerabilidad de la sociedad debido a ellos.

La ERH es la base del conocimiento de los Recursos Hídricos y es una contribución básica para el proceso de planificación. La gestión en los aspectos de la demanda también influenciará el resultado de la ERH.



2. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

La planificación, según Helweg (1992), se define como el proceso de convertir datos e información en una decisión. Se pueden considerar cinco fases en la gestión de la información:

1) Recolección → Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- *Cantidad*. En función de la etapa y el alcance del estudio
- *Calidad*. Viene dada por la consistencia de los datos (homogeneidad) y su representatividad (muestras no sesgadas)
- *Sincronización*. En fecha y duración de registro de datos (las estadísticas de diferentes fenómenos como caudales, precipitaciones, etc. Pueden cambiar en función de la longitud del registro)
- *Ubicación*. El área geográfica de interés suele depender de factores jurisdiccionales.

2) Clasificación → Necesidad de ordenar los datos recogidos con el fin de facilitar su manejo y consulta (hojas de cálculo, bases de datos, etc.)



- 3) Evaluación → Implica la comprobación de la exactitud y suficiencia de los datos recabados (homogeneidad y consistencia)

Por ejemplo, para comprobar la homogeneidad de los registros de precipitación se utiliza el método de las dobles masas que, además, permite corregir los posibles problemas detectados

- 4) Procesamiento → El objetivo de esta etapa es la conversión de los datos en un formato más útil según los fines del estudio. La presentación de la información en un formato tabular o gráfico, puede facilitar su posterior análisis.

Por ejemplo, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), constituyen potentes herramientas para el procesamiento de información georreferenciada o espacial.

- 5) Análisis → Esta etapa se puede considerar como de interpretación de la formación obtenida previamente.

Los objetivos a cumplir pueden ser varios: extrapolación de datos del pasado hacia el futuro (frecuencia de avenidas), obtención de correlaciones, cumplimiento con determinadas normas (abastecimiento), etc.



3. REDES DE MEDIDA

La recogida de información hidrometeorológica con el fin de realizar la cuantificación de los recursos hídricos se realiza mediante diferentes **redes de estaciones de medida** que constituyen el elemento básico del sistema. Su principal objetivo es suministrar información sobre el estado y la evolución de las aguas superficiales y subterráneas. Estas redes posibilitan un conocimiento cuantitativo de los procesos intervinientes en el ciclo hidrológico (MIMAM, 2000).

Existe un gran número de redes, de muy distinta naturaleza, objetivos y tipología. De forma esquemática, puede afirmarse que las que afectan a la cuantificación de los recursos hídricos son las siguientes:

- 1) Redes de estaciones climatológicas → Ya que tanto la precipitación como otras variables meteorológicas intervienen en el proceso de generación de escorrentía.
- 2) Redes de aguas superficiales → Miden los flujos y almacenamientos en superficie (agua y nieve).
- 3) Redes de aguas subterráneas → Miden niveles piezométricos en los acuíferos y caudales en los manantiales.



Redes de Estaciones Climatológicas

Las estaciones climatológicas (o meteorológicas) consideran tanto la medida de la precipitación, como otras variables (temperatura, humedad atmosférica, etc.) que intervienen en la generación de escorrentía.

Antecedentes

Aunque existen observaciones meteorológicas puntuales desde tiempos muy remotos, las primeras medidas sistemáticas de precipitaciones se deben a Pierre Perrault (1670) en la cuenca del Sena. Desde finales del XVII se extiende por los países de occidente la medición de las precipitaciones, y comienza a medirse la tasa de evaporación (Solís, 1990).

A finales del siglo XVIII se iniciaron propiamente las observaciones meteorológicas, y los primeros datos que se conservan son los del Observatorio de San Fernando en Cádiz, desde 1805, y los del Observatorio de Madrid, desde 1841.

Un primer impulso al desarrollo de la red oficial se produce en 1860, año en que Isabel II promulgó un Real Decreto por el que se encomendaba a la Junta General de Estadística del Reino la creación de 22 estaciones meteorológicas. A finales del siglo XIX la red estaba compuesta por unas 40 estaciones.



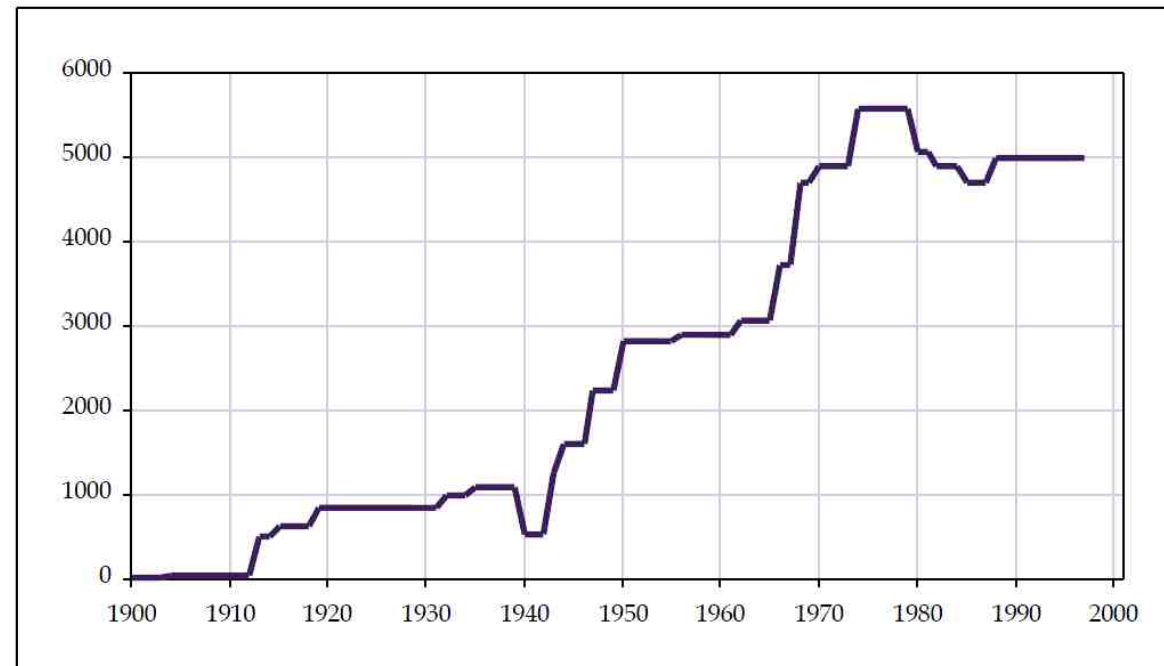
PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS



Tema 3. Evaluación de recursos hídricos

Durante el siglo XX el crecimiento de la red ha sido desigual, y aunque en la segunda década (arrancando en 1912-1913) se produce el despegue inicial, con un aumento muy importante de estaciones alcanzando un número próximo a mil, puede afirmarse que es a partir del año 1940 cuando se empieza a disponer masivamente de series ininterrumpidas, o al menos con pocas lagunas. Esta es la razón principal por la que, con frecuencia, los datos de estudios hidroclimáticos en nuestro país arranquen en esas fechas (MIMAM, 2000).

*Evolución
del número de
estaciones
meteorológicas
en España durante
el siglo XX
(MIMAM, 2000)*





Red climatológica de AEMET

En la actualidad, AEMET dispone de 93 estaciones climatológicas principales (o completas) que realizan observaciones de los siguientes elementos climáticos:

Parámetros Estaciones Principales	
Temperatura	Nubosidad
Precipitación	Insolación
Humedad	Meteoros
Dirección y velocidad del viento	Visibilidad
Presión	Evaporación

Hay otras variables, como las T^{as} de suelo a distintas profundidades (5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm y 1m), la radiación global, difusa y directa y la evaporación en tanque evaporimétrico que sólo se obtienen en algunos de estos observatorios.

AEMET también dispone de una red de estaciones automáticas que proporcionan datos en tiempo real de la mayoría de las variables climatológicas, lo que ha supuesto una mejora en la cobertura general.



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



De todas formas, para determinados elementos climáticos como la precipitación o el viento, se requiere una densidad de estaciones bastante importante.

Es por ello que AEMET tiene en funcionamiento actualmente una red climatológica secundaria (que complementa a las estaciones climatológicas principales) formada por 260 estaciones meteorológicas automáticas (EMA) y 4.000 estaciones termométricas + estaciones pluviométricas

En las estaciones termométricas se mide la temperatura máxima y mínima diaria, así como la temperatura a las 08 TMG.

En las estaciones pluviométricas se determina la precipitación diaria, así como los meteoros y el viento dominante durante la precipitación.

Otras redes

Además de la red de AEMET, existen otras redes dependientes de las Comunidades Autónomas (Andalucía, Galicia, País Vasco...)





EJEMPLO

INSTRUMENTACIÓN METEOROLÓGICA

Estaciones termométricas y pluviométricas



Termómetro Six-Bellami

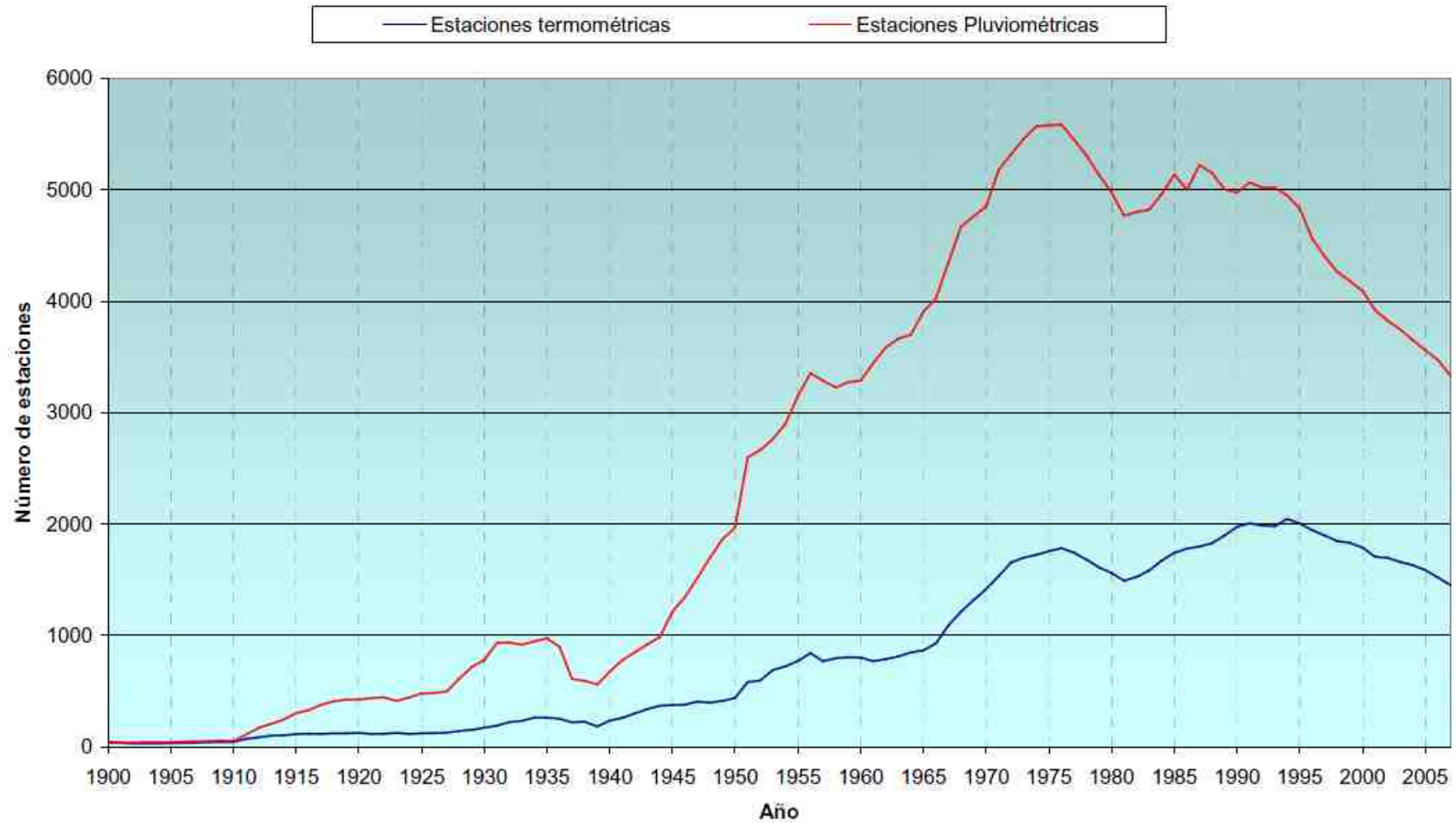


Pluviómetro Hellmann oficial (izqda.), pluviómetro Davis (centro) y pluviógrafo Thies (dcha.)



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Número de estaciones en funcionamiento de la red secundaria desde 1900 (Rodríguez, 2009)



Redes de Aguas Superficiales

Antecedentes

El concepto de caudal de un río era conocido desde antiguo, pero su determinación en los cauces planteó muchos problemas, no siendo hasta el siglo XIX cuando se conocen y dominan las técnicas necesarias para tal estimación.

Aunque se conocen datos puntuales de caudales en algunos ríos españoles desde antes, es en el último tercio del XIX cuando comienza a disponerse de series continuas, siendo las aportaciones anuales del Guadalentín en la presa de Puentes la serie de aforos diarios conocida más larga de España (1885).

En 1912 se publica el primer anuario de Aforos con los registros medios diarios de caudal y nivel, acompañados de unos gráficos de niveles y caudales de las estaciones principales.

La primera normativa oficial sobre redes de medida de caudales data de 1941, cuando el entonces Ministerio de Obras Públicas aprobó una Orden Ministerial para conocer los caudales utilizados por los concesionarios de los aprovechamientos de aguas públicas.



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Esta Orden Ministerial tuvo un cumplimiento parcial y tardío por lo que en 1963, la entonces Dirección General de Obras Hidráulicas (DGOH), ante la constatación de que las estaciones no funcionaban de la forma deseable, aprobó un *Plan General de Mejora y Ampliación de Estaciones de Aforo*, que condujo al establecimiento de la **Red Oficial de Estaciones de Aforo (ROEA)**.

Este Plan se desarrolló entre 1963 y 1972 y dio lugar a un crecimiento muy importante del número de estaciones de aforo en los ríos, que alcanzó un máximo a principios de los ochenta, para luego decrecer ligeramente hasta la actualidad.

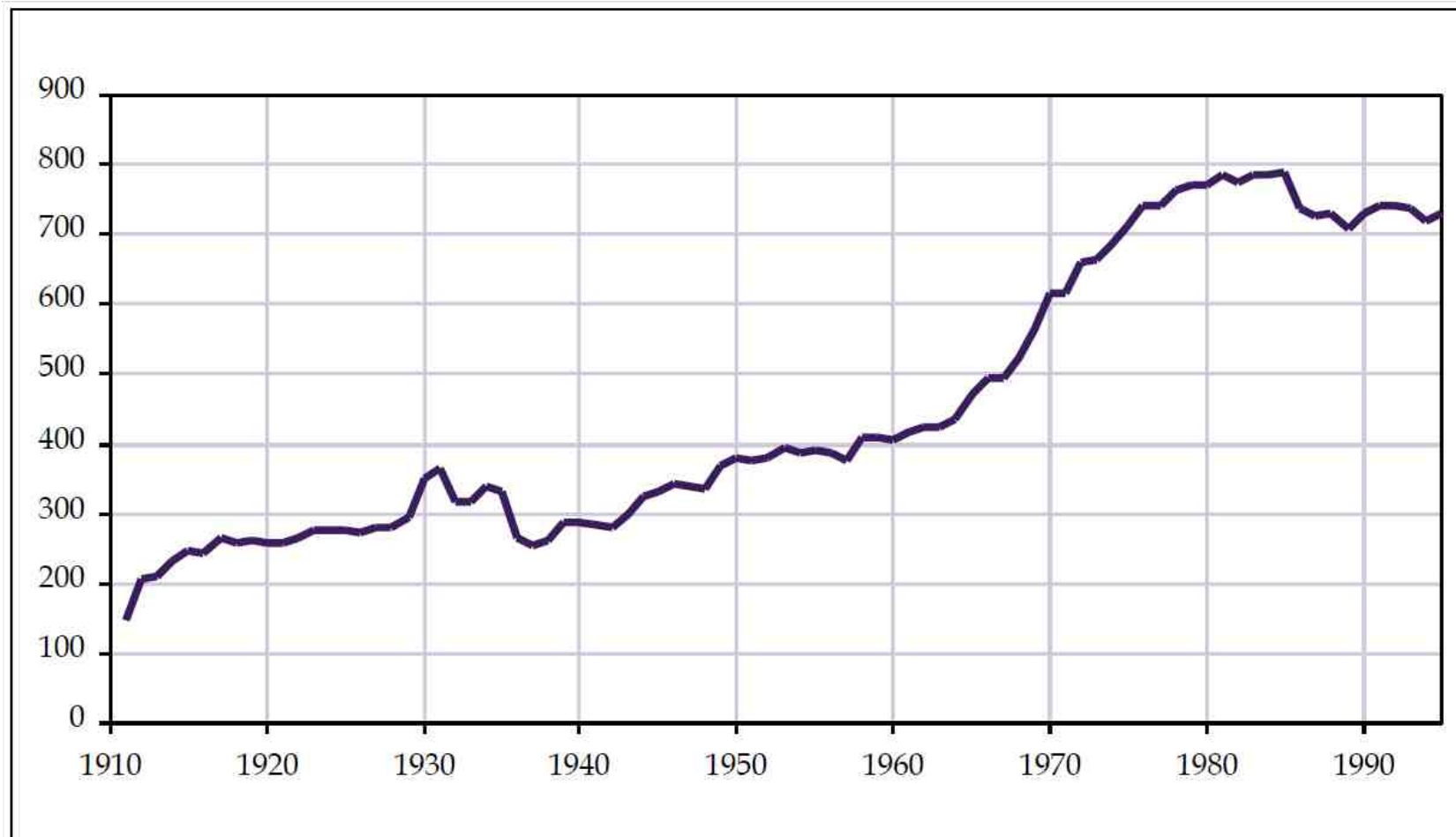


Diferentes ediciones del anuario de aforos (Fuente: CEH-CEDEX)



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Evolución desde 1910 del número de estaciones de aforo en los ríos españoles (MIMAM, 2010)



Red Oficial de Estaciones de Aforo (ROEA)

La ROEA proporciona información de los datos de niveles y caudales en puntos seleccionados de los ríos y en los principales embalses y canales desde 1911.

Las estaciones que forman parte de la ROEA tienen, en general, instalaciones de carácter permanente, y podrían complementarse con estaciones que funcionasen durante periodos cortos, por ejemplo durante las fases de estudio y proyecto de una obra hidráulica, y que después se abandonarían. Esto debería hacerse en cualquier caso de forma muy selectiva y programada.

C.H.	MIÑO-SIL	CANTÁBRICO	DUERO	TAJO	GUADIANA	GUADALQUIVIR	SEGURA	JÚCAR	EBRO	TOTAL
RÍOS	51	40	120	119	85	64	34	46	210	769
EMBALES	34	20	30	57	30	57	18	27	61	334
CANALES	0	0	2	28	11	0	45	18	30	134
TOTAL	85	60	152	204	126	121	97	91	301	1.237

Número de estaciones activas de la ROEA en 2013 (Ruiz, 2014)



El proceso de validación de los datos que se obtienen de las estaciones de aforo es el siguiente:

1. Revisión y relleno de lagunas por parte de las unidades de hidrología en las respectivas Confederaciones Hidrográficas
2. Remisión de los datos a la D. Gral. del Agua en distintos formatos
3. Revisión por parte del Centro de Estudios Hidrográficos (CEH – CEDEX)
4. Confirmación por parte de las respectivas Confederaciones Hidrográficas
5. Publicación de los datos oficiales

La mayor parte de los datos de estas estaciones se almacena en la base de datos HIDRO diseñada y mantenida por el CEH-CEDEX, que es el organismo encargado de archivar y publicar periódicamente esa información.

