

TELECONTROL DE REDES Y ACCESO A LA INFORMACION

Juan MARTINEZ RUBIO
Coordinador Área de Planificación y Gestión Hídrica.
TRAGSATEC. Grupo TRAGSA

RESUMEN

La Directiva Marco del Agua supone una apuesta definitiva por la gestión responsable de las aguas en el marco de la Unión Europea, y su desarrollo y aplicación es un importante reto para la administración hidráulica de nuestro país, con especial incidencia en los aspectos cuanti y cualitativos de nuestras aguas subterráneas. Para abordar este reto, la planificación hidráulica debe sustentarse sobre un análisis profundo de las unidades hidrogeológicas, pero también sobre una información suficiente y contrastada de la evolución de los parámetros que determinan sus balances y evolución hidroquímica. De aquí la importancia que cobran las redes de control: foronómica, meteorológica, piezométrica, de calidad, Actualmente se dispone de la tecnología adecuada, tanto en sensores como en sistemas de gestión, administración y transmisión de datos, pero es necesaria una importante inversión de recursos económicos y humanos, que Administración y administrados deben abordar solidariamente. El acceso a la información también es un derecho de la sociedad, reconocido también por otra Directiva de la Unión Europea, y es esencial para una planificación y gestión participada de los recursos hídricos.

En esta comunicación se presentan ejemplos de dos redes de control actualmente en funcionamiento: la red de control de piezometría y calidad del acuífero de La Moraña (Ávila) y la red de estaciones agroclimáticas (SIAR), promovidas ambas desde el Ministerio de Agricultura. También se apuntarán las necesidades de nuevas redes telegestionadas, como la de sistemas de contadores, para cumplir tanto los objetivos de la Directiva Marco, como de nuestra propia legislación (Plan Hidrológico Nacional, Plan Nacional de Regadíos).

1. LA PROTECCION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN EL MARCO LEGISLATIVO

El reconocimiento de las aguas subterráneas como un recurso limitado, vulnerable y estratégico, está ahora presente en la mayoría de las legislaciones de los países de cierto desarrollo, aunque en algunos sectores ha llegado tarde. Afortunadamente se va extendiendo la conciencia de que se debe realizar una explotación de los acuíferos racional y respetuosa con el recurso y el medio ambiente.

Así por ejemplo, en el ámbito de la Unión Europea, la preocupación por las aguas subterráneas ha quedado patente por su incorporación al "5º Programa sobre política y acción en relación con el medio ambiente y el desarrollo sostenible", así como en la "Declaración de Dublín sobre el agua y el desarrollo sostenible".

Pero fue en la "Reunión Interministerial de La Haya de 1991" donde se redactó el primer documento específico sobre la problemática de las aguas subterráneas, estableciéndose las directrices básicas de los planes de actuación. En este documento quedaba de manifiesto el reconocimiento de las aguas subterráneas como un recurso natural de gran valor ecológico y económico que debía ser protegido y gestionado de modo sostenible.

Entre los acuerdos y directrices acordados destacan los siguientes:

- Establecer un programa de acción en aguas subterráneas a niveles nacional y comunitario, con el horizonte del año 2000.
- Conseguir un programa de protección y uso sostenible de este recurso.
- Evitar el progresivo deterioro de la calidad de las aguas subterráneas en los acuíferos contaminados.
- Aplicar la mejor tecnología disponible y las mejores prácticas medioambientales.
- Desarrollar la participación de los usuarios en los planes gestores.

Posteriormente en nuevas resoluciones el Consejo de la U.E. exigió un programa de actuaciones en materia de aguas subterráneas (resolución del 25/02/1992), y una revisión de la Directiva 80/68/CEE relativa a la protección de las aguas subterráneas causada por determinadas sustancias peligrosas (resolución del 20/02/1996).