Los datos se almacenan y publican a escala diaria, aunque muchas de las estaciones de la red pueden registrar datos de forma prácticamente continua.

Los usuarios pueden consultar la información a través del enlace existente en la web del MAGRAMA al *Sistema de Información del Anuario de Aforos*.

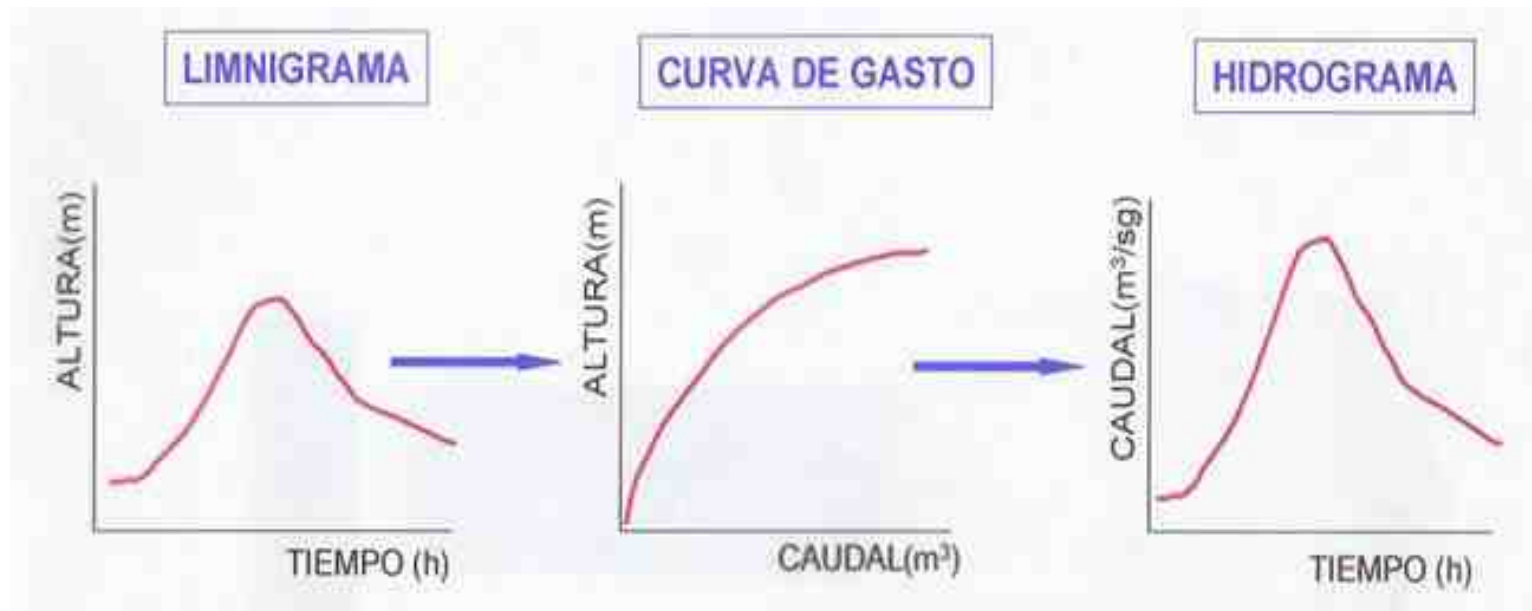


PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



De los datos registrados en las estaciones de aforo se obtiene, para una determinada sección del río:



Limnigrama → Evolución del nivel de la lámina de agua en el tiempo

Curva de gasto → Relación nivel de la lámina de agua – caudal circulante

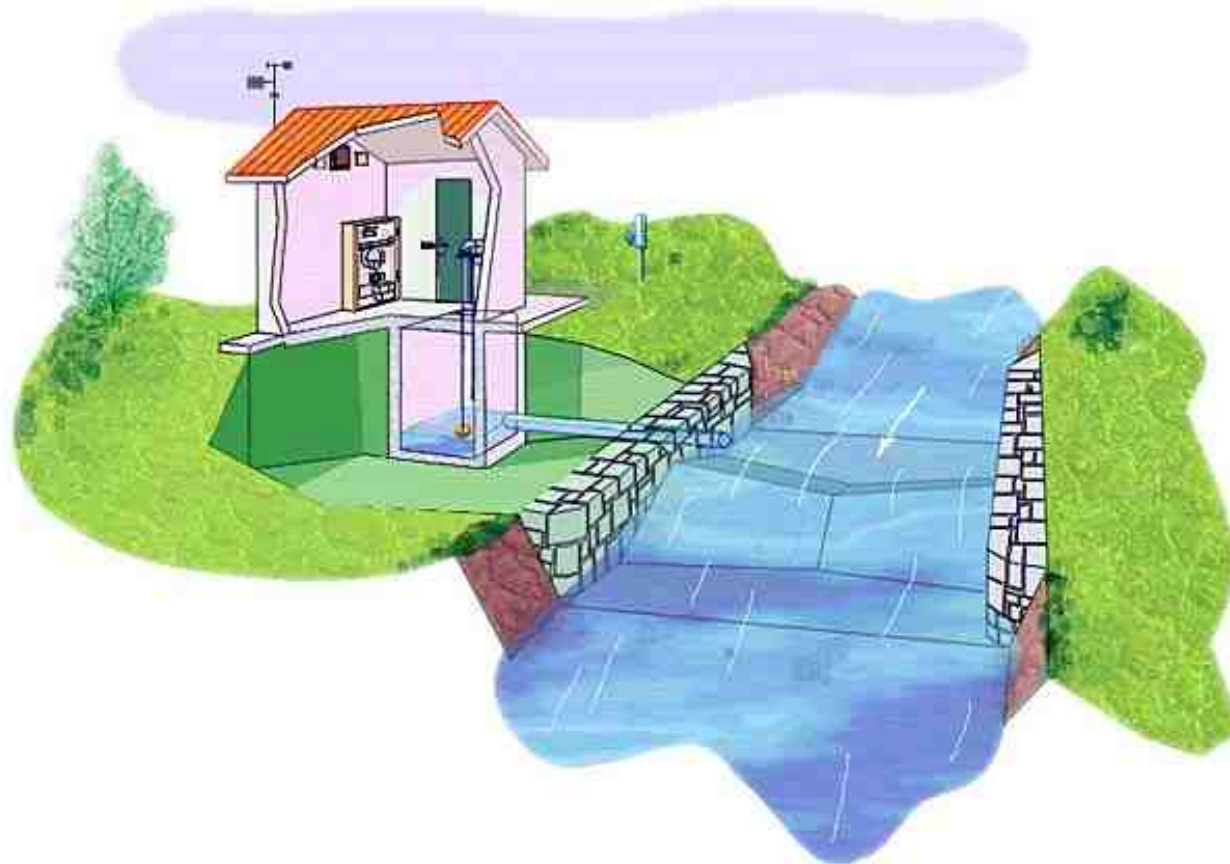
Hidrograma → Evolución del caudal en el tiempo



EJEMPLO

ESTACIÓN DE AFOROS

Esquema de funcionamiento





EJEMPLO

ESTACIÓN DE AFOROS

Estación “El Gallego” en el río Segura



Foto realizada el 18 de enero de 2011 con un caudal de 9,5 m³/s



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

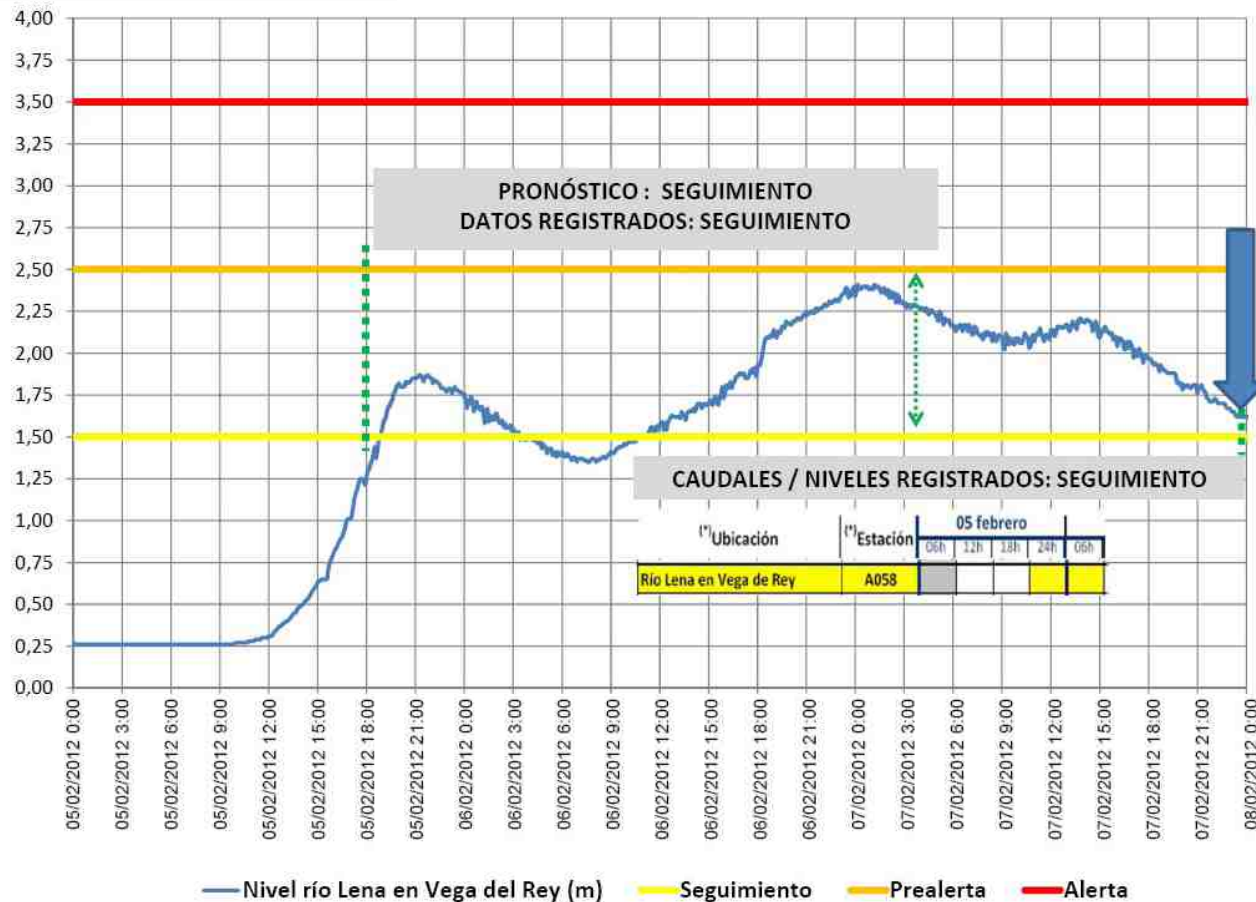
Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



EJEMPLO

ESTACIÓN DE AFOROS

Río Lena (Vega del Rey) febrero 2012





Evaluación de los Recursos Hídricos procedentes de fusión Nival (ERHIN)

El objetivo de este programa es la cuantificación del volumen de agua almacena en forma de nieve, así como la previsión de su evolución.

La incorporación a la red fluvial de estos recursos se produce fundamentalmente de dos formas:

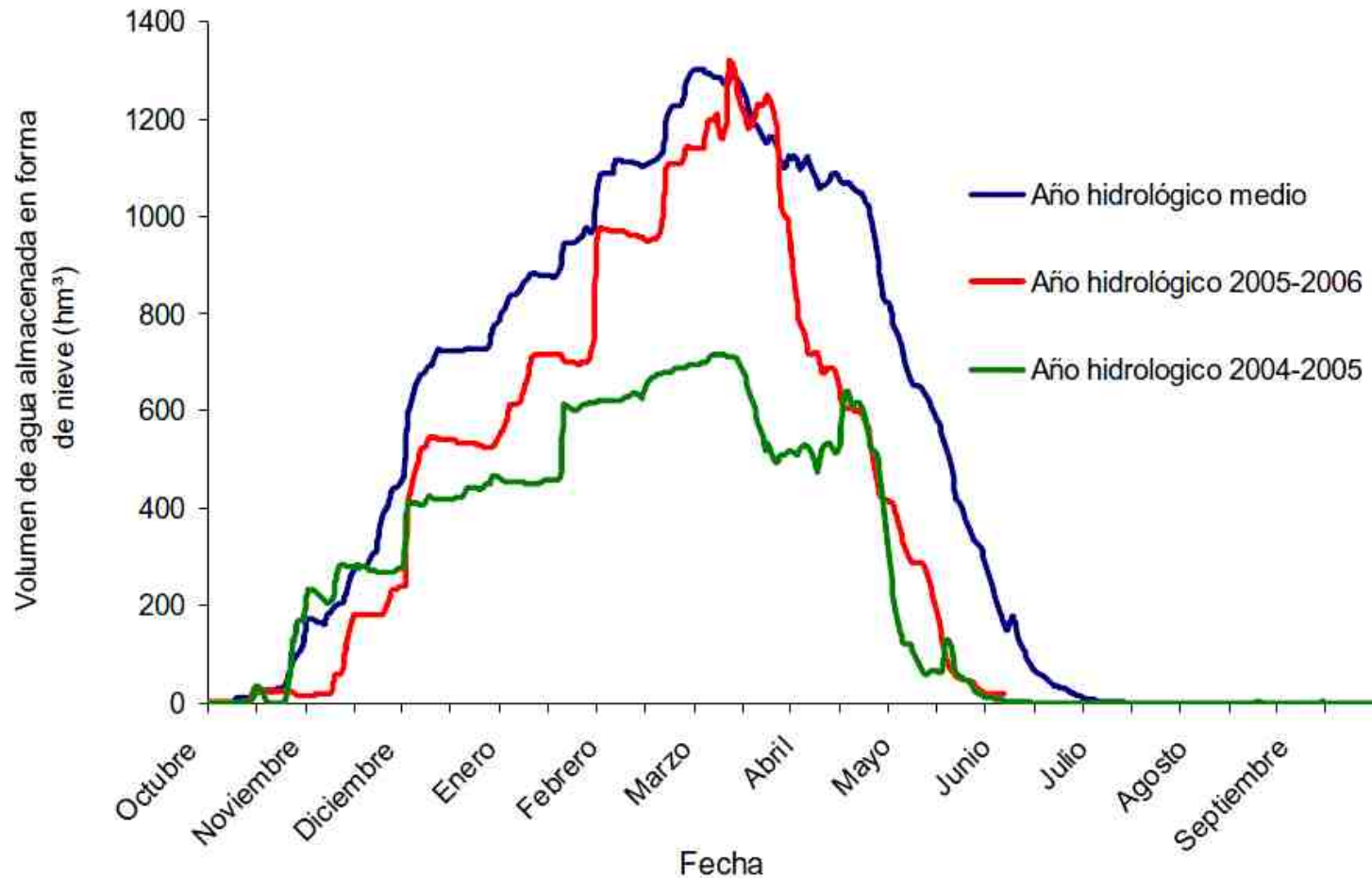
1. La precipitación alcanza valores significativos durante el invierno, que conducen a espesores de nieve persistentes significativos y a la fusión de esta nieve en primavera, que se va incorporando paulatinamente a los embalses en forma de esorrentía (situación ordinaria de regulación)
2. En situaciones climatológicas muy concretas con aumento rápido de la temperatura, combinado con lluvias, puede producirse una fusión importante de la nieve en periodos cortos de tiempo, dando lugar a elevados caudales en los cauces fluviales (avenidas).





PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



*Evolución del agua acumulada en forma de nieve para las cuencas del Pirineo
(Cobos et al., 2006)*

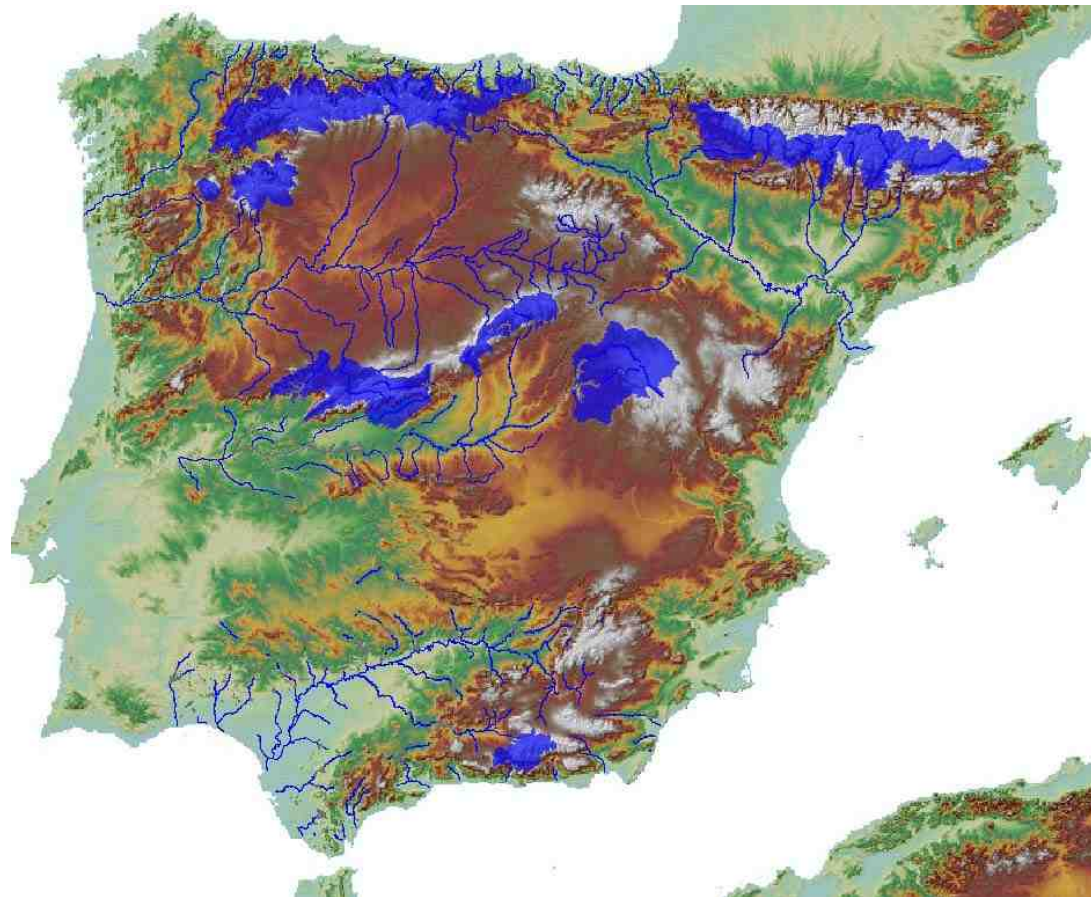


PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



El programa ERHIN se inició en el año 1986, fijándose el ámbito de actuación en el Pirineo y posteriormente se amplió a la Cordillera Cantábrica (1987), Sierra Nevada (1990) y Sistema Central (1996).



Área del territorio español (en azul) donde se estudian los recursos hídricos procedentes de la acumulación nival (Programa ERHIN)



El programa ERHIN desarrolla, de forma general, las siguientes actividades:

- 1) Organización y gestión de la información
- 2) Estructuración de la red de control
- 3) Desarrollo y aplicación de técnicas de teledetección
- 4) Mediciones nivales y aplicación de modelos hidrológicos
- 5) Control y estudio de los glaciares.

El objetivo de estas actividades es reflejar los posibles cambios que se pueden producir en las condiciones nivales, la elaboración de un registro anual sobre el estado de la nieve en las cordilleras y la generación de información en tiempo casi real de la evolución de la cubierta nival y los caudales fluyentes procedentes de su fusión para conseguir una gestión óptima de los recursos disponibles.

Para conseguir los mencionados objetivos, se realizó la implantación progresiva de la red de medición nival compuesta por:

- 1) *Pértigas* → Puntos de muestreo
- 2) *Telenivómetros* → Evolución del manto nival



Las **pértigas** son elementos prefabricados:

- Base de hormigón de sección cuadrada de 1 m de lado y 15 cm de espesor
- Ménsula empotrada en la base con la serie blanco-verde-amarillo-rojo cada 50 cm
- Altura de la pértiga = 3 ó 4 m
- La base de la pértiga va insertada en el suelo, haciendo coincidir la banda blanca con la rasante del terreno (nivel cero)

La lectura de espesores se efectuará mediante aproximación del helicóptero.

El espesor de nieve se establece por diferencia:

$$\text{Espesor} = (\text{Longitud total} - \text{La longitud al descubierto de nieve})$$





EJEMPLO

PÉRTIGAS

Ubicación y lectura desde helicóptero





Los **telenivómetros** presentan las siguientes características:

- Absorción de rayos cósmicos
- Registran de forma continua espesor y densidad de la capa de nieve
- Permiten determinar el *Volumen de Agua en Forma de Nieve (VAFN)*

Condiciones de instalación:

- Entorno despejado y libre de cualquier tipo de obstáculos,
- Zona con bajo riesgo de aludes,
- Altitud de 1.700-2.800 msnm
- Una superficie con una pendiente aconsejable entre un 2-3%.

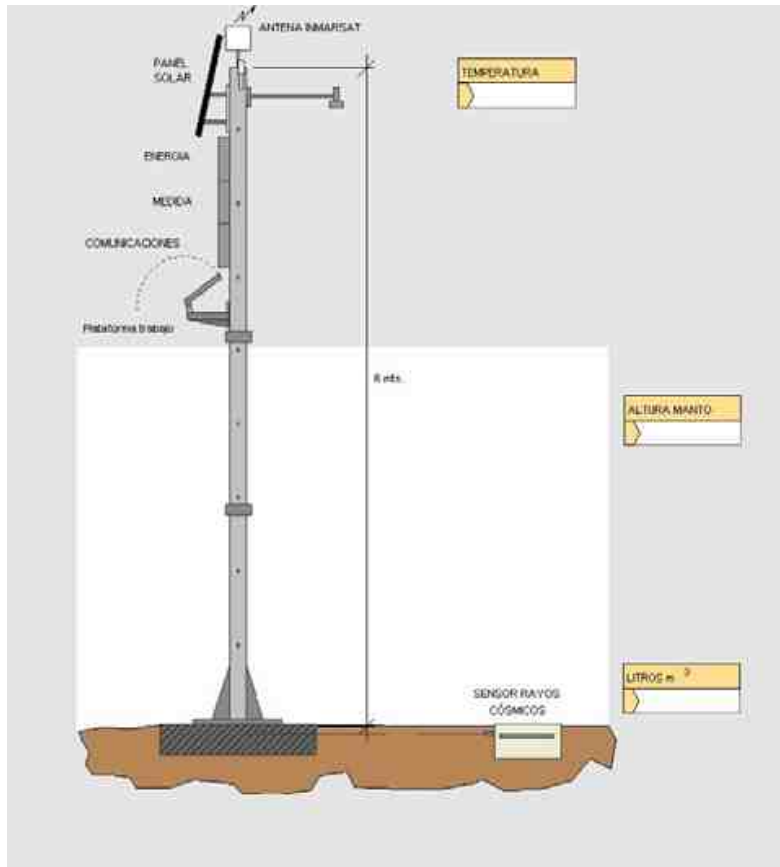




EJEMPLO

TELENIVÓMETRO

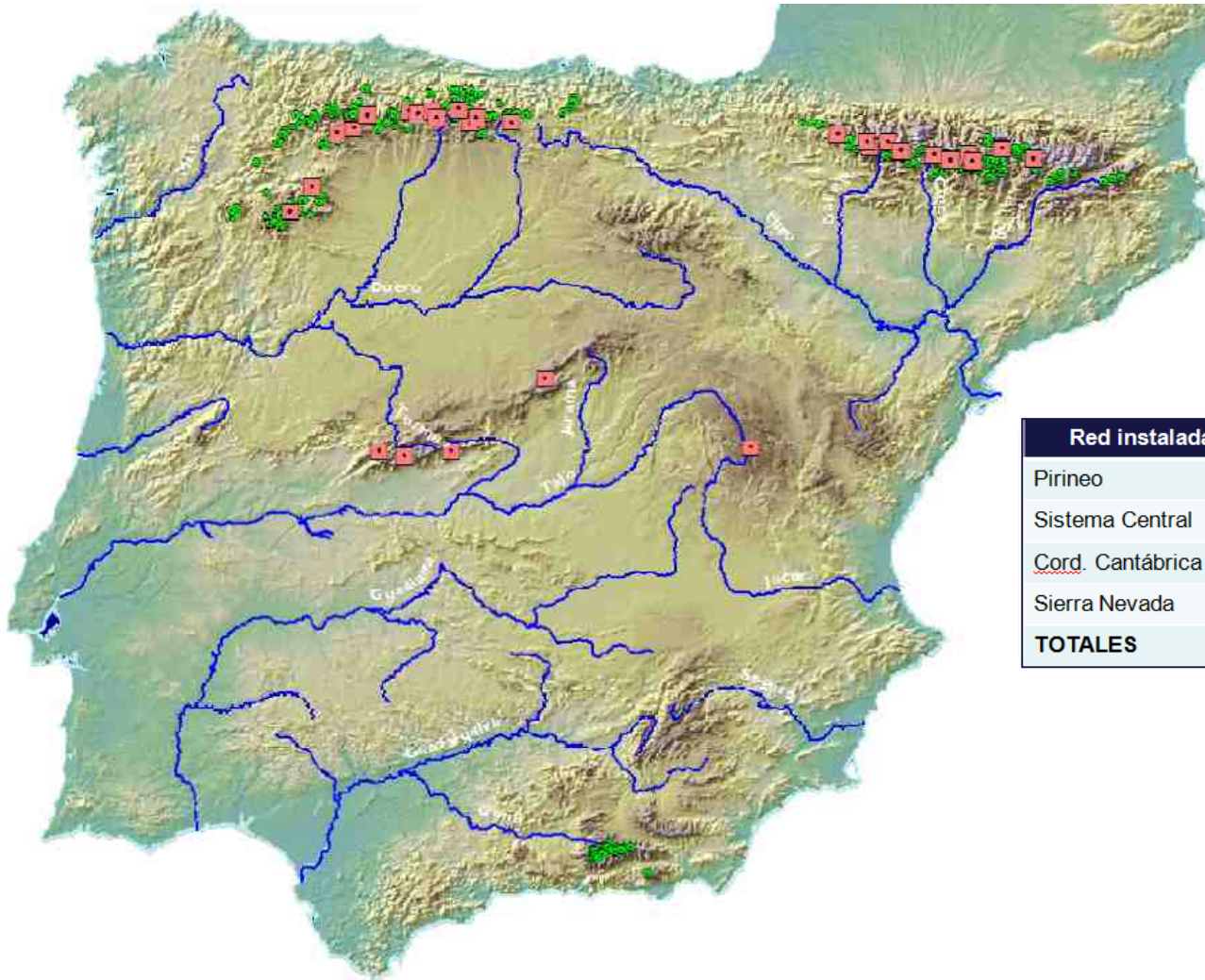
Esquema y ejemplo





PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Red instalada	Pértigas	Telenivómetros
Pirineo	113	11
Sistema Central	-	5
Cord. Cantábrica	128	13
Sierra Nevada	21	-
TOTALES	262	29

Red de control nival: pértigas y telenivómetros (Pastor, 2012)



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Sistema	Administración hidráulica	Pértigas		Telenivómetros		Observaciones
		Nº	Año Implant.	Nº	Año implant.	
CANTÁBRICO	CH Duero	55	1989-1990	13	2007-2008	
	CH Miño-Sil	29	1989-1990			7 prop. instal. teleniv.
	CH Cantábrico	38	1989-1990			10 prop. instal. teleniv.
	CH Ebro	6	1989-1990			1 prop. instal. teleniv.
PIRINEO	CH Ebro	110	1986-1987	11	2007	
	Agencia Catalana del Agua (ACA)	3	1986-1987	-	-	
SIERRA NEVADA	CH Guadalquivir	8	1990	-	-	1 prop. instal. teleniv.
	Cuenca Mediterránea Andaluza (CMA)	13	1990	-	-	
SISTEMA CENTRAL	CH Duero	-	-	1	2008	8 prop. instal. pértigas
	CH Tajo	-	-	4	2000	21 prop. instal. pértigas
TOTAL		262		29		19 prop. instal. teleniv. 29 prop. instal. pértigas



Redes de Aguas Subterráneas

Con respecto a las aguas subterráneas, las redes de piezometría e hidrometría son las que aportan datos sobre niveles de agua en los acuíferos y caudales en los manantiales y fuentes, respectivamente.

Antecedentes

En España, los primeros datos de medidas de niveles piezométricos de los que se tiene referencia se remontan al siglo XIX (época del desarrollo del artesianismo) y corresponden a los primeros pozos de abastecimiento y riegos.

Sin embargo, hay que esperar hasta la década de 1960 para el planteamiento de programas sistemáticos de investigación de mayor entidad, iniciándose su desarrollo masivo a finales de esta década.

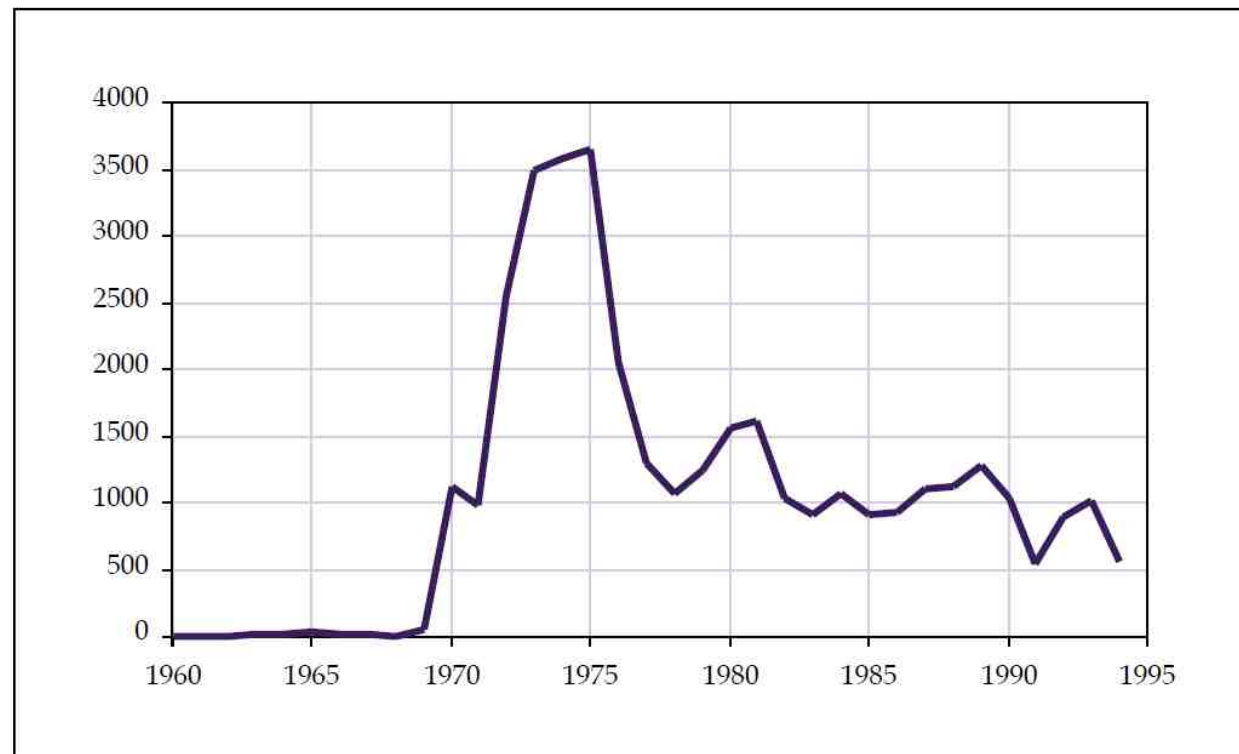
Los piezómetros con series históricas largas comienzan a medirse aproximadamente en 1985 y eran gestionados y medidos por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

Posteriormente, en el año 2001, la competencia sobre estas redes fue transferida a los Organismos de Cuenca.



Los Organismos de Cuenca, debido a la entrada en vigor de la Directiva Marco del Agua han adaptado las redes a los nuevos requisitos establecidos en esta Directiva, en especial con objeto de que cada masa disponga de, al menos, un punto de control pasando de existir al inicio unos 1.000 piezómetros en el territorio español a unos 3.000 en la actualidad (con un máximo de 4.500 en los años 1980-1985).

Evolución desde 1960 del número de datos piezométricos en la cuenca del Segura (MIMAM, 2000)





Red Oficial de Seguimiento del Estado Cuantitativo: Red piezométrica

Esta Red está compuesta por piezómetros, que son sondeos de pequeño diámetro expresamente perforados para medir el nivel del agua en el acuífero (conocido como nivel piezométrico).

La red piezométrica cubre unos 135.000 km², del orden del 80% de la superficie permeable del territorio.

Consta en la actualidad de unos 3.000 puntos de observación en los que se realizan al menos dos medidas al año, siendo lo habitual establecer controles trimestrales o mensuales.

Algunos son puntuales, es decir, las rejillas se encuentran abiertas en un tramo muy corto y a la profundidad a la cual se desea conocer el nivel, mientras que en otros las rejillas cubren el espesor completo del acuífero.

También existen piezómetros dobles que disponen de dos tubos piezométricos contiguos con aberturas instaladas a profundidades diferentes e incluso hay piezómetros surgentes o artesianos, en cuyo caso disponen de un manómetro para determinar la presión.



En el *Visor Cartográfico del Sistema de Información de Recursos Subterráneos* se pueden consultar los datos de localización de los piezómetros, profundidad de la obra y del nivel del agua.

Estas consultas pueden realizarse por Demarcación Hidrográfica, masa de agua subterránea, provincia y municipio.

Otras redes

Además de las redes generales, y como en el caso de las redes de aguas superficiales, existen redes específicas, operadas y gestionadas por entidades públicas o privadas. Algunos ejemplos:

- Red del Pirineo Oriental, que cuenta con unos 400 puntos, algunos desde 1966 y con registros mensuales
- Red de Control de la Diputación Provincial de Alicante, que consta de 130 puntos de piezometría, 200 de calidad e intrusión y 20 de medida de manantiales.

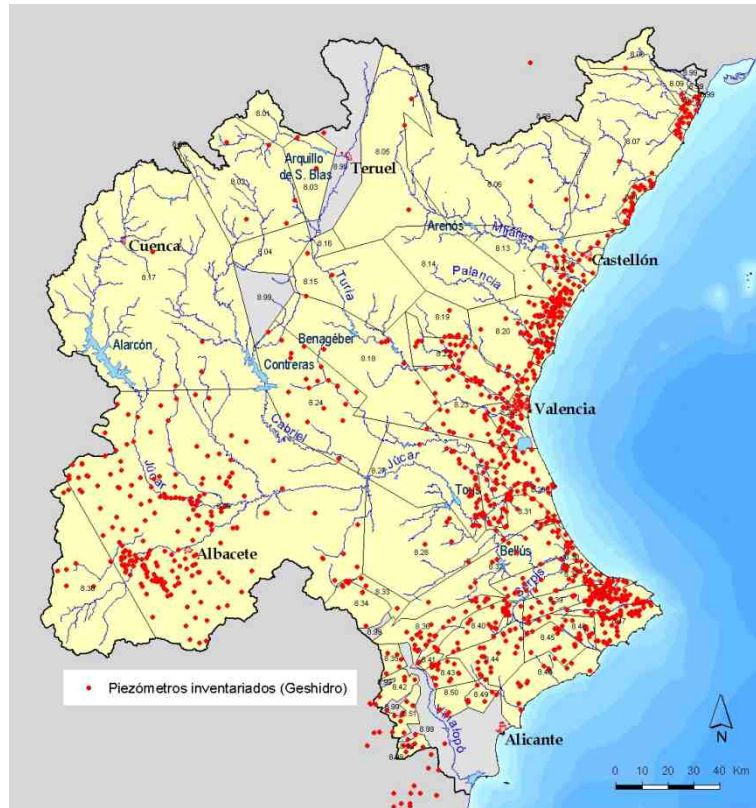
En cuanto a la *Red de Hidrometría* (aforo de manantiales), cubre una superficie del orden de 42.000 km² y se compone de casi 500 puntos de observación.



EJEMPLO

REDES AGUAS SUBTERRÁNEAS

Confederación Hidrográfica del Júcar



Red piezométrica inventariada



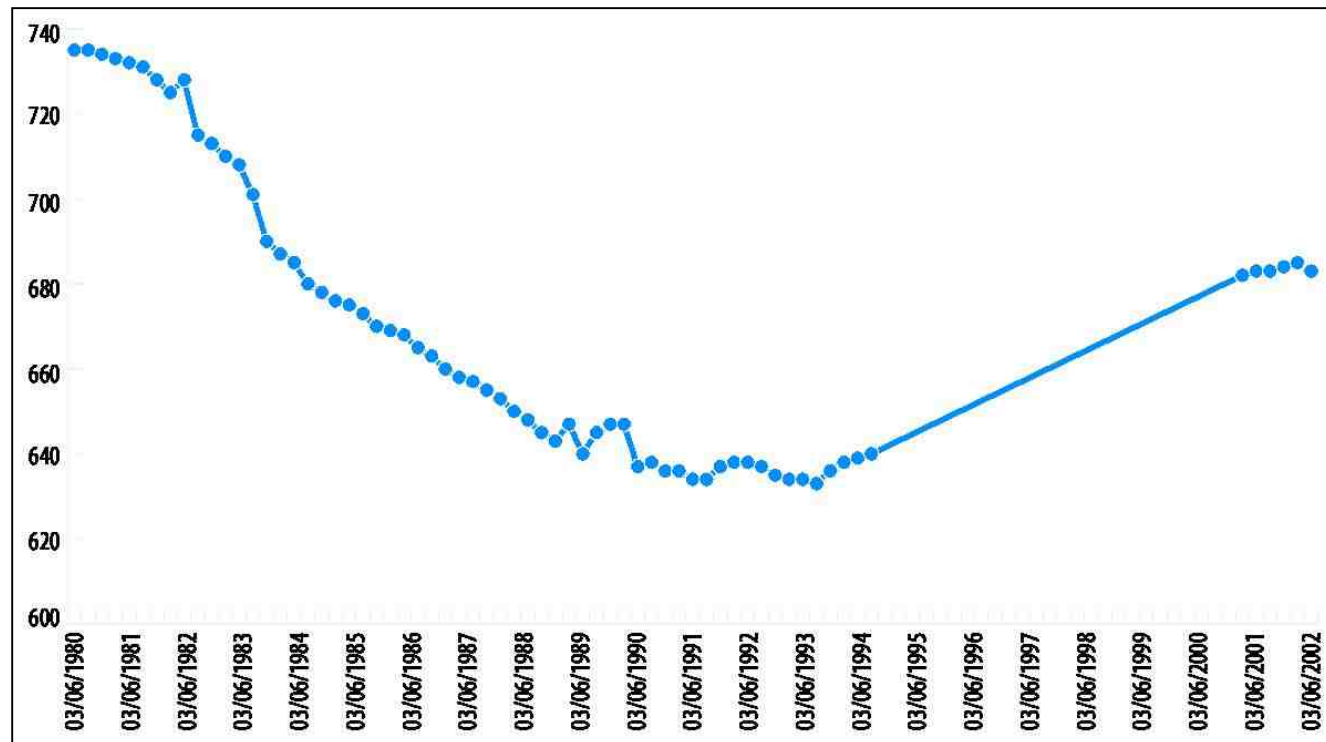
Red hidrométrica



EJEMPLO

NIVEL PIEZOMÉTRICO

Piezómetro 2537-50006 (CHS)



Acuífero Don Gonzalo-La Umbría (Murcia). Después de bajar 100m entre 1981 y 1990 se salinizó y se abandonó; desde 1990 hasta 2002 sólo se ha recuperado 60 m.