Avanzando sobre los objetivos marcados en La Haya, la *Directiva 2000/60/CE* (Parlamento europeo, 2000), se constituye como el documento de referencia en materia de política de aguas, para las próximas décadas. Sin ánimo de realizar un análisis exhaustivo de dicha Directiva, sí queremos destacar algunos de los principios básicos en torno a los que se articulan sus propuestas de acción. Así, queda claro, a lo largo de la Directiva, que existe una preocupación insistente sobre la protección de la calidad de las aguas subterráneas, tanto como recurso estratégico para el abastecimiento, como por los aspectos medioambientales.

Exige por ello a los estados miembros una profundización en el conocimiento de las características de las formaciones geológicas que constituyen los acuíferos, de la situación actual tanto de explotación como de alteración (contaminación) de sus características físico-químicas. Y del diagnóstico pasa al establecimiento de unos objetivos generales y específicos: protección especial de acuíferos ligados a abastecimiento humano, fijación de objetivos medioambientales para garantizar el buen estado de las aguas, planificación conjunta de la explotación y protección de las aguas superficiales y subterráneas, etc.

Respecto a las aguas subterráneas citamos parcialmente los Objetivos medioambientales que establece en su Artículo 4:

- *Los Estados miembros habrán de aplicar las medidas necesarias para evitar o limitar la entrada de contaminantes en las aguas subterráneas, ...*
- *Los Estados miembros habrán de proteger, mejorar y regenerar todas las masas de aguas subterráneas y garantizar un equilibrio entre la extracción y la alimentación de dichas aguas con objeto de alcanzar un buen estado de las aguas subterráneas ...*
- *Los Estados miembros habrán de aplicar las medidas necesarias para invertir toda tendencia significativa y sostenida al aumento de concentración de cualquier contaminante debida a las repercusiones de la actividad humana, con el fin de reducir progresivamente la contaminación de las aguas subterráneas...*

La Directiva desarrolla un completo Programa de medidas que deberán adoptar los Estados miembros, cuya revisión detallada entendemos que no es objetivo de este artículo. Establece también unas líneas estratégicas para combatir la contaminación de las aguas, y específicamente para la prevención y el control de la contaminación de las aguas subterráneas (Artículo 17). Respecto a esta estrategia concreta, en los Anexos de la Directiva (DOCE 22/12/2000, pp.29-30) se establecen los criterios para:

- Caracterización inicial de todas las masas de agua subterránea para poder evaluar su utilización y la medida en que dichas aguas podrían dejar de ajustarse a los objetivos marcados en la Directiva. Básicamente implicaría la delimitación y conocimiento de las características hidrogeológicas de los acuíferos, el análisis de las presiones a que están sometidas (fuentes de contaminación puntuales y difusas, extracciones, recarga). Adicionalmente, en los casos de que existan ecosistemas superficiales ligados a descargas de aguas subterráneas, se requerirían estudios complementarios.
- Caracterización adicional de las masas de agua subterránea en que en la primera fase se hayan detectado riesgos específicos. Implicarán estudios hidrogeológicos mucho más detallados, hasta alcanzar un conocimiento preciso de sus parámetros hidrogeológicos, balances, características hidrogeoquímicas, conexiones y relaciones con otras masas de aguas subterráneas y superficiales, etc.
- Examen de la incidencia de la actividad humana en las aguas subterráneas. con inventario de captaciones, evaluación de extracciones, control de calidad, localización y control de puntos de recarga artificial, etc
- Examen de la incidencia de los cambios en los niveles de las aguas subterráneas, y sus repercusiones en las aguas superficiales y ecosistemas terrestres asociados, la regulación hidrológica (protección contra inundaciones y drenaje de tierras), y el propio desarrollo humano.
- Examen de la incidencia de la contaminación en la calidad de las aguas subterráneas. Referidos a la identificación y caracterización de aquellas masas de agua subterránea con niveles de contaminación tan altos que resulte inviable o desproporcionadamente costosa la aplicación de las medidas generales de la Directiva.