4. REDES DE CONTROL DE CALIDAD

La gestión de los recursos hídricos existentes en una cuenca hidrográfica comienza por conocer la calidad del agua de forma veraz y en un plazo de tiempo acorde a la variabilidad de los índices de los parámetros medidos, todo ello con el objetivo de asegurar que las aguas sean aptas para los usos a los que se destinan, ya sea el abastecimiento a poblaciones, regadío, uso industrial, etc. a la vez que se consigue un buen estado ecológico y químico de las mismas.

Para el control y vigilancia de la calidad de las aguas continentales en España se encuentra implantado el *Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas (SAICA)*.

El Sistema SAICA se apoya principalmente en dos tipos de redes de control de la calidad de las aguas:

- 1) Las encuadradas en la **Red ICA**, caracterizadas por obtener los datos analíticos mediante periódicamente en estaciones de muestreo manual
- 2) Las pertenecientes a la **Red de Alerta**, caracterizadas por obtener los datos en continuo a través de estaciones automáticas mediante analizadores y tomas de muestras automáticas, disponiendo de resultados en tiempo real.



Red Integrada de la Calidad de las Agua (ICA)

La Red Integrada de Calidad de las Aguas (Red ICA) se diseñó en el año 1993 partiendo de:

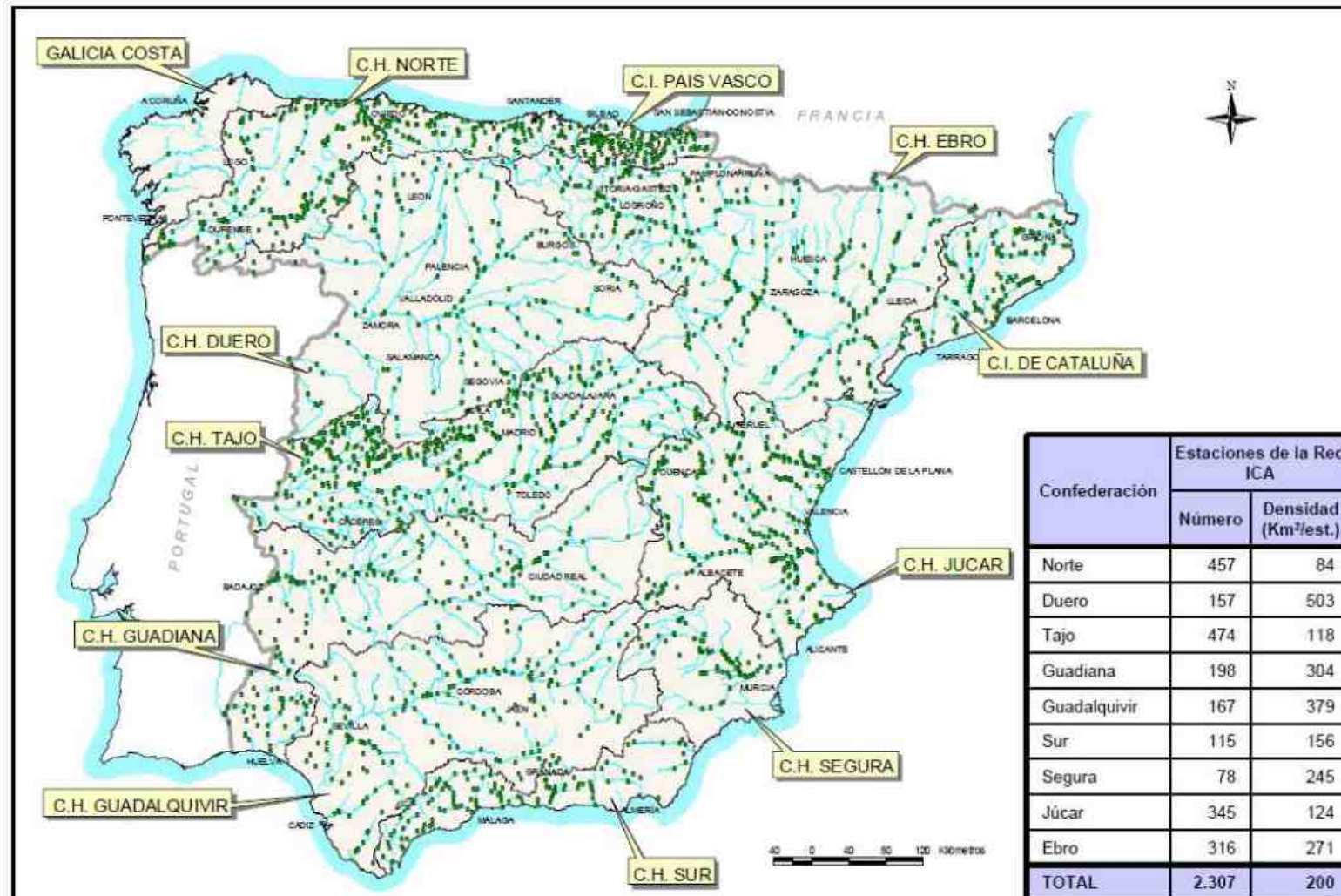
- Red de Control Oficial de la Calidad del Agua (COCA) → En funcionamiento desde el año 1962, controla diferentes parámetros de las aguas superficiales.
- Red de Control de agua destinada a Abastecimientos (COAS) → Controla las aguas de ríos, lagos, embalses, etc., donde existen captaciones de aguas destinadas al abastecimiento
- Red de Control de calidad del agua para la vida Piscícola (COPI) → Controla los parámetros indicados en los tramos de cauce designados como piscícolas (ciprinícolas o salmonícolas).

Esta red no cuenta con infraestructura propia, sino que está compuesta por más de 2.000 puntos localizados en ríos, lagos, embalses, etc. de las nueve Confederaciones Hidrográficas en los que se toman muestras con una periodicidad determinada por la legislación vigente.



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Distribución de las estaciones de la Red ICA (Orío, 2012)

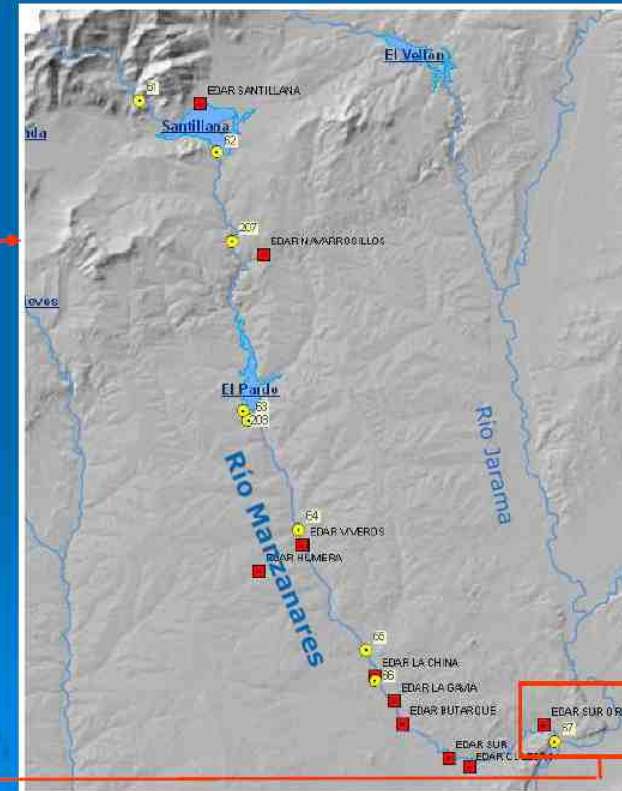
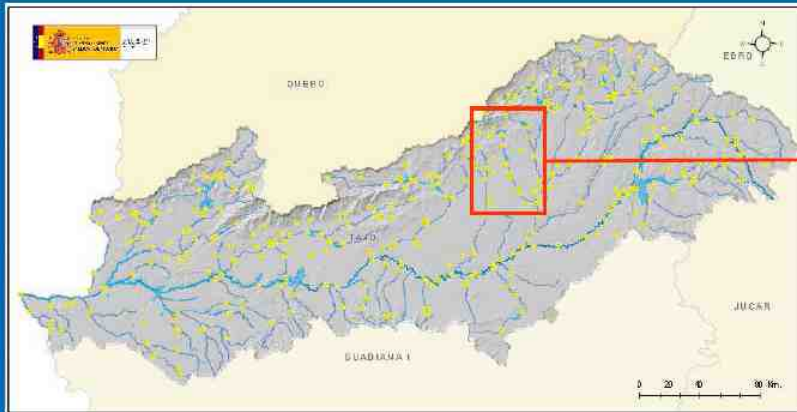


EJEMPLO

ESTACIÓN RED ICA

Estación 67 (CH Tajo)

Estación 67. Rivas Vaciamadrid – Manzanares (CH Tajo)
(Red de Control de Calidad general Físico-Química)





Red de alerta (SAICA)

El *Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas* (SAICA) fue implantado por la Dirección General de Calidad de las Aguas del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (hoy Dirección General del Agua y Ministerio de Medio Ambiente, respectivamente), en dos fases, entre septiembre de 1993 y noviembre de 1995.

La Red SAICA actualmente consta de aproximadamente 200 estaciones automáticas de alerta (EAA) distribuidas en las nueve cuencas hidrográficas, en zonas con usos especialmente críticos (abastecimiento, zonas protegidas, etc.) que necesitan acciones preventivas y en puntos en los que se prevé posibles episodios de contaminación (grandes aglomeraciones urbanas, vertidos industriales, etc.).

El principal objetivo de esta red es producir información continua y transmitirla al Ministerio de Medio Ambiente y a los centros de proceso de datos de las Confederaciones Hidrográficas.





PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Distribución de las estaciones de la Red SAICA (Orio, 2012)



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



La red SAICA proporciona una valiosa ayuda e información sobre la situación de la calidad de las aguas continentales superficiales cuya finalidad puede resumirse en:

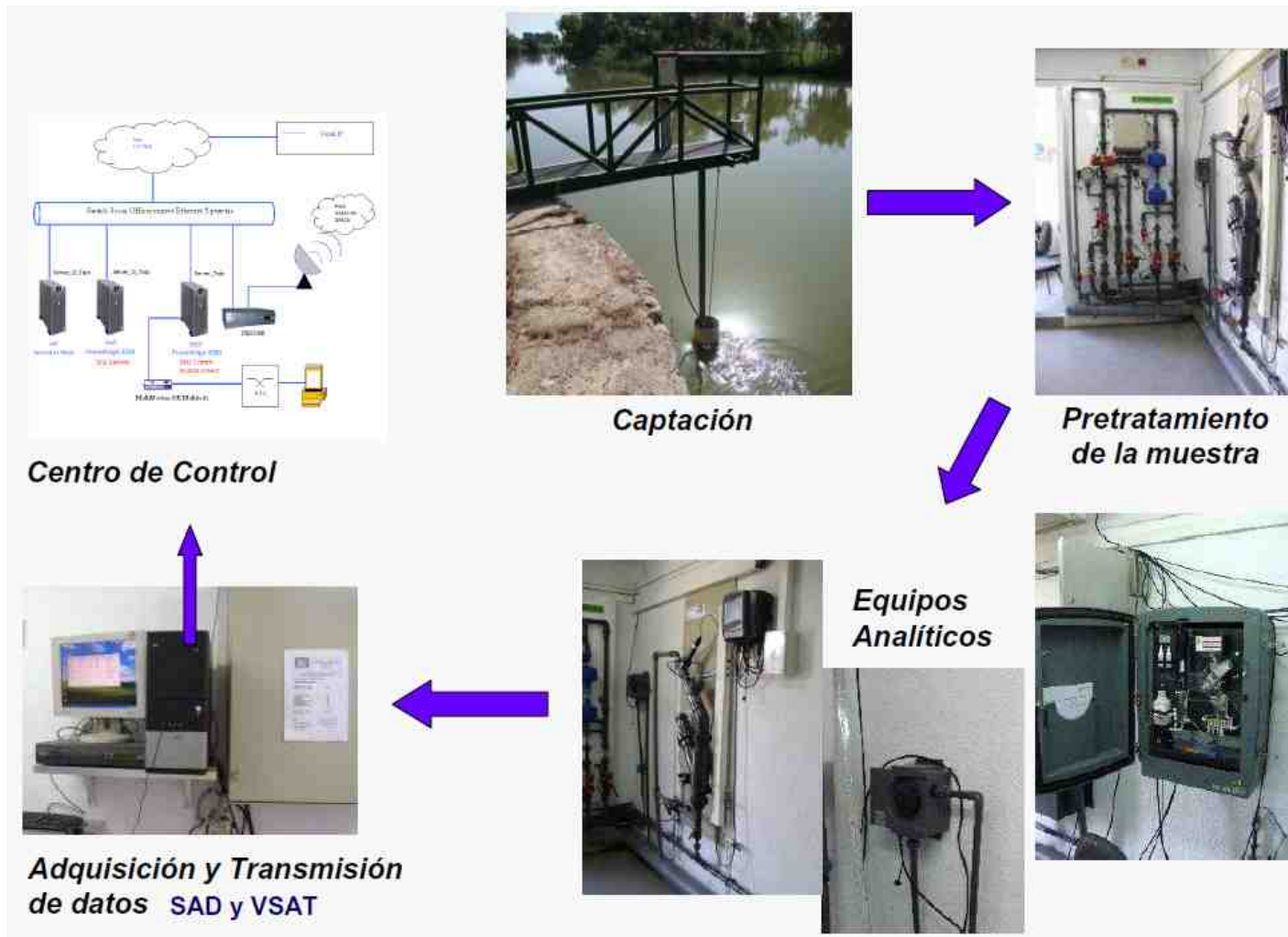
- Proporciona información cualitativa de la contaminación detectada y su evolución en el tiempo, analizando las curvas de tendencia.
- Complementa las redes de control periódico de la calidad de las aguas existentes.
- Tiene efectos disuasorios frente a vertidos intencionados.
- Monitoriza en tiempo real permitiendo actuaciones inmediatas de alerta a las captaciones existentes (estaciones de tratamiento de aguas potables, regadíos, ...), contribuyendo en el seguimiento y control a corto plazo del vertido.
- Facilita el control y seguimiento a corto plazo del vertido.

La información se registra cada 15 minutos con la media de los valores obtenidos en los equipos de medida cada 30 segundos. La transmisión de datos desde las estaciones se realiza vía satélite (Hispasat) a los Centros de Proceso de cada Confederación donde se analizan y se toman las decisiones pertinentes.



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Funcionamiento de una red SAICA (Orío, 2012)



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS



Tema 3. Evaluación de recursos hídricos

Las alarmas de funcionamiento y las alertas de calidad de las aguas relacionadas con episodios de contaminación son enviadas en tiempo real.

La red analiza varios parámetros físico-químicos indicadores de calidad de las aguas continentales superficiales:

Parámetros generales	Otros parámetros
Nivel del agua en el río o embalse	Fósforo Total
Temperatura del agua	Nitratos
Conductividad	Clorofila
pH	Ficocianinas
Oxígeno disuelto	
Turbidez	
Carbono orgánico disuelto	
Amonio	
Fosfatos	



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

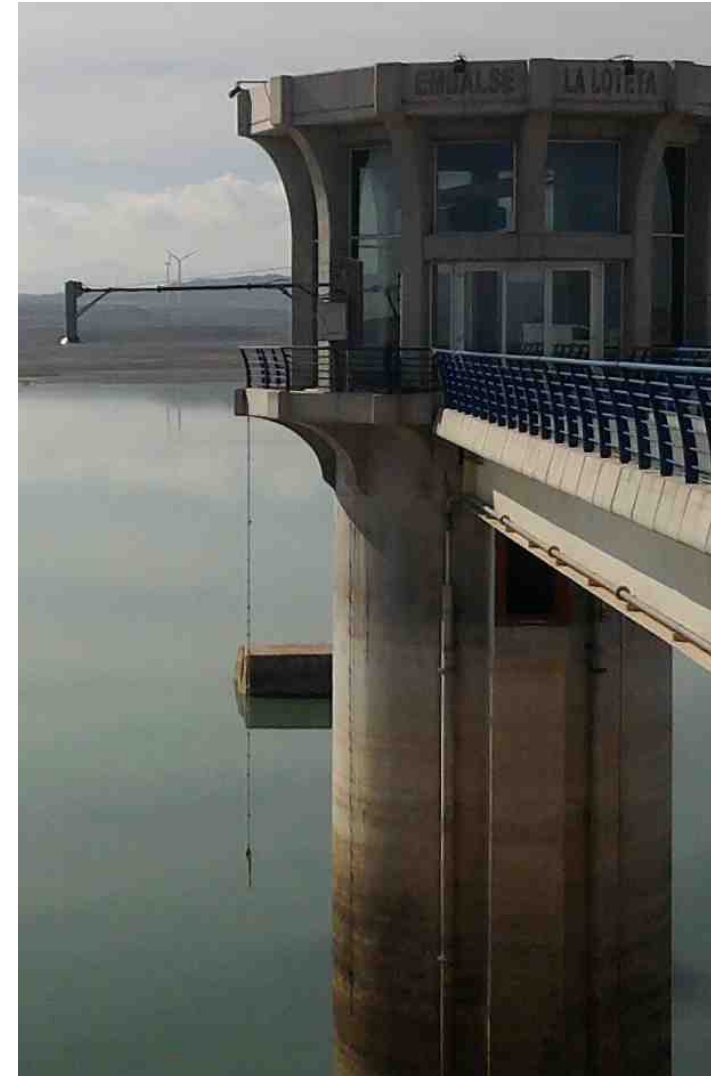
Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Tras la aprobación de Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000 (DMA), por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas es obligatorio el establecimiento de programas de seguimiento del estado de las aguas con objeto de obtener una visión general coherente y completa del estado de las aguas en cada demarcación hidrográfica.

De los programas de seguimiento establecidos por la Directiva Marco de Aguas, se incluye en el anexo V, 1.3.3. el control de investigación.

Dado que las características de dicho control están, en su mayoría, cubiertos por las estaciones de la red SAICA, se está estudiando la adaptación de dicha red a los nuevos requisitos de la red de investigación.

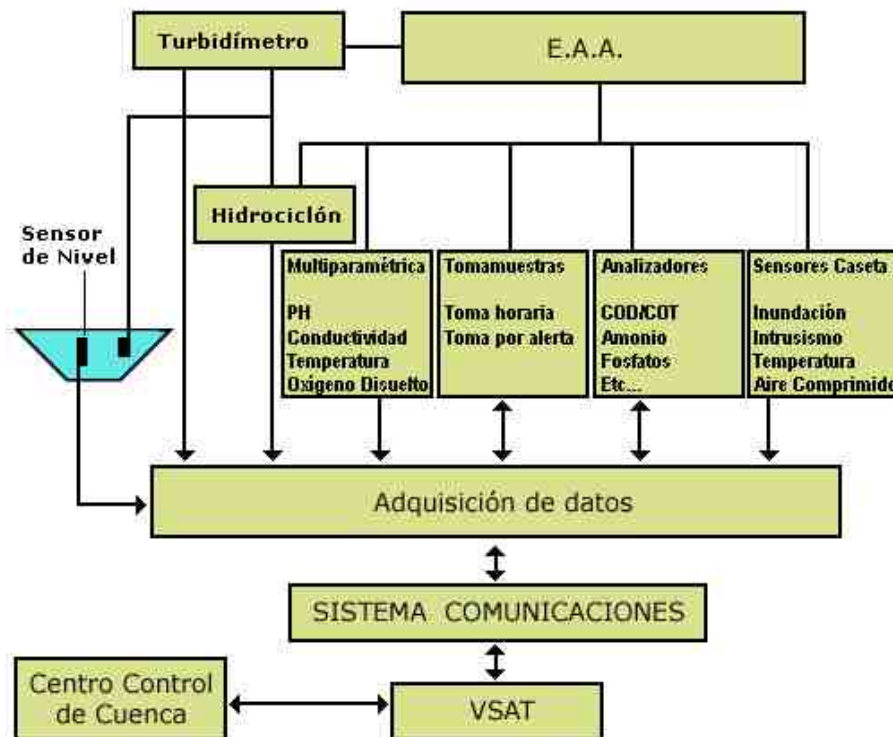




EJEMPLO

RED SAICA

Confederación Hidrográfica del Segura



Esquema de funcionamiento de una Estación de Alerta (CH del Segura)



Equipo tomamuestras en Contraparada (CH del Segura)



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

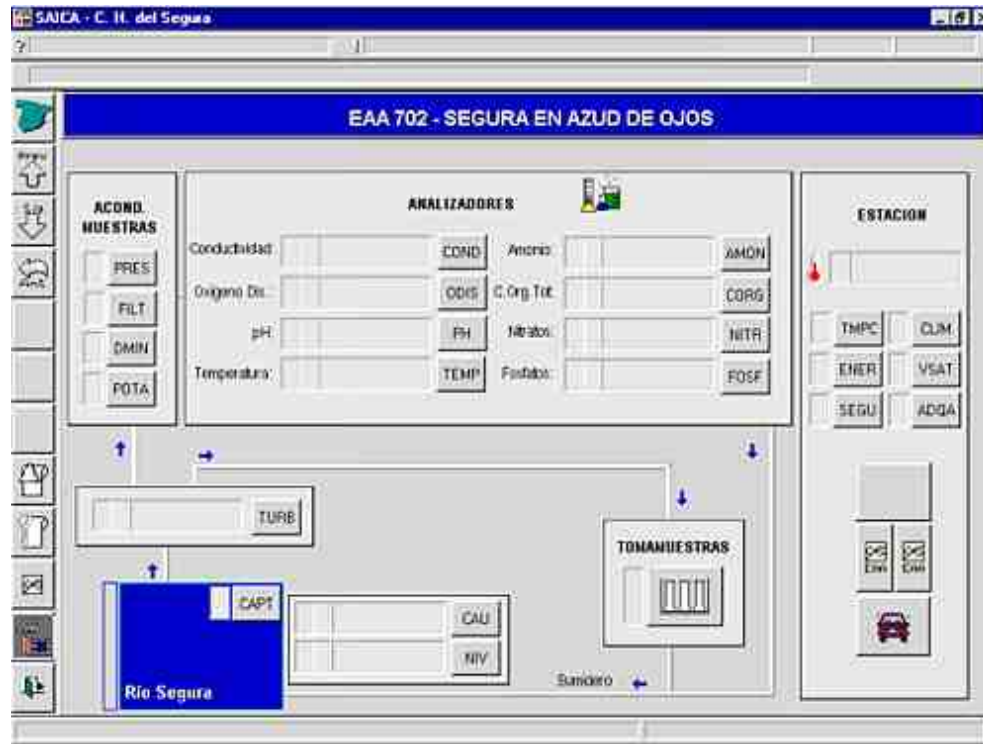
Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



EJEMPLO

RED SAICA

Confederación Hidrográfica del Segura



Pantalla de control de una estación SAICA



Las 8 EAA de la CHS

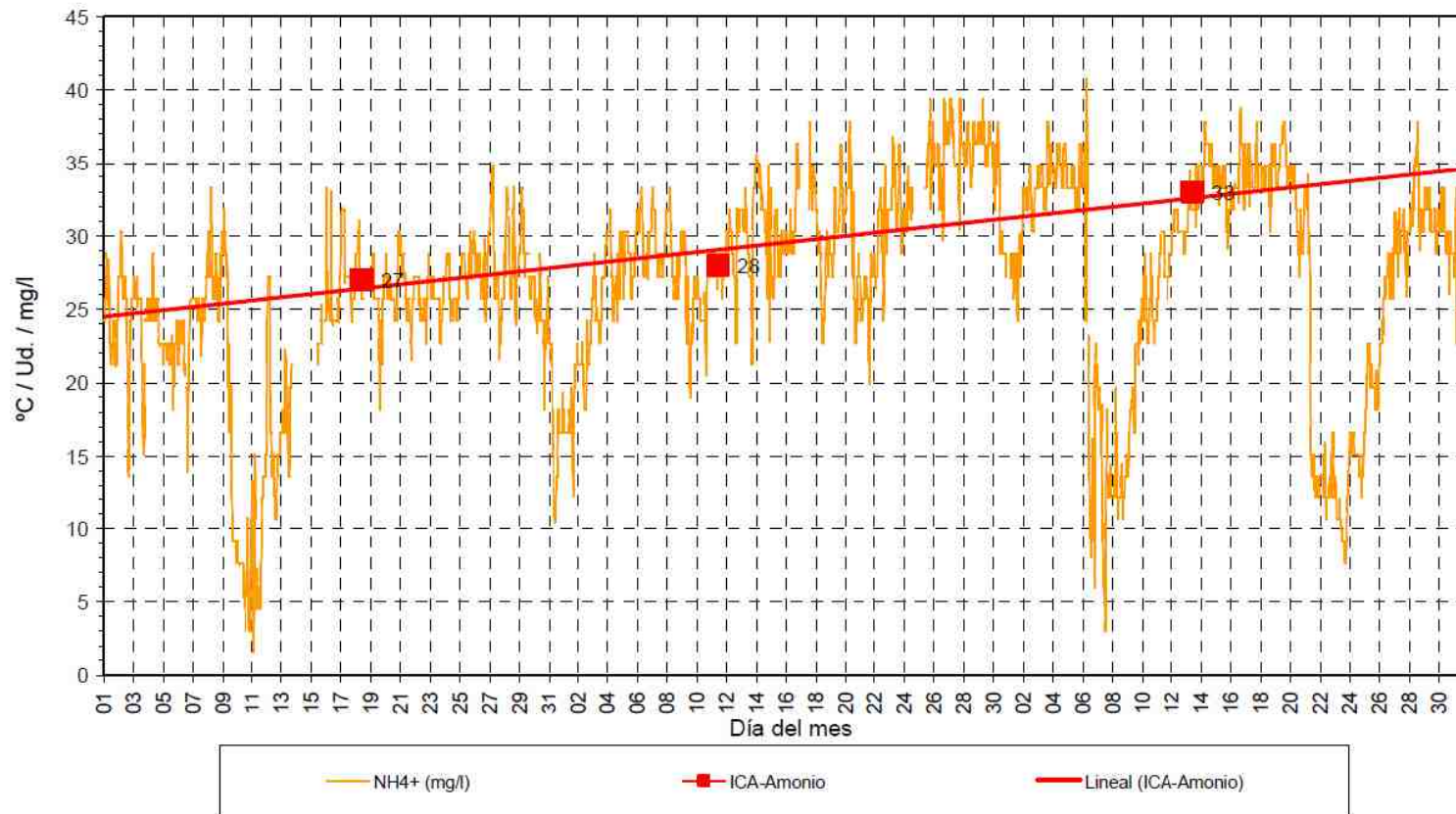


EJEMPLO

RED SAICA y RED ICA

Confederación Hidrográfica del Tago

Datos Estación 306-Manzanares en Rivas, Octubre-Diciembre-2010





Red de Seguimiento y control del Estado Químico ASubt

Al igual que la Red Oficial de Seguimiento y Control del Estado Cuantitativo (conocida como la red piezométrica), esta red inicia sus medidas en el año 1985.

En sus inicios era gestionada por el IGME y sólo medía parámetros básicos, cationes y aniones fundamentales, nitratos, nitritos, temperatura, pH, alcalinidad y potencial REDOX.

Actualmente, esta red ha sido modificada para adaptarse a los requerimientos de la Directiva Marco del Agua. Se ha ampliado el número de puntos (en la actualidad cerca de 4.500) y también el número de parámetros que se miden en cada punto.

Estos puntos son fundamentalmente sondeos en explotación, puntos de la red piezométrica y manantiales.

Cada Confederación (y más concretamente la Comisaría de Aguas) se encarga de la gestión y el mantenimiento de la red ubicada en su ámbito territorial.

En el *Visor Cartográfico del Sistema de Información de Recursos Subterráneos* se pueden consultar los datos de localización de puntos de la red de control por Demarcación Hidrográfica, Masa de Agua subterránea, provincia y municipio.



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

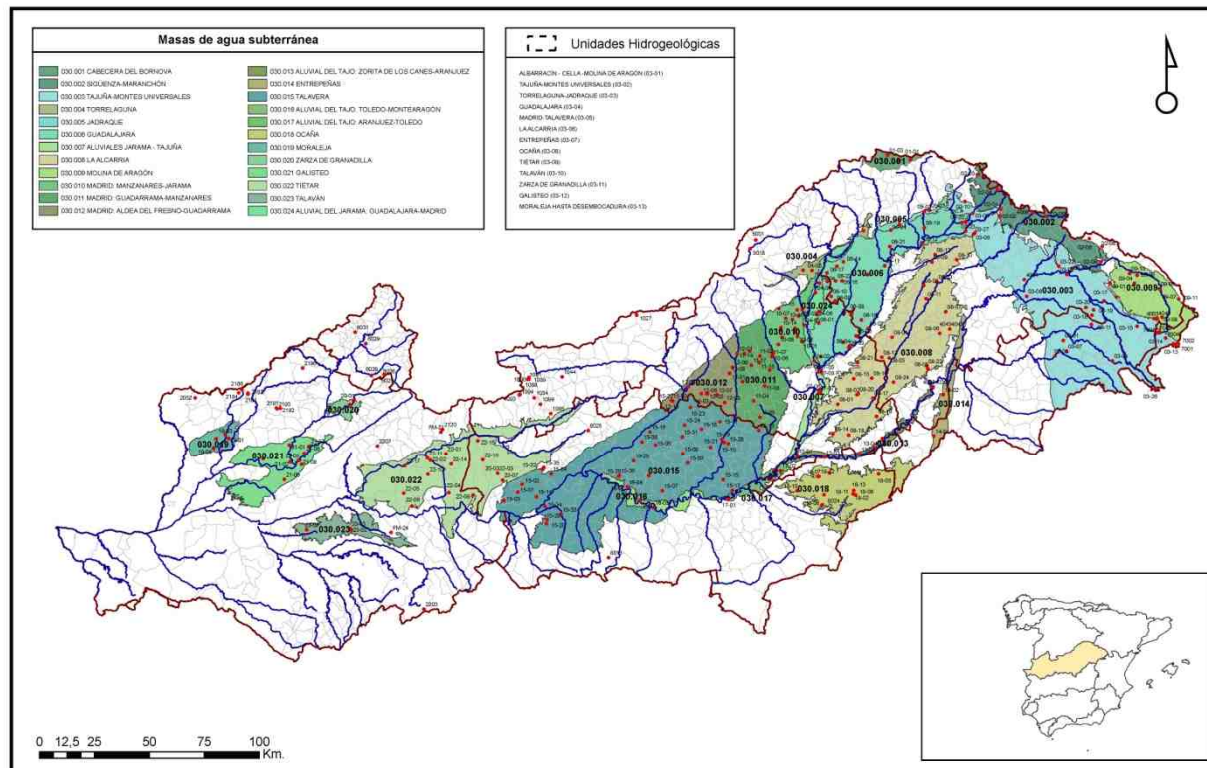
Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



EJEMPLO

RED CONTROL AGUAS SUBT

Confederación Hidrográfica del Tago



	Red de Control de Calidad de las Aguas Subterráneas	Nombre del Mapa:		
		Localización Estaciones de Control		
COMISARÍA DE AGUAS - ÁREA DE CALIDAD DE LAS AGUAS		Escala:	Fecha:	
		1:1.400.000	Abril 2013	



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



5. SISTEMAS Y PROGRAMAS DE INFORMACIÓN Y SEGUIMIENTO

El problema del agua en España se origina por la desigual distribución de las precipitaciones tanto en el espacio como en el tiempo, lo que reduce su disponibilidad; fruto de esa irregularidad han surgido los efectos asociados de sequías e inundaciones, cuyo control ha fomentado el desarrollo de importantes infraestructuras hidráulicas cuya seguridad es vital garantizar en situación de avenidas, así como, el de optimizar su explotación para reducir daños aguas abajo.

Además, el agua es un recurso natural imprescindible para la vida. La creciente presión sobre los recursos hídricos hace necesario una gestión racional de los ecosistemas que haga posible un uso sostenible respetuoso con el medio ambiente, controlando los diferentes parámetros de calidad de las aguas (MMA, 2009).





Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH)

De la mencionada configuración hidrológica de nuestro país, y tras las trágicas inundaciones en el levante y el norte español (principios años 80), nace la necesidad de implantar sistemas de información que permitan disponer de los datos hidrológico-hidráulicos en tiempo real, y prever, mediante modelos, el comportamiento futuro de las cuencas.

Los **Sistemas Automáticos de Información Hidrológica (SAIH)** de las CCHH surgen de un Programa de la Dirección General del Agua (DGA) del Ministerio de Medio Ambiente para su desarrollo en todas las cuencas intercomunitarias, iniciado en la del Júcar (1983) y actualmente en avanzado estado de ejecución.

El SAIH puede definirse como un Sistema de Información en tiempo real, basado en la captura, transmisión y procesado de los valores adoptados por las variables hidrometeorológicas e hidráulicas más significativas, en determinados puntos geográficos de las cuencas hidrográficas sensorizadas.

Proporciona información relativa a niveles y caudales circulantes por ríos, nivel y volumen embalsado en las presas, así como sus caudales desaguados, lluvia en numerosos puntos y los caudales detraídos por los principales usos del agua.



Los objetivos del SAIH son servir de sistema de información en tiempo real para:

- Gestión en avenidas → Minimización de daños por una mejor gestión de las infraestructuras hidráulicas y por un aumento en el plazo y en la garantía de los avisos a Protección Civil y a la Unidad Militar de Emergencia (UME), aumento de la información relativa a la seguridad de las presas (resguardos).
- Gestión de sequías → Facilita el seguimiento de la sequía y de las medidas tomadas, vigilancia de dotaciones y control de caudales en las tomas.
- Gestión de riegos → Vigilancia del cumplimiento de las dotaciones acordadas, modificación de los caudales por cambio de condiciones (por ejemplo un episodio de lluvia) y ahorro del recurso por una mejor gestión.
- Gestión de caudales ecológicos → Permite conocer el cumplimiento de los caudales ecológicos y anticipar posibles problemas.
- Gestión de la calidad del agua → Suministra los datos de caudal, elemento básico de la calidad.
- Gestión del conocimiento → Mejora el conocimiento de la cuenca que repercute en numerosas actividades de planificación y explotación.



Según un esquema general, el SAIH de cada cuenca hidrográfica CAPTA los datos por medio de distintos dispositivos sensorizados y los TRANSMITE a través de una red de comunicaciones, dentro de un sistema jerarquizado en diferentes niveles: puntos de control, puntos de concentración/explotación y centros de proceso.

Puntos de control



Puntos de concentración/explotación



Centros de proceso

Redes de comunicación





Puntos de control (PCtr) → Son las ubicaciones donde se instala el equipamiento necesario para adquirir los datos básicos a obtener, procesarlos, almacenarlos temporalmente y transmitirlos a sus Puntos de Concentración respectivos o directamente al Centro de Proceso de la cuenca.

Los diferentes puntos de control se clasifican mediante una letra, estando formados por diferentes sensores que recogen las principales variables:

- *Pluviómetros (P)*
- *Pluvionivómetro (N)*
- *Telenivómetros (T)*
- *Embalses (E)* → Niveles, posición de compuertas y válvulas, potencia turbinada
- *Ríos (A), canales (C) y conducciones (O)* → Niveles, caudales
- *Estaciones meteorológicas (L)* → T^a , humedad, radiación solar, evaporación, velocidad + dirección del viento, presión atmosférica
- *Pozos piezométricos (Z)*



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS



Tema 3. Evaluación de recursos hídricos

La red general de puntos de control del SAIH está integrada, a su vez, por otras dos subredes principales que responden a las necesidades de información que requieren los dos grandes objetivos del sistema:

- 1) Red de previsión y alarma ante avenidas
- 2) Red de gestión de los recursos hídricos.