Paralelamente a la elaboración de estos documentos, y en torno a similares principios, se han ido desarrollando en algunos de los países de la Unión Europea legislaciones y normativas específicas.

En nuestro país, destacamos la importancia que tuvo la presentación del "*Libro Blanco de las Aguas Subterráneas*" (1994). Este documento contemplaba el estado actual y problemática específica de los recursos hídricos subterráneos en España, y establecía el

plan director de actuaciones en esta materia, distribuido en 10 programas, entre los que destaca el nº 2 Diseño y establecimiento de una red oficial de control de piezometría y calidad.

Aunque con un considerable retraso en fechas e inversiones, algunos de estos programas están en ejecución, y en cualquier caso, su filosofía y objetivos han ido madurando en documentos posteriores de planificación como el *Libro Blanco del Agua en España* (MIMAM, 1998), la *Ley 46/99 de modificación de la Ley de Aguas* (MIMAM, 1999), y el propio *Proyecto de Ley del Plan Hidrológico Nacional* (MIMAM, 2000)

Pero no deja de resultar preocupante el retraso y lentitud con que estos programas están poniéndose en marcha. Así, con unos plazos marcados por la Directiva Marco del Agua para la caracterización de nuestras masas de agua, nos encontramos en nuestro país en condiciones de responder sobre nuestras aguas superficiales, pero difícilmente sobre las subterráneas. La Administración hidráulica aún está lejos de poder ejercer el control sobre las tomas de agua, por lo que no estamos en condiciones de cerrar cifras sobre las extracciones de aguas subterráneas. Cerramos balances utilizando esencialmente estimaciones indirectas de los consumos, aunque en nuestra Ley del Plan Hidrológico contemplamos la obligatoriedad de instalar contadores en todas las tomas. Tenemos un conocimiento parcial, y en ocasiones posiblemente incorrecto, de nuestros acuíferos.

Nuestras redes de control de calidad y piezometría son claramente insuficientes (actualmente se están empezando a licitar los sondeos de las redes oficiales de control del MMA, que tardarán varios años en estar operativas). Todo ello impide, en muchos casos, una integración efectiva de las unidades hidrogeológicas en los sistemas de explotación, y condiciona la eficacia de sus planes gestores.

En los documentos actuales que tratan sobre la futura planificación de los regadíos españoles rara vez aparecen menciones a medidas y soluciones con vistas a la modernización de los regadíos con aguas subterráneas. Y esto es porque esencialmente se debe actuar en la línea de garantizar la disponibilidad del recurso en calidad y cantidad. Está perfectamente demostrado que, en general, el regante con aguas subterráneas tiende a ser eficiente en la aplicación del agua, pues soporta directamente los costes de su elevación. Así, en los regadíos con aguas subterráneas –sobre todo en los de alta rentabilidad- están generalizados los sistemas de riego de bajo consumo.

Sin embargo, si de modernización de regadíos no cabe hablar mucho, sí es esencial la apuesta por la consolidación, especialmente allí donde las alternativas no existen o son precarias. A los problemas estructurales que padecen muchos de estos regadíos, con problemas temporales o sostenidos de sobreexplotación o degradación de calidad, se suman ahora las exigencias de una Unión Europea especialmente preocupada por la protección cualitativa de sus aguas continentales, y donde las aguas subterráneas juegan un papel esencial en el abastecimiento humano. Los retos de la Directiva Marco del Agua son claros, y no cabe esconderse tras el escudo del hecho diferencial de ser un país en que la agricultura de regadío es el usuario esencial del agua subterránea.

Los actuales regadíos con aguas subterráneas tienen en su mayoría grandes opciones de futuro, pero para ello es necesario un esfuerzo de imaginación y trabajo conjunto de toda la sociedad. Se deberá actuar sobre la oferta: redistribución de las extracciones, integración con los recursos superficiales y con los no convencionales, recarga artificial, etc; pero también sobre la demanda: modernización de sistemas de riego, adecuación y redistribución de los cultivos, buenas prácticas agrarias en abonado y aplicación del agua,

etc. Las distintas Administraciones deberán tutelar ese proceso, pero los usuarios y el resto de la sociedad deberán participar de forma responsable y solidaria.