Estas subredes no son independientes, en cuanto a los puntos de control que las conforman. Cuentan con elementos comunes, ya que un mismo punto puede proporcionar información para los dos objetivos mencionados (por ejemplo, las estaciones de aforo)





PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



TIPOLOGÍA DE PUNTOS	DEMARCAACIONES									
	Duero	Ebro	Guadalquivir	Guadiana	Júcar	Miño-Sil	Cantabrico	Segura	Tajo	Total
SUPERFICIE AFECTADA (KM2)	78.952	85.534	57.527	66.890	42.903	17.717	20.831	18.815	55.810	444.979
Aforo en canal	52	216	15		18			14	20	335
Aforo en Río	102	148	15	52	31	24	51	30	51	504
Calidad del agua		27								27
Central hidroeléctrica		31	2					14		47
Centros de Cuenca, de Zona, etc.		2						1		3
Conducciones				10			3			13
Embalse	29	63	67	45	32	28	21	31	47	363
Estación meteorológica aislada				70		7	8	2		87
Impulsión			15					4	11	30
Marco de control	16		28	35	24	16	42	30	7	198
Pluviometro aislado	25	15	34		57	11	14	44	44	244
Pluvionivometro aislado	59	38	6		28		7	6	18	162
Pozo piezométrico				10				5		15
Punto Medida	55	115	8							178
Punto sin Medida	8		3						27	38
PUNTOS DE CONTROL	346	655	193	222	190	86	146	181	225	2.244
Puntos de concentración		6			7			3		16
Repetidor		97		34	9					140
Telenivómetro	14	11					1	4	4	34
Otros		7						2		9
TOTAL PUNTOS MANTENIMIENTO	360	776	193	256	206	86	147	190	229	2.443

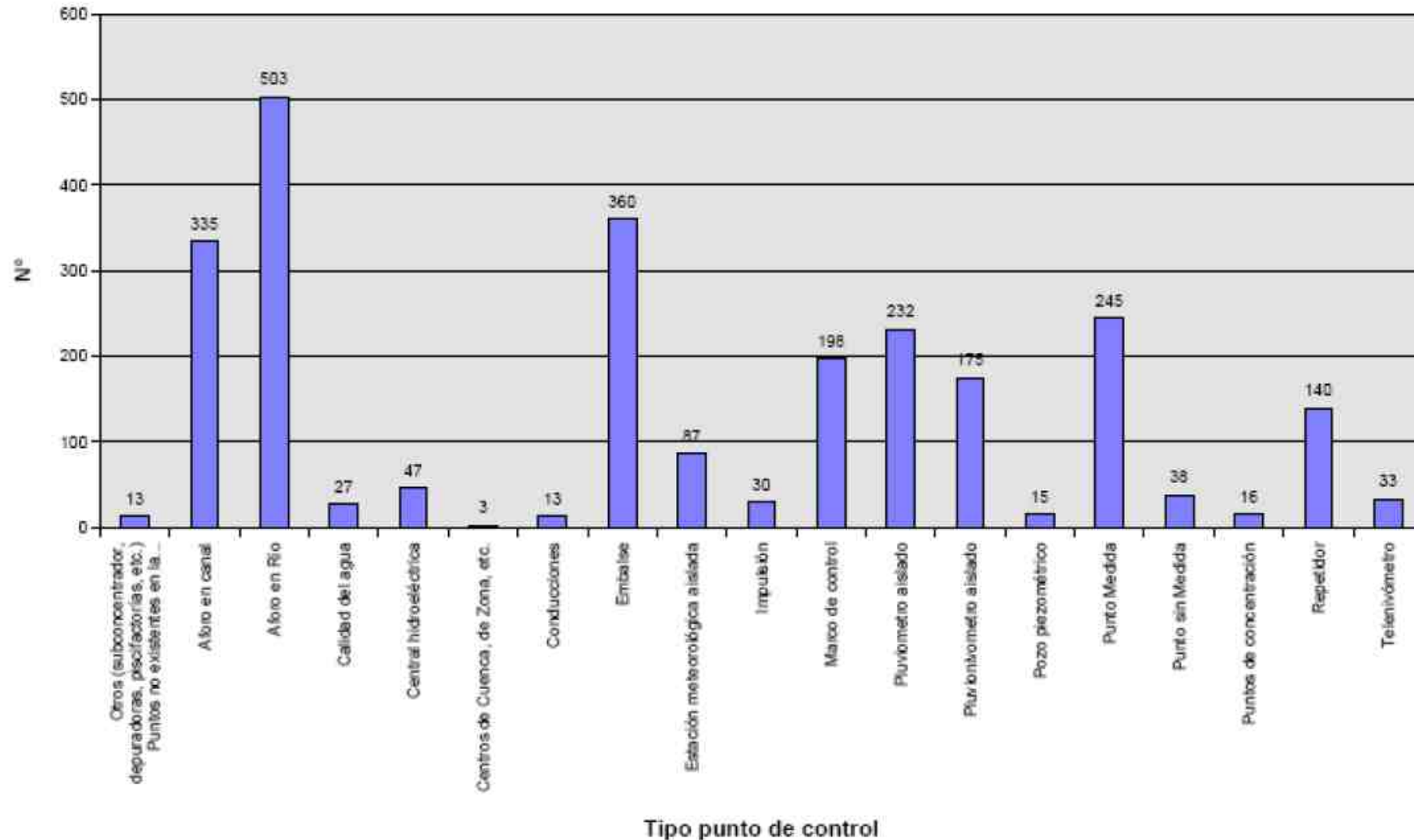


PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Puntos de control según tipología para el conjunto de la red SAIH





PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Puntos de concentración/explotación (PCon) → Los Puntos de Concentración son los que transmiten la información recibida desde sus Puntos de Control al Centro de Proceso de la cuenca y vinieron condicionados en un principio por las necesidades de diseño de la transmisión de datos vía radio terrestre.

La utilización de comunicaciones vía satélite ha supuesto una variación importante en este esquema, en el que los PCon pierden su sentido. En estos casos, se han reconvertido hacia los denominados Puntos de Explotación (PEx) o Centros de Zona (CZon) que, en definitiva, no son más que puestos internos que utilizan los datos que le son enviados desde el Centro de Proceso.





PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Centro de proceso (CPro) → Normalmente ubicado en las oficinas centrales de cada Confederación Hidrográfica es el lugar donde se:

- Recibe y archiva de modo automático todos los datos
- Se procesa la información con ayuda de modelos informáticos y sistemas expertos, de acuerdo con los requerimientos específicos de cada cuenca
- Presenta la información según las necesidades de los diferentes usuarios
- Difunde la información a usuarios internos y externos al organismo





Redes de telecomunicación → Las redes de telecomunicación son un factor clave en sistemas que, como el SAIH, pretenden interconectar puntos espacialmente dispersos, en tiempo real y de forma fiable en situaciones adversas. La consecución de los objetivos previstos requiere la adopción de un medio de transmisión que garantice un transporte adecuado y fiable de los datos de telecontrol que se manejan.

En los SAIH se han empleado numerosos medios de transmisión, pero el núcleo de los sistemas de comunicaciones se divide en los tipos siguientes:

- a) Sistemas de comunicaciones vía radio utilizando una red propietaria de estaciones repetidoras terrestres.

Los SAIH trabajan con dos redes de radio superpuestas: *red secundaria de datos* o de acceso (que une las estaciones de telecontrol con los PCon) y *red primaria* o de transporte (une PCon con el CPro de la cuenca).

- a) Sistemas de comunicaciones vía satélite utilizando terminales VSAT y un operador externo

Actualmente los sistemas han evolucionado hacia sistemas mixtos utilizando diferentes medios optimizando las redes y mejorando las prestaciones.



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



En el siguiente cuadro se indican los diferentes sistemas de comunicación empleados por las diferentes Confederaciones Hidrográficas:

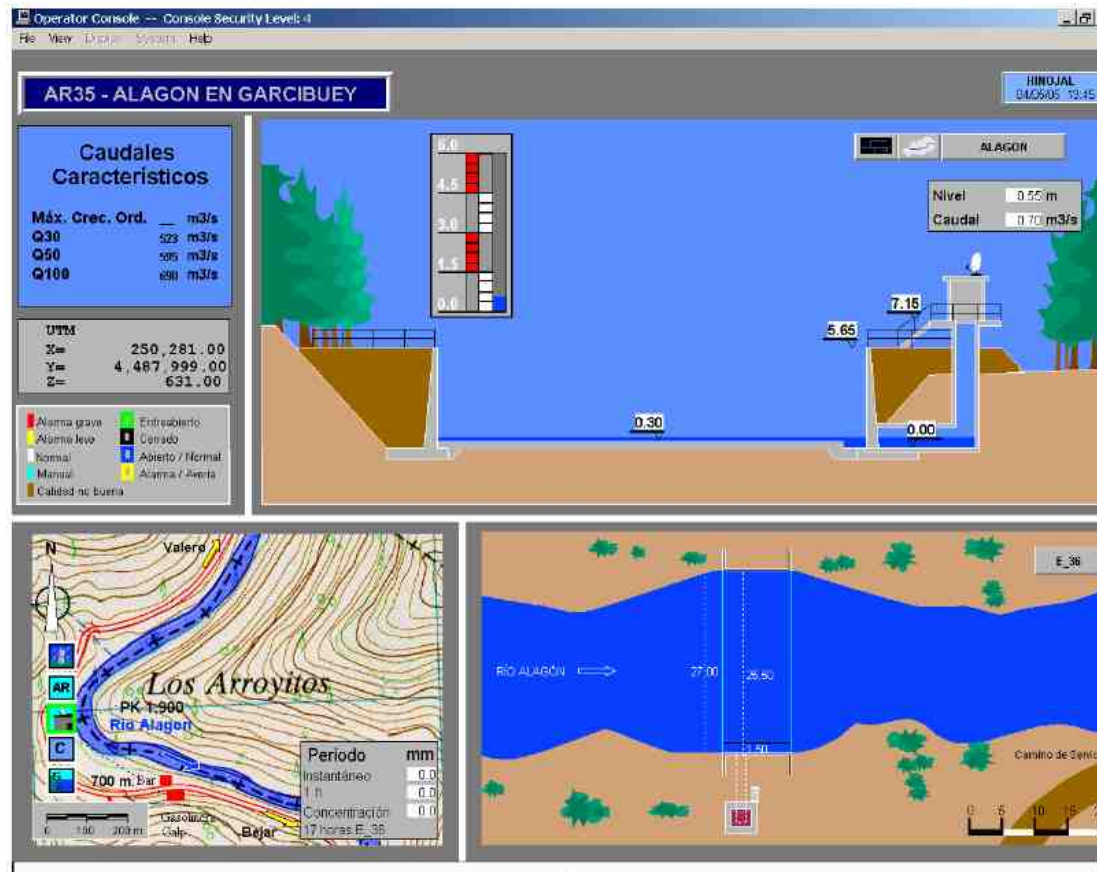
Confederación	Sistemas empleados
Júcar	En origen radio, actualmente, entre los PCon y el CPro se está sustituyendo por comunicación vía satélite (red VSAT)
Segura	Radio + Terminales VSAT
Ebro	Radio con sistemas multicanales digitales entre los PCon y el CPro y enlaces monocanales entre los PCtr y PCon
Guadalquivir	Satélite con terminales VSAT
Tajo	Satélite con terminales VSAT
Guadiana	Red de radio propia (TETRA)



EJEMPLO

SAIH TAJO

Río Alagón (Garcibuey, Salamanca)





PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

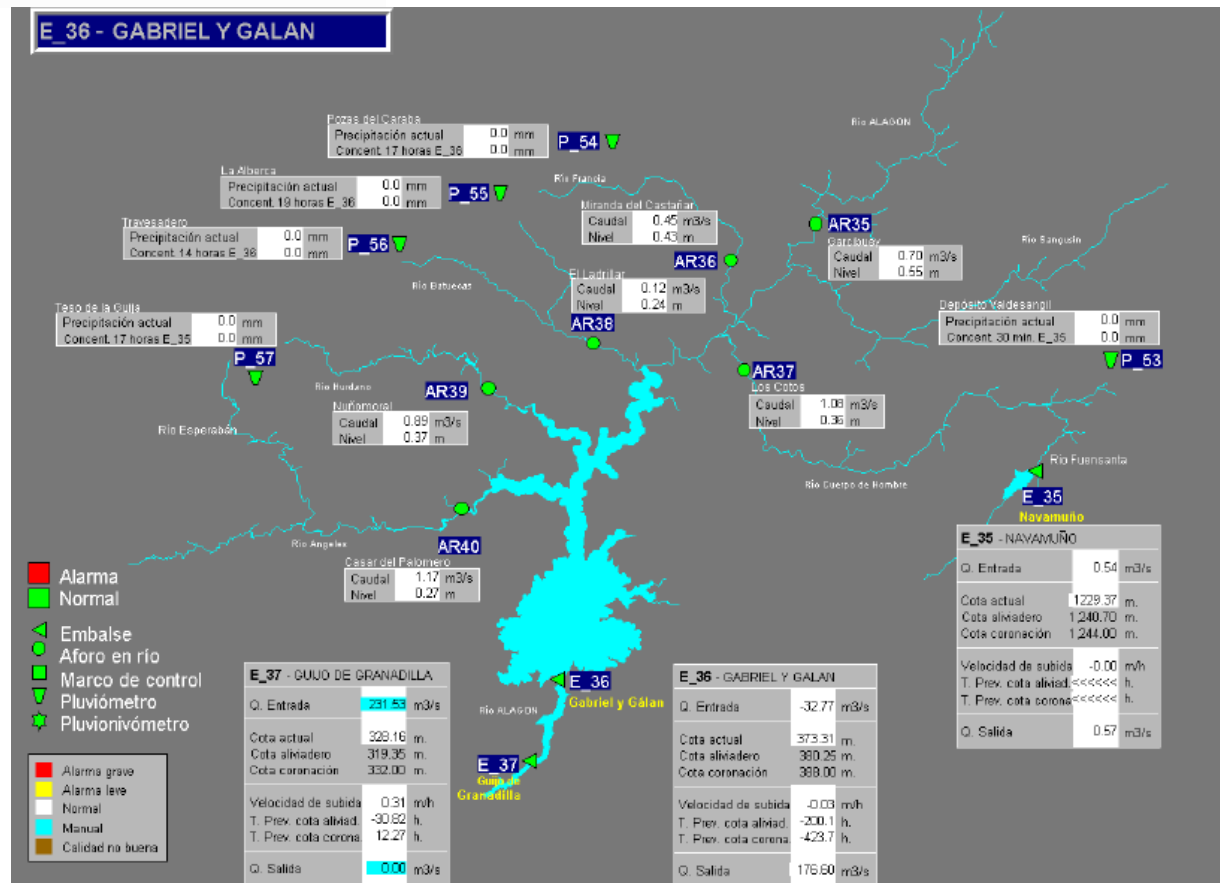
Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



EJEMPLO

SAIH TAJO

Embalse Gabriel y Galán (Cáceres)





PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS



Tema 3. Evaluación de recursos hídricos

Modelos integrados y SAD → En los SAIH se utiliza la integración de modelos de simulación para conseguir los objetivos fundamentales ya citados, pudiendo disponer de aplicaciones informáticas de carácter general (aplicables a todas las cuencas) y otras específicas de cada cuenca (habitualmente los modelos de gestión y explotación)

	JUCAR	SEGURA	TAJO	GUADALQUIVIR
MODELOS EN TIEMPO REAL	<ul style="list-style-type: none">• HEC-HMS• PLU, CREM, CRAF, EDIMACHI• MOCRE• Modelo Estadístico de Comportamiento Hidrológico de Cuencas• LAMINADOR• SAIDA (MOREA)	<ul style="list-style-type: none">• HEC-1• PLU, CREM, CRAF, EDIMACHI• SHYSKA• TOPKAPI	<ul style="list-style-type: none">• HEC-1• PLU, CREM, CRAF, EDIMACHI• Sacramento• HSPF• TETIS• ASTER	<ul style="list-style-type: none">• Alguna experiencia con EDIMACHI
MODELO DE EXPLOTACION	<ul style="list-style-type: none">• Aquatool	<ul style="list-style-type: none">• Aquatool	<ul style="list-style-type: none">• Aquatool	<ul style="list-style-type: none">• Ninguno
MODELOS HIDRAULICOS	<ul style="list-style-type: none">• HEC-RAS, MIKE 11, ETC.	<ul style="list-style-type: none">• PROC Segura	<ul style="list-style-type: none">• HEC-2	<ul style="list-style-type: none">• Ninguno



Los Sistemas de Ayuda a la Decisión (SAD) estiman la evolución de los parámetros más característicos de la cuenca partiendo de los datos del SAIH y de otros datos complementarios (previsiones meteorológicas, datos de nieve, etc.) permitiendo modelizar la respuesta hidrológica de una cuenca completa en tiempo real.

Los objetivos de los SAD son fundamentalmente:

- 1) Prever la evolución de los episodios
- 2) Establecer diferentes escenarios
- 3) Estimar lo que sucedería en cada uno de dichos escenarios
- 4) Establecer recomendaciones de operación en las infraestructuras hidráulicas

Por todas estas razones, los Sistemas de Ayuda a la Decisión (SAD) suponen una inestimable ayuda para los responsables de las Confederaciones Hidrográficas a la hora de tomar decisiones, especialmente en las situaciones más comprometidas.



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



EJEMPLO

SISTEMA DE AYUDA A LA DECISIÓN

Confederación Hidrográfica del Ebro

[Datos de entrada]

Para su funcionamiento, el Sistema de Ayuda a la Decisión incorpora, en tiempo real, la siguiente información:

- Previsiones meteorológicas (precipitación y temperatura) con un horizonte de 72 horas (Agencia Estatal de Meteorología).



• Datos observados en tiempo real en las estaciones (aforos, embalses, pluviómetros y termómetros) de la cuenca del Ebro (Sistema SAIH).



- Maniobras de explotación previstas, o que se desea simular, en el conjunto de embalses de la Cuenca (CHE).



[Simulador del sistema SAD]

El tratamiento de la información corre a cargo del simulador principal del SAD, que integra varios modelos matemáticos y herramientas informáticas dentro de un entorno GIS.



- 1.- **Modelos hidrológicos:** encargados de modelizar la fase terrestre del ciclo hidrológico del agua, incluida la fusión nival, convirtiendo la precipitación en escorrentía y calculando así los caudales generados en cada subcuenca:
 - Modelo NAM: modelo agrigado que calcula el caudal generado en 290 subcuencas donde la influencia de la nieve es medibaja.
 - Modelo ASTER: modelo distribuido encargado de calcular el caudal en 29 subcuencas donde la influencia de la nieve es alta.
- 2.- **Modelo hidráulico de propagación:** es el encargado de la transmisión por los distintos cauces (aproximadamente 5.000 km de nos modelizados) de los caudales obtenidos en las 319 subcuencas anteriores. Se utilizan diferentes combinaciones de los modelos MIKE11 y Muskingum en función de si lo que se requiere en una simulación concreta es precisión ó rapidez.
- 3.- **Módulo de gestión de presas:** simula tanto el funcionamiento de los 41 embalses principales, como el efecto que tienen las maniobras de explotación sobre los cauces situados aguas abajo.

[Datos de salida]

Diariamente los técnicos del SAD incorporan los datos de entrada y ejecutan los modelos para obtener las previsiones hidrológicas correspondientes a las 72 horas siguientes. Como resultados de salida del Sistema de Ayuda a la Decisión se obtienen:



- Los **caudales** previstos en los distintos cauces, tanto en estaciones de aforo como en otros puntos de interés.
- Las **maniobras de explotación** más adecuadas para cada embalse y su variación de volumen.
- Los **volumenes de agua** almacenada en los distintos depósitos modelizados (sualo, subauelo, reserva nival...) que se utilizan a su vez como condiciones iniciales para la siguiente modelización, constituyendo un sistema que funciona en continuo.

Los resultados obtenidos se publican diariamente en Internet en la página web www.chebro.es dentro del enlace al SAIH Ebro.





Programas de seguimiento del estado de las aguas superficiales

Objetivos

El principal objetivo de los programas de seguimiento es ofrecer una visión clara del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y la influencia de las actividades antropogénicas sobre ellas.

La información obtenida mediante estos programas permite la conexión entre el estado de las aguas y las necesidades de gestión, así como para evaluar la efectividad de las medidas adoptadas por los gestores y el grado de cumplimiento de los objetivos marcados.

Para ello, se precisa de herramientas que faciliten la labor de análisis y gestión, homogeneizando y explotando los resultados obtenidos mediante:

- Parametrización de los elementos de calidad biológico
- Documentación de protocolos de muestreo y de cálculo de métricas para la evaluación del estado ecológico en las masas de agua superficiales
- Definición de procedimientos específicos que deben cumplir las entidades colaboradoras con la administración hidráulica.



La importancia que adquieren los programas de seguimiento del estado de las aguas es cada vez mayor debido a la necesidad de contar con información de calidad para gestionar eficazmente un recurso escaso y poder satisfacer los requerimientos legales sobre la materia (derivados de la implantación de la Directiva Marco de Aguas), cada vez más exigentes.

Los programas de seguimiento pueden diferenciarse en función del tipo de control que establezcan:

- 1) Control de vigilancia → Tiene como objetivo principal obtener una visión general y completa del estado de las masas de agua superficiales de la cuenca o subcuenca.

Debe permitir evaluar los cambios o tendencias a largo plazo debidos a cambios en las condiciones naturales o al resultado de una actividad antropogénica muy extendida.

El control de vigilancia se lleva a cabo en cada punto de control durante al menos un año dentro del período que abarca el plan hidrológico de cuenca e incluye el seguimiento de parámetros representativos de los elementos de calidad biológicos, hidromorfológicos y fisicoquímicos, así como de los contaminantes que se descargan en la cuenca.



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



NÚMERO DE ESTACIONES DEL PROGRAMA DE CONTROL DE VIGILANCIA			
Demarcación / Distrito Hidrográfico	Ríos	Lagos	Embalses
MIÑO-SIL	75	0	7
GALICIA-COSTA	52	5	10
CUENCAS INTERNAS PAÍS VASCO	42	0	0
CANTÁBRICO ORIENTAL	34	3	2
CANTÁBRICO OCCIDENTAL	158	3	7
DUERO	211	12	46
TAJO	276	4	82
GUADIANA	86	21	37
GUADALQUIVIR	122	0	51
CUENCAS MEDITERRÁNEAS DE ANDALUCÍA	31	3	9
CUENCAS DEL GUADALETE Y BARBATE	23	8	7
CUENCAS DEL TINTO, ODIEL Y PIEDRAS	23	5	8
SEGURA	42	3	18
JÚCAR	128	15	21
EBRO	614	87	116
CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA	284	0	13
ISLAS BALEARES	-	-	-
TOTAL	2.201	169	434



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Puntos del programa de control de vigilancia en ríos (MAGRAMA, 2011)



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Puntos del programa de control de vigilancia en lagos y embalses (MAGRAMA, 2011)



2) Control operativo → Tiene como objetivos determinar y clasificar el estado de las masas de agua en riesgo de no cumplir los objetivos medioambientales y evaluar los cambios que se produzcan en el estado de dichas masas como resultado de los programas de medidas.

Además de los indicados, otro objetivo del programa de Control Operativo es la obtención de información para el diseño eficiente y efectivo de futuros programas de control.

Para evaluar el impacto de las presiones a las que las masas de agua se encuentran sometidas, se controlan, según proceda:

- Los parámetros correspondientes al indicador o indicadores de calidad biológicos más sensibles a las presiones a las que estén sometidas las masas de agua.
- Todas las sustancias prioritarias vertidas y los demás contaminantes vertidos en cantidades importantes.
- Los parámetros correspondientes al indicador de calidad hidromorfológico más sensible a la presión detectada.



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



NÚMERO DE ESTACIONES DEL PROGRAMA DE CONTROL OPERATIVO			
Demarcación / Distrito Hidrográfico	Ríos	Lagos	Embalses
MIÑO-SIL	72	0	21
GALICIA-COSTA	10	0	0
CUENCAS INTERNAS PAÍS VASCO	24	0	0
CANTÁBRICO ORIENTAL	30	0	1
CANTÁBRICO OCCIDENTAL	67	4	2
DUERO	223	4	39
TAJO	124	0	51
GUADIANA	178	18	43
GUADALQUIVIR	108	0	17
CUENCAS MEDITERRÁNEAS DE ANDALUCÍA	69	3	13
CUENCAS DEL GUADALETE Y BARBATE	46	0	7
CUENCAS DEL TINTO, ODIEL Y PIEDRAS	24	1	5
SEGURA	82	3	12
JÚCAR	123	16	19
EBRO	478	39	66
CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA	102	0	0
ISLAS BALEARES	-	-	-
TOTAL	1.760	88	296



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Puntos del programa de control operativo en ríos (MAGRAMA, 2011)



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Puntos del programa de control operativo en lagos y embalses (MAGRAMA, 2011)



3) Control de investigación → Se establecerá para casos específicos en los que se den alguno de los siguientes casos (aunque no es obligatorio):

- Cuando se desconozcan las causas de la superación de los límites establecidos.
- Cuando el control de vigilancia indique la improbabilidad de que se alcancen los objetivos establecidos y no se haya puesto en marcha aún el control operativo, a fin de determinar las causas.
- Para determinar la magnitud y los impactos de una contaminación accidental, estableciendo un programa de medidas.

Los resultados de este tipo de control se utilizan como apoyo para el establecimiento de los programas de medidas necesarios para que las masas de agua alcancen el buen estado y para la puesta en marcha de medidas específicas para remediar posibles casos accidentales de contaminación.

Debido a que las estaciones de la actual red SAICA podrían cumplir con los requerimientos del control de investigación, se están adaptando los objetivos de cada estación de control existente a las nuevas obligaciones impuestas por la DMA.



4) Control de zonas protegidas → El control de zonas protegidas se centra en las masas de agua superficial correspondientes a puntos de extracción de agua potable proporcionen un promedio de más de 100 metros cúbicos diarios.

En estas masas de agua se efectúa el seguimiento de todas las sustancias prioritarias vertidas en la masa de agua, las vertidas en cantidades significativas y que puedan afectar al estado de la masa de agua.

Población abastecida (habitantes)	Periodicidad
< 10.000	4 veces al año
10.000 a 30.000	8 veces al año
>30.000	12 veces al año

Los resultados del Programa de Control de Zonas Protegidas se revisarán y emplearán para la protección de las masas de agua superficial utilizadas para la captación de agua potable de consumo humano, con el fin de evitar el deterioro de su calidad y contribuir a la reducción del nivel de tratamiento de potabilización necesario para la producción de agua potable.



5) Otras redes → Para satisfacer las necesidades de control y envío de información a diferentes organismos internacionales, son necesarios controles adicionales de la calidad de las aguas que por su naturaleza no han sido integrados en los programas de seguimiento impuestos por la Directiva Marco.

Dentro de estos controles se incluyen las siguientes redes que históricamente han sido explotadas por las Confederaciones Hidrográficas:

- *Red de control de abastecimientos* → Control de las masas de aguas destinadas a la producción de agua potable (A1, A2 y A3)
- *Red de control de la calidad de la vida piscícola* → Tiene por objeto vigilar la calidad de las aguas en los tramos en los que viven o podrían vivir especies autóctonas o cuya presencia se considera deseable mediante el control de diferentes parámetros (T^a , oxígeno disuelto, pH, DBO_5 ...)
- *Red de control de zonas de baño* (a cargo del M^o de Sanidad y Consumo)
- *Red de control de nitratos* → Implantada en todas las DDHH, controla las aguas afectadas por nitratos de origen agrario (y aquellas que se considera que pudieran estarlo en un futuro) así como el grado de eutrofización de las masas de agua superficiales.



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Puntos del programa de control de abastecimientos (MAGRAMA, 2011)



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Distribución de los tramos piscícolas (salmonícolas y ciprinícolas) (MAGRAMA, 2011)



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos

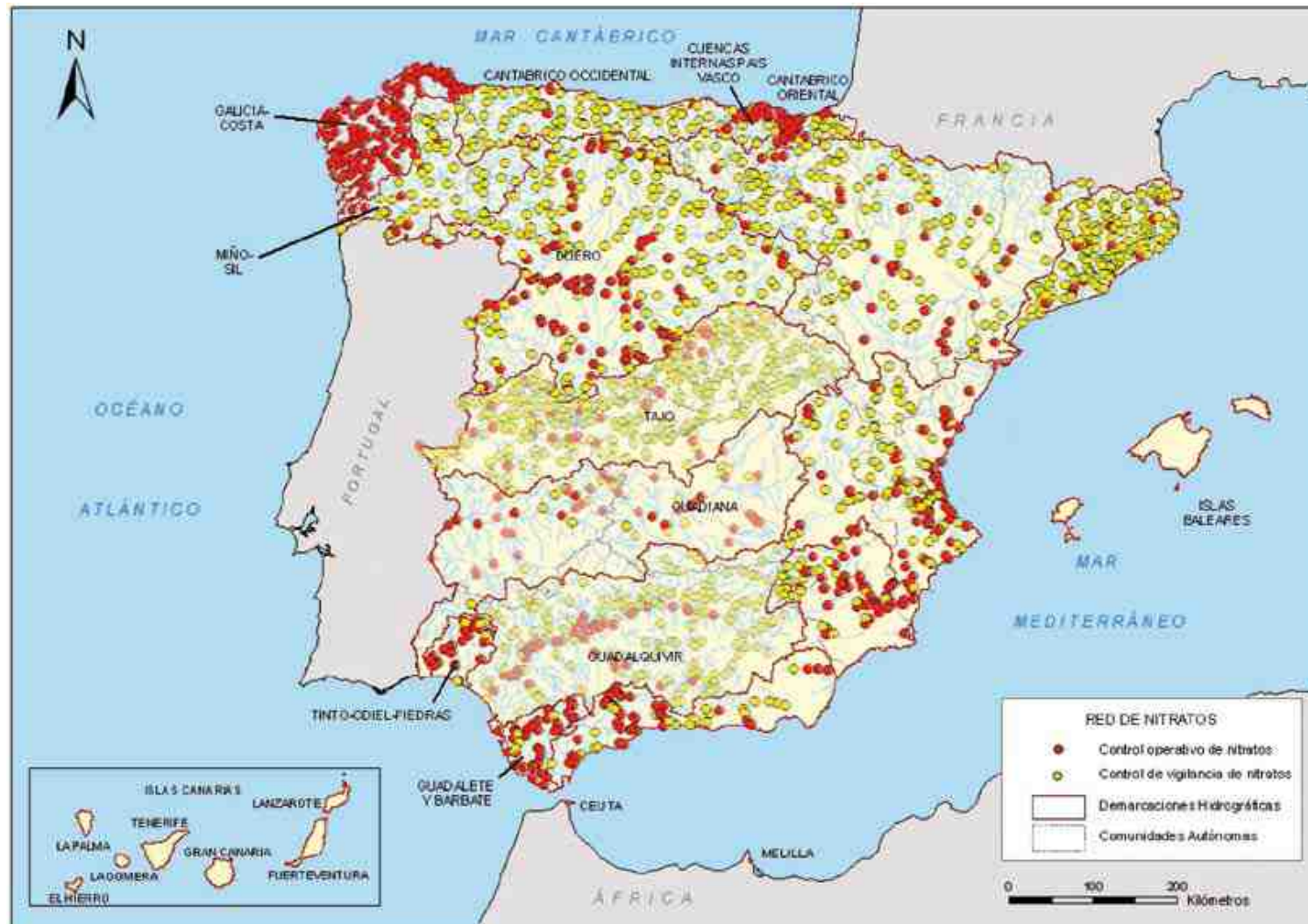


Puntos del programa de control de las aguas de baño (MAGRAMA, 2011)



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



Puntos del programa de control de nitratos (MAGRAMA, 2011)



Programas de seguimiento del estado de las aguas sub

La Red de Seguimiento y Control del Estado Químico de Aguas Subterráneas ha sido adaptada a dos programas básicos de control (normativa europea):

1) Control de vigilancia → Se efectúa en todas las masas de agua subterránea, con objeto de complementar y validar el procedimiento de evaluación del impacto, así como facilitar información para la evaluación de las tendencias prolongadas como consecuencia de modificaciones de las condiciones naturales y de la actividad antropogénica.

Los parámetros básicos objeto de control (Directiva 2000/60/CE) son los siguientes: oxígeno disuelto, pH, conductividad, nitratos y nitritos.

Esta relación se ha ampliado en el programa para incluir otros parámetros, que figuran en la tabla:

▾ Iones mayoritarios	▾ Parámetros adicionales	▾ Metales
Cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, calcio, magnesio, sodio, potasio, sílice.	Nitratos, nitritos, amonio, DQO, cianuros totales, fluoruros.	Hierro, manganeso, arsénico, mercurio, cadmio, cromo, cobre, plomo, cinc, níquel, berilio, cobalto, selenio, vanadio, bario.



2) Control operativo → Este control debe efectuarse para las masas de agua subterránea identificadas en riesgo de no alcanzar el buen estado químico en 2015, en los períodos comprendidos entre los programas de control de vigilancia y con una frecuencia suficiente.

El control operativo se realiza para detectar las repercusiones de los factores de presión pertinentes.

El objetivo de este control operativo es:

- Determinar el estado químico de todas las masas o grupos de masas de agua subterráneas respecto de las cuales se haya establecido riesgo
- Detectar la presencia de tendencias significativas y prolongadas al aumento de la concentración de cualquier contaminante.

Los parámetros a analizar en el control operativo incluyen aquellos contaminantes cuya presencia ha ocasionado que la masa de agua subterránea se haya declarado en riesgo y, más concretamente, los reseñados en el Anexo V 2.3 de la Directiva 2000/60/CE y en los artículos 3 y 4 de la Directiva 2006/118/CE.



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

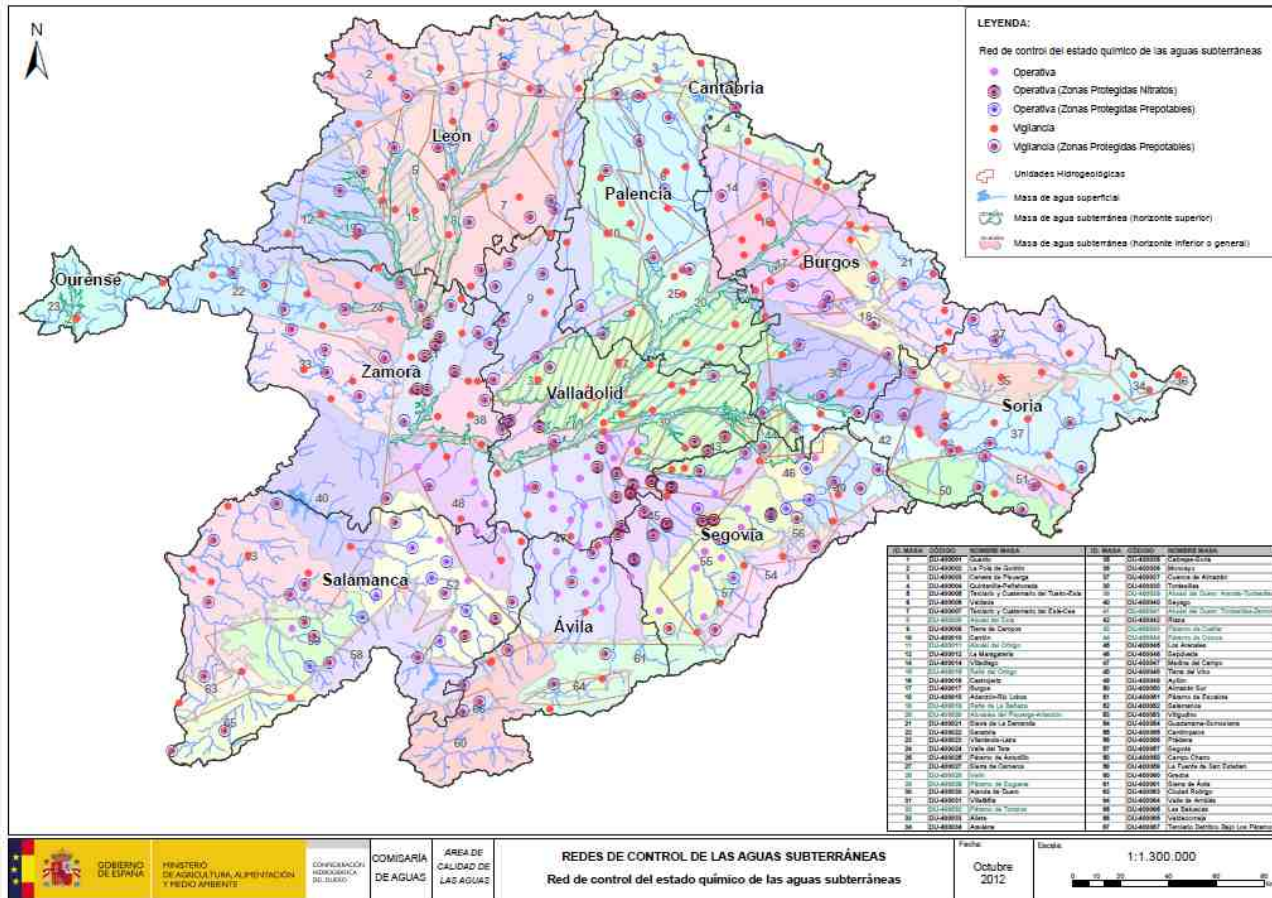
Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



EJEMPLO

RED DE CONTROL AGUAS SUBT

Confederación Hidrográfica del Duero





6. BIBLIOGRAFÍA

HELWEG, O. J. *Recursos hidráulicos. Planeación y administración*. México: Editorial Limusa, 2000. 407 p. ISBN: 9789681842239

MIMAM. *Libro Blanco del Agua*. Madrid: Centro de publicaciones. Ministerio de Medio Ambiente, 2000. 637 p. ISBN: 84-8320-128-3. Página 88

SOLÍS, C. *Los Caminos del Agua. El Origen de las Fuentes y los Ríos*. Madrid: Biblioteca Mondadori, 1990. 228 p. ISBN: 9788439716501

Enlaces relacionados

Planificación hidrológica. MAGRAMA, 2014. Disponible en: <<http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planificacion-hidrologica/>>. [Consulta: 20 de marzo de 2015]

Actividades del Ministerio durante 2011. MAGRAMA, 2011. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/ii.e._agua_tcm7-213209.pdf>. [Consulta: 19 de abril de 2015]



REFERENCIAS DE IMÁGENES

DIAPOSITIVA PORTADA

[Imagen tomada de] *Gama. Engenharia e recursos hídricos* [en línea]. Disponible en: <<http://gamaengenharia.com.br/wp-content/uploads/2012/07/PAISAGEM-05.jpg>>. [Consulta: 31 de marzo de 2015]

DIAPOSITIVA página 3

“Lake Catherine” [Imagen tomada de] “Lake Hamilton and Lake Catherine”. *Wikipedia, la enciclopedia libre* [en línea]. 1 de noviembre de 2014. Disponible en: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7b/Lake_Catherine_AR-kmf.JPG>. [Consulta: 1 de abril de 2015]

DIAPOSITIVA página 9

“Evolución del número de estaciones meteorológicas en España durante el siglo XX”. En: MIMAM. *Libro Blanco del Agua*. Madrid: Centro de publicaciones. Ministerio de Medio Ambiente, 2000. 637 p. ISBN: 84-8320-128-3. Página 88

DIAPOSITIVA página 11

[Imagen tomada de] *Meteogalicia* [en línea]. Disponible en: <http://www.meteogalicia.es/datosred/infoweb/meteo/imagenes/logos/Logo_MeteoGalicia_reducido.png>. [Consulta: 2 de abril de 2015]

[Imagen tomada de] *Euskalmet* [en línea]. Disponible en: <http://www.irekia.euskadi.eus/uploads/cover_photos/6291/original/Euskalmet.jpg?1306783369>. [Consulta: 2 de abril de 2015]



DIPOSITIVA página 12

“Max Min Thermometer” [Imagen tomada de] “Six's thermometer”. *Wikipedia, la enciclopedia libre* [en línea]. 11 de marzo de 2015. Disponible en: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/46/Max_Min_Thermometer.JPG>. [Consulta: 2 de abril de 2015]

[Imagen tomada de] “Cazatormentas” [foro] *Nuestros aparatos de meteo* [en línea]. 1 de enero de 2008. Disponible en: <http://i34.photobucket.com/albums/d105/LuisArce/METEOROLOGIA/540_4057.jpg>. [Consulta: 2 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 13