2. LA IMPORTANCIA DE LA PARTICIPACION DE LOS USUARIOS

Partiendo de la aceptación generalizada de que la prevención, basada en el conocimiento del contexto hidrogeológico, en el control de la explotación y apoyada por las redes de vigilancia, es la base de la gestión racional de un recurso que es renovable pero vulnerable, nos quedaría el interrogante de quién o quiénes deben responsabilizarse de esta gestión. En una idealización la respuesta sería que los propios usuarios deberían ser los responsables. La realidad es, sin embargo, que la complejidad del conocimiento de los acuíferos y sus equilibrios dinámicos hace necesaria la intervención de técnicos especialistas y gestores de la Administración que determinen las condiciones de explotabilidad de las aguas subterráneas en cada zona, vigilando su cumplimiento e introduciendo las correcciones que sean necesarias.

Esta labor la han realizado en casi todos los países organismos oficiales de las administraciones centrales, regionales y locales. Las tendencias actuales, mucho más racionales, procuran promocionar la constitución de comunidades de usuarios para que participen activamente en los planes gestores.

Dicho de otra forma, parece evidente que el futuro próximo debe estar en un "intervencionismo activo" de la Administración en la gestión de los recursos hídricos, basado en la potenciación de programas de optimización de aprovechamiento del recurso (programas de ahorro del agua, asesoramiento en cultivos, modernización de regadíos, etc), en los que se implicarían los propios usuarios.

Llamas et al (2000) destacan el papel fundamental que debe jugar la información y educación, tanto a nivel de administradores como de administrados, en el uso sostenible de las aguas subterráneas. Como se ha indicado, la Hidrogeología es una ciencia relativamente nueva, y no forma parte de la cultura general. Solo el desconocimiento generalizado sobre la fase subterránea del ciclo del agua explica la negligencia histórica de la administración del agua, y el uso irresponsable de la misma. La aparición de afecciones, más o menos graves, que han afectado a la salud, o en general a la calidad de vida del hombre, ha dado lugar en las últimas décadas a tomar conciencia de la necesidad de proteger este recurso. Y más reciente aún es la concienciación de los valores medioambientales ligados a las descargas de las aguas subterráneas a los ríos, o la existencia de espacios naturales cuya existencia y ecología está íntimamente ligada a los acuíferos.

Es por ello esencial poner a disposición de los usuarios la información necesaria para que se sientan partícipes y comprometidos en las decisiones de la administración responsable de la gestión de las aguas. Pero alcanzar el objetivo de poner la información al alcance del usuario no es una tarea fácil, al menos en nuestro país, por una serie de factores como es la propia dispersión de los datos (hidrológicos, hidrogeológicos, meteorológicos, etc) entre los distintos organismos de nuestras administraciones central y autonómicas. Afortunadamente poco a poco se va imponiendo el criterio de compartir información y hacerla fácilmente accesible, empleando para ello las facilidades que los medios de comunicación actuales, y en especial Internet, suponen. Así por ejemplo, destacamos las actuaciones que está actualmente desarrollando el IGME de puesta en red de cartografía geológica, bases de datos hidrogeológicos, etc, o la apuesta de muchas confederaciones

hidrográficas por incluir en sus páginas web información hidrológica de interés para el usuario.