“Número de estaciones en funcionamiento de la red secundaria desde 1900” [Imagen tomada de] RODRÍGUEZ BALLESTEROS, C. (2009) “Las estaciones termopluviométricas de la red climatológica de AEMET”. *Divulgameteo*, 2009 [en línea]. Disponible en: <<http://www.divulgameteo.es/uploads/Estaciones-termopluvio.pdf>>. [Consulta: 2 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 15

[Imágenes tomadas de] *Hidrometría y elaboración de anuarios de aforos de los ríos españoles*. CEH-CEDEX [en línea]. Disponible en: <<http://hercules.cedex.es/Hidrologia/pub/proyectos/AnuariosAforos.htm>>. [Consulta: 31 de marzo de 2015]

DIPOSITIVA página 16

“Evolución desde 1910 del número de estaciones de aforo en los ríos”. En: MIMAM. *Libro Blanco del Agua*. Madrid: Centro de publicaciones. Ministerio de Medio Ambiente, 2000. 637 p. ISBN: 84-8320-128-3. Página 91



DIPOSITIVA página 17

“Número de estaciones activas de la ROEA en 2013” [Imagen tomada de] RUIZ LÓPEZ, E. (2014) “Integración de redes de medida hidrológicas”. *IAHR* [en línea]. Disponible en: <http://www.iahr.org/uploadedfiles/userfiles/files/20141004_Integracin%20de%20las%20redes%20de%20medidas%20hidrolgicas%20de%20la%20Direccin%20General%20del%20Agua_v2-1.pdf>. [Consulta: 16 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 19

“Estaciones de aforo” [Imagen tomada de] RUIZ LÓPEZ, E. (2014) “Integración de redes de medida hidrológicas”. *IAHR* [en línea]. Disponible en: <http://www.iahr.org/uploadedfiles/userfiles/files/20141004_Integracin%20de%20las%20redes%20de%20medidas%20hidrolgicas%20de%20la%20Direccin%20General%20del%20Agua_v2-1.pdf>. [Consulta: 16 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 20

[Imagen tomada de] “¿Qué es una estación de aforos?”. *Información hidrológica. Diputación foral de Guipuzkoa* [en línea]. Disponible en: <http://www4.gipuzkoa.net/oohh/web/images/04_005g.jpg>. [Consulta: 12 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 21

“Estación de aforos El Gallego el día 18-01-2011” [Imagen tomada de] “Evolución embalse de la Fuensanta año hidrológico 2012/2013” [foro] *Foros del agua en embalses.net* [en línea]. 11 de marzo de 2013. Disponible en: <<http://imageshack.com/f/np20110118riosegurapuntej>>. [Consulta: 10 de abril de 2015]



DIAPPOSITIVA página 22

“Río Lena en Vega del Rey, febrero de 2012” [Imagen tomada de] PASTOR ARGÜELLO, F. (2014) “Sistemas de información y seguimiento hidrometeorológico”. *Protección Civil* [en línea]. Disponible en: <<http://www.proteccioncivil.org/catalogo/naturales/jornadaRiesgoInundaciones2014/presentaciones/p502.pdf>>. [Consulta: 3 de abril de 2015]

DIAPPOSITIVA página 23

[Imagen tomada de] “La triste historia de dos extintos glaciares de los Pirineos: Neouvielle y Alba”. *Observatorio de ciberpolítica* [en línea]. 13 de octubre de 2011. Disponible en: <<http://www.joserodriguez.info/bloc/wp-content/themes/mimbo2.2/images//P1010706.jpg>>. [Consulta: 5 de abril de 2015]

DIAPPOSITIVA página 24

“Evolución del agua acumulada en forma de nieve para las cuencas del Pirineo modelizadas con ASTER” [Imagen tomada de] COBOS CAMPOS, G. et al. (2006) “Gestión y previsión de los recursos hídricos almacenados en forma de nieve en las cordilleras españolas”. *Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos* [en línea]. Disponible en: <http://www.ciccp.es/biblio_digital/lcitema_III/congreso/pdf/040206.pdf>. [Consulta: 3 de abril de 2015]

DIAPPOSITIVA página 25

“Área del territorio español donde se estudian los recursos hídricos procedentes de la acumulación nival. Programa ERHIN” [Imagen tomada de] COBOS CAMPOS, G. et al. (2006) “Gestión y previsión de los recursos hídricos almacenados en forma de nieve en las cordilleras españolas”. *Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos* [en línea]. Disponible en: <http://www.ciccp.es/biblio_digital/lcitema_III/congreso/pdf/040206.pdf>. [Consulta: 3 de abril de 2015]



DIPOSITIVA página 27

[Imagen tomada de] PASTOR ARGÜELLO, F. (2012) “Evaluación de los Recursos Hídricos procedentes de la innivación. Programa EHRIN”. *MAGRAMA* [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/programa_erhin_07_06_12_tcm7-211558.pdf>. [Consulta: 3 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 28

“Instalación de una pértiga en la Cordillera Cantábrica” [Imagen tomada de] COBOS CAMPOS, G. et al. (2006) “Gestión y previsión de los recursos hídricos almacenados en forma de nieve en las cordilleras españolas”. *Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos* [en línea]. Disponible en: <http://www.ciccp.es/biblio_digital/lcitema_III/congreso/pdf/040206.pdf>. [Consulta: 3 de abril de 2015]

[Imagen tomada de] PASTOR ARGÜELLO, F. (2012) “Evaluación de los Recursos Hídricos procedentes de la innivación. Programa EHRIN”. *MAGRAMA* [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/programa_erhin_07_06_12_tcm7-211558.pdf>. [Consulta: 3 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 29

“*Telenivómetros en Lozoya (Tajo)*” [Imagen tomada de] ARENILLAS PARRA, M. et al. 2008 “Datos sobre la nieve y los glaciares en las cordilleras españolas. Programa EHRIN (1984-2008)”. *Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino* [en línea]. Disponible en: <<http://www.pnuma.org/agua-miaac/CODIA%20IBEROAMERICANO%20DE%20GLACIOLOGIA/MATERIAL%20ADICIONAL/PONENCIAS/PONENTES/Tema%2010%20Mediciones%20meteorologicas%20y%20aludes/Libro%20de%20las%20Nieves-web.pdf>>. [Consulta: 3 de abril de 2015]



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



DIAPPOSITIVA página 30

[Imagen tomada de] PASTOR ARGÜELLO, F. (2012) “Evaluación de los Recursos Hídricos procedentes de la innivación. Programa EHRIN”. *MAGRAMA* [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/programa_erhin_07_06_12_tcm7-211558.pdf>. [Consulta: 3 de abril de 2015]

“Telenivómetro instalado en el Sistema Central” [Imagen tomada de] COBOS CAMPOS, G. et al. (2006) “Gestión y previsión de los recursos hídricos almacenados en forma de nieve en las cordilleras españolas”. *Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos* [en línea]. Disponible en: <http://www.ciccp.es/biblio_digital/lcitema_III/congreso/pdf/040206.pdf>. [Consulta: 3 de abril de 2015]

DIAPPOSITIVA página 31

[Imagen tomada de] PASTOR ARGÜELLO, F. (2012) “Evaluación de los Recursos Hídricos procedentes de la innivación. Programa EHRIN”. *MAGRAMA* [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/programa_erhin_07_06_12_tcm7-211558.pdf>. [Consulta: 3 de abril de 2015]

DIAPPOSITIVA página 32

[Imagen tomada de] “Red de pértigas y telenivómetros”. *MAGRAMA* [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/Red_de_p%C3%A9rtigas_y_teleniv%C3%B3metros_tcm7-182335.pdf>. [Consulta: 8 de abril de 2015]



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Tema 3. Evaluación de recursos hídricos



DIAPPOSITIVA página 34

“Evolución de datos piezométricos en la cuenca del Segura”. En: MIMAM. *Libro Blanco del Agua*. Madrid: Centro de publicaciones. Ministerio de Medio Ambiente, 2000. 637 p. ISBN: 84-8320-128-3. Página 95

DIAPPOSITIVA página 37

“Localización de los puntos de control de piezometría inventariados en el sistema Geshidro” [Imagen tomada de] *Mapa piezométrico general de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Memoria* [en línea]. Disponible en: <http://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan-Hidrologico-cuenca-2009-2015/Memoria_mapa_piezometria_web.pdf>. [Consulta: 4 de abril de 2015]

“Red hidrométrica de afluentes en fuentes y manantiales” [Imagen tomada de] *Mapa piezométrico general de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Memoria* [en línea]. Disponible en: <http://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan-Hidrologico-cuenca-2009-2015/Memoria_mapa_piezometria_web.pdf>. [Consulta: 4 de abril de 2015]

DIAPPOSITIVA página 38

“Descenso y recuperación en el acuífero de Don Gonzalo-La Umbría (La Paca). Piezómetro 2537-50006” [Imagen tomada de] *“Las aguas subterráneas”. Atlas de Murcia* [en línea]. Disponible en: <http://www.atlasdemurcia.com/contenido/Capitulo%20II/Las%20aguas%20subterранеas_Dir/Las%20aguas%20subterранеas_Picture17.jpg>. [Consulta: 4 de abril de 2015]



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS



Tema 3. Evaluación de recursos hídricos

DIAPOSITIVA página 41

[Imagen tomada de] ORIO HERNÁNDEZ, A. (2012) “El control y seguimiento de las aguas superficiales. Redes de control” *MAGRAMA* [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/redes_de_control_calidad_superficiales_28_junio_tcm7-214002.pdf>. [Consulta: 20 de abril de 2015]

DIAPOSITIVA página 42

“Ejemplo 2: Análisis de Resultados de la Red COCA y Red ICA de Calidad General” [Imagen tomada de] ORIO HERNÁNDEZ, A. (2012) “El control y seguimiento de las aguas superficiales. Redes de control” *MAGRAMA* [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/redes_de_control_calidad_superficiales_28_junio_tcm7-214002.pdf>. [Consulta: 20 de abril de 2015]

DIAPOSITIVA página 43

[Imagen tomada de] “El río” [blog] *El barco de los malditos* [en línea]. 6 de marzo de 2015. Disponible en: <http://tuswallpapersgratis.com/wp-content/uploads/Rio_en_Baviera-1280x800-179200.jpeg>. [Consulta: 20 de abril de 2015]

DIAPOSITIVA página 44

“Red de alerta SAICA” [Imagen tomada de] ORIO HERNÁNDEZ, A. (2012) “El control y seguimiento de las aguas superficiales. Redes de control” *MAGRAMA* [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/redes_de_control_calidad_superficiales_28_junio_tcm7-214002.pdf>. [Consulta: 20 de abril de 2015]



DIPOSITIVA página 46

“Funcionamiento de una estación SAICA” [Imagen tomada de] ORIO HERNÁNDEZ, A. (2012) “El control y seguimiento de las aguas superficiales. Redes de control” *MAGRAMA* [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/redes_de_control_calidad_superficiales_28_junio_tcm7-214002.pdf>. [Consulta: 20 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 48

[Imagen tomada de] “Instalación en el embalse de la Loteta”. *Red de alerta de calidad* [en línea]. Disponible en: <http://195.55.247.234/redalerta/images/la_loteta_aquadam.jpg>. [Consulta: 20 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 49

“Esquema de funcionamiento de una Estación de Alerta” [Imagen tomada de] *Descripción general de la red automática de alerta. Confederación Hidrográfica del Segura* [en línea]. Disponible en: <https://www.chsegura.es/export/descargas/cuenca/redesdecontrol/SAICA/img/esquemafuncionamiento_alerta.jpg>. [Consulta: 25 de abril de 2015]

“Equipo tomamuestras de contraparada” [Imagen tomada de] *Descripción general de la red automática de alerta. Confederación Hidrográfica del Segura* [en línea]. Disponible en: <<https://www.chsegura.es/export/descargas/cuenca/redesdecontrol/SAICA/img/tomamuestrascontraparada.jpg>>. [Consulta: 25 de abril de 2015]



DIPOSITIVA página 50

“Pantalla de control de una estación SAICA” [Imagen tomada de] *SAICA. Confederación Hidrográfica del Segura* [en línea]. Disponible en: <<http://www.chsegura.es/export/descargas/cuenca/redesdecontrol/SAICA/img/pantallacontrolestacionSAIC.jpg>>. [Consulta: 25 de abril de 2015]

“Estaciones Automáticas de Alerta. Red SAICA” [Imagen tomada de] *Puntos de control SAICA. Confederación Hidrográfica del Segura* [en línea]. Disponible en: <<http://www.chsegura.es/export/descargas/cuenca/redesdecontrol/SAICA/img/casetas-todas.jpg>>. [Consulta: 25 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 51

“Comparación SAICA vs. ICA” [Imagen tomada de] ORIO HERNÁNDEZ, A. (2012) “El control y seguimiento de las aguas superficiales. Redes de control” *MAGRAMA* [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/redes_de_control_calidad_superficiales_28_junio_tcm7-214002.pdf>. [Consulta: 20 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 53

“Mapa de localización de Masas de Agua Subterráneas” [Imagen tomada de] *Aguas subterráneas. Confederación Hidrográfica del Tago* [en línea]. Disponible en: <http://www.chtago.es/Informacion%20Ciudadano/Calidad/AguasSubterraneeas/Documents/mapas/mapa_general_masas.pdf>. [Consulta: 25 de abril de 2015]



DIPOSITIVA página 54

[Imagen tomada de] “Inundaciones” [blog] *Islamabad. Un argentino en Paquistán* [en línea]. 14 de agosto de 2010. Disponible en: <https://granmogol.files.wordpress.com/2010/08/ss-100806-pakistan-03-ss_full.jpg>. [Consulta: 24 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 59

[Imagen tomada de] *MAGRAMA* (2009) “El programa SAIH. Descripción y funcionalidad. El presente y el futuro del sistema” [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/saih_web_mma_v301109_tcm7-28827.pdf>. [Consulta: 18 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 60

“Puntos de control de los SAIH según su tipología” [Imagen tomada de] *MAGRAMA* (2009) “El programa SAIH. Descripción y funcionalidad. El presente y el futuro del sistema” [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/saih_web_mma_v301109_tcm7-28827.pdf>. [Consulta: 18 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 61

[Imagen tomada de] *MAGRAMA* (2009) “El programa SAIH. Descripción y funcionalidad. El presente y el futuro del sistema” [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/saih_web_mma_v301109_tcm7-28827.pdf>. [Consulta: 18 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 62

[Imagen tomada de] *MAGRAMA* (2009) “El programa SAIH. Descripción y funcionalidad. El presente y el futuro del sistema” [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/saih_web_mma_v301109_tcm7-28827.pdf>. [Consulta: 18 de abril de 2015]



DIPOSITIVA página 63

[Imagen tomada de] *MAGRAMA* (2009) “El programa SAIH. Descripción y funcionalidad. El presente y el futuro del sistema” [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/saih_web_mma_v301109_tcm7-28827.pdf>. [Consulta: 18 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 66

[Imagen tomada de] PASTOR ARGÜELLO, F. (2014) “Sistemas de información y seguimiento hidrometeorológico”. *MAGRAMA* [en línea]. Disponible en: <<http://www.proteccioncivil.org/catalogo/naturales/jornadaRiesgoInundaciones2014/presentaciones/p502.pdf>>. [Consulta: 3 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 67

[Imagen tomada de] PASTOR ARGÜELLO, F. (2014) “Sistemas de información y seguimiento hidrometeorológico”. *MAGRAMA* [en línea]. Disponible en: <<http://www.proteccioncivil.org/catalogo/naturales/jornadaRiesgoInundaciones2014/presentaciones/p502.pdf>>. [Consulta: 3 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 70

[Imagen tomada de] *CHE* (2008) “Sistema de Ayuda a la Decisión del SAIH Ebro” [en línea]. Disponible en: <http://www.saihebro.com/saihebro/files/diptico_sad.pdf>. [Consulta: 18 de abril de 2015]

DIPOSITIVA página 73

“Número de estaciones del programa de control de vigilancia por administración hidráulica - 2011” [Imagen tomada de] *MAGRAMA* (2011) “Actividades del Ministerio durante 2011. El agua” [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/ii.e._agua_tcm7-213209.pdf>. [Consulta: 19 de abril de 2015]



DIAPPOSITIVA página 74

“Localización de las estaciones del programa de control de vigilancia – ríos 2011” [Imagen tomada de] *MAGRAMA* (2011) “Actividades del Ministerio durante 2011. El agua” [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/ii.e._agua_tcm7-213209.pdf>. [Consulta: 19 de abril de 2015]

DIAPPOSITIVA página 75

“Localización de las estaciones del programa de control de vigilancia – lagos y embalses 2011” [Imagen tomada de] *MAGRAMA* (2011) “Actividades del Ministerio durante 2011. El agua” [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/ii.e._agua_tcm7-213209.pdf>. [Consulta: 19 de abril de 2015]

DIAPPOSITIVA página 77

“Número de estaciones del programa de control operativo por administración hidráulica - 2011” [Imagen tomada de] *MAGRAMA* (2011) “Actividades del Ministerio durante 2011. El agua” [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/ii.e._agua_tcm7-213209.pdf>. [Consulta: 19 de abril de 2015]

DIAPPOSITIVA página 78

“Localización de las estaciones del programa de control operativo – ríos 2011” [Imagen tomada de] *MAGRAMA* (2011) “Actividades del Ministerio durante 2011. El agua” [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/ii.e._agua_tcm7-213209.pdf>. [Consulta: 19 de abril de 2015]



PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS



Tema 3. Evaluación de recursos hídricos

DIAPPOSITIVA página 79

“Localización de las estaciones del programa de control operativo – lagos y embalses 2011” [Imagen tomada de] *MAGRAMA* (2011) “Actividades del Ministerio durante 2011. El agua” [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/ii.e._agua_tcm7-213209.pdf>. [Consulta: 19 de abril de 2015]

DIAPPOSITIVA página 83

“Distribución de los puntos del programa de control de abastecimientos – 2011” [Imagen tomada de] *MAGRAMA* (2011) “Actividades del Ministerio durante 2011. El agua” [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/ii.e._agua_tcm7-213209.pdf>. [Consulta: 19 de abril de 2015]

DIAPPOSITIVA página 84

“Tramos declarados a la Comisión Europea y su clasificación en salmonícolas o ciprinícolas” [Imagen tomada de] *MAGRAMA* (2011) “Actividades del Ministerio durante 2011. El agua” [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/ii.e._agua_tcm7-213209.pdf>. [Consulta: 19 de abril de 2015]

DIAPPOSITIVA página 85

“Distribución de las aguas de baño continentales correspondientes al año 2011” [Imagen tomada de] *MAGRAMA* (2011) “Actividades del Ministerio durante 2011. El agua” [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/ii.e._agua_tcm7-213209.pdf>. [Consulta: 19 de abril de 2015]



DIAPOSITIVA página 86

“Programa de control de nitratos” [Imagen tomada de] *MAGRAMA* (2011) “Actividades del Ministerio durante 2011. El agua” [en línea]. Disponible en:
<http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/ii.e._agua_tcm7-213209.pdf>.
[Consulta: 19 de abril de 2015]

DIAPOSITIVA página 89

“Red de control del estado químico de las aguas subterráneas” [Imagen tomada de] Red de control del estado químico [en línea]. Disponible en: <www.chduero.es/descarga.aspx?fich=/CalidadAguas/Red_estado%20qu%C3%ADmico_aguas%20subt_CHD.zip>. [Consulta: 23 de abril de 2015]