La participación de los usuarios mayoritarios del agua subterránea en España, los agricultores, empieza a ser una realidad en nuestro país. Así, los agricultores están directa o indirectamente representados en la mayoría de los órganos decisorios, incluido el Consejo Nacional del Agua. Esta participación se refuerza en los últimos documentos y leyes promovidos desde las Administraciones Central y Autonómicas, y es esencial para avanzar en la gestión racional de los recursos hídricos. Pero en definitiva se trata de un enfoque esencialmente economicista del problema, al centrarse en los aspectos socio-económicos de la explotación del recurso. Sin embargo, no debemos olvidar que en cualquier actuación que condicione la sostenibilidad ecológica de un territorio la sociedad completa es responsable y, en consecuencia, debe implicarse. Si hasta ahora esa participación solo ha sido demandada por los grupos ecologistas, que ya tienen representación en el Consejo Nacional del Agua, es esencial que los representantes electos de las Administraciones autonómicas y locales, representen no solo las demandas de la parte de la sociedad cuya actividad económica está condicionada al uso del agua, sino a los también legítimos deseos del resto de la sociedad que se siente responsable del legado natural que recibe y trasmite.

4. COMENTARIOS SOBRE LAS REDES DE CONTROL

Las opiniones de los técnicos y usuarios, y especialmente de la Administración, sobre las redes automatizadas de control hidrogeológico no siempre son positivas. Y es que son muchas las malas experiencias que ya existen en nuestro país de redes abandonadas tras importantes inversiones de esfuerzo y dinero.

Al analizar las causas de "fracaso" de una red automatizada de control en muchos casos se concluye que los equipos de medida y registro son demasiado delicados para subsistir en un medio agresivo, lo que implica una continua y cara labor de reparación y reposición de equipos. Tampoco ayuda el hecho de que efectivamente los equipos son caros y sus reparaciones son costosas, y requieren en la mayoría de los casos del envío de los mismos a las empresas fabricantes, generalmente alemanas, francesas o americanas. Se diluye por ello el argumento de la rentabilidad de los equipos automáticos, que requieren muchas menos horas-hombre que la toma manual de datos. Y se pierde también fiabilidad, al tener dudas sobre la validez de los datos y producirse interrupciones del flujo de datos cuando los equipos se averían.

Por otra parte, muchas de las redes financiadas en su día por la Administración son después abandonadas al perderse el interés sobre sus objetivos, o simplemente por la incapacidad de gestionar un presupuesto de mantenimiento.

Pero, frente a los anteriores comentarios, en mi opinión la mayoría de las "debilidades" de los equipos de las redes automatizadas de control son hoy perfectamente superables. Actualmente tenemos a nuestra disposición en el mercado, y muestra de ello es la participación en estas Jornadas, equipos de registro y medida muy robustos y fiables, con una enorme flexibilidad de programación de tareas, gran capacidad de memoria y autonomía, y preparados para el telecontrol y telegestión. También la competencia ha facilitado el ajuste de los precios, si bien el margen de maniobra de éstos es aún relativamente pequeño por el escaso volumen de ventas. Los nuevos equipos son de fácil

manejo y en general requieren un mantenimiento relativamente sencillo. Además al ser en su mayoría equipos modulares se reducen los plazos de reparación, y por tanto de pérdida de datos, al ser sencilla la reposición del elemento averiado.

Donde aún queda mucha labor pendiente es en la formación sobre los aspectos de diseño de redes. Como ya se ha indicado, la definición de una red debe pasar por un análisis previo de sus objetivos, y de la adecuación de los equipos que existen en el mercado. Aquí apelo también al sentido de la responsabilidad de los distribuidores de equipos para que oferten los equipos adecuados para cada caso.

Por otra parte al diseñar las redes siempre hay que prever la futura necesidad de un mantenimiento preventivo de la misma, como garantía de la continuidad de su servicio. Los sensores necesitan de calibraciones periódicas, generalmente definidas por los fabricantes. Pero las propias instalaciones de campo deben ser también mantenidas en buen estado, reponiendo las pilas y baterías, limpiando los paneles solares, revisando la estanqueidad de los alojamientos de los *data logger*, etc.



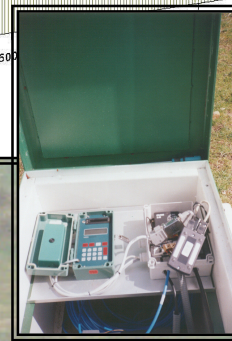
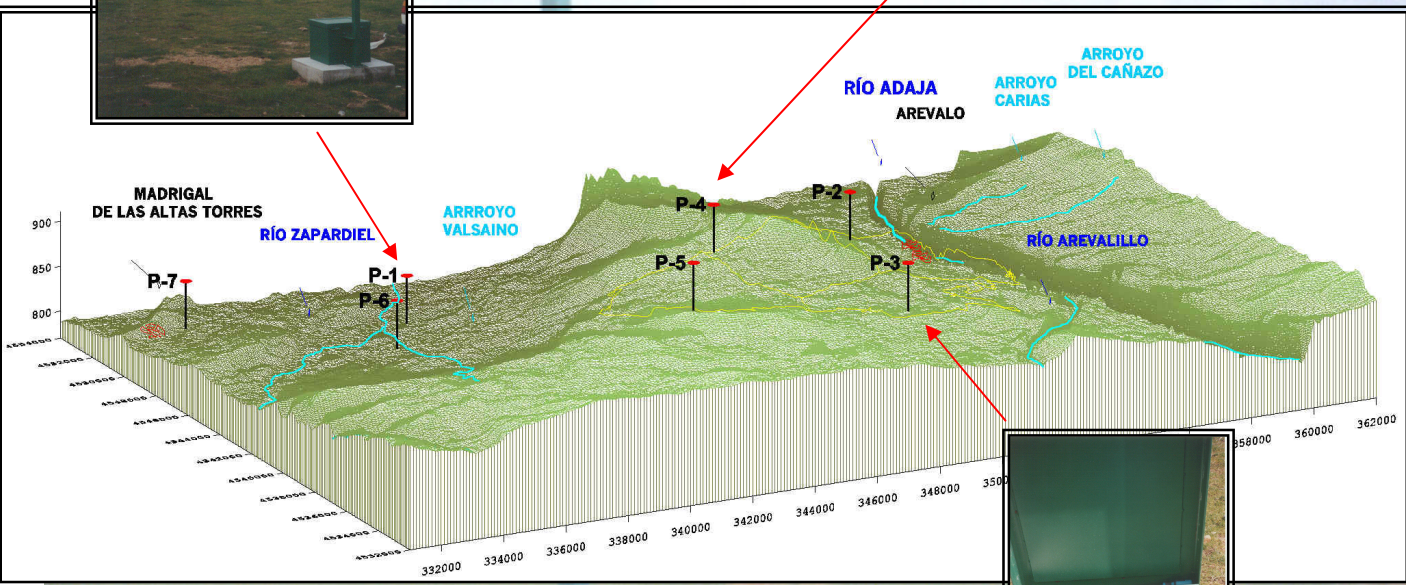
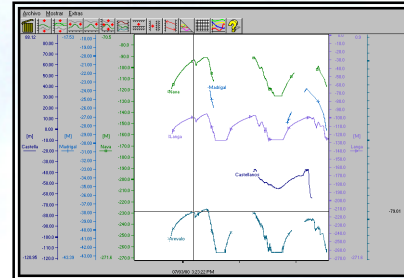
Figura 1.- Mantenimiento de equipos de la red de piezometría y calidad de aguas subterráneas.

Por último es fundamental que la información que proporcione la red sea gestionada adecuadamente y que los datos se exploten para objetivos concretos. Aunque esta aseveración parezca una obviedad el declive de muchas redes nace precisamente de la incapacidad o desinterés de la Administración responsable de aplicar los datos a la resolución de problemas concretos.

Surge de aquí el segundo tema de esta comunicación, el del acceso a la información. Si hemos hecho diversas referencias a la Directiva Marco del Agua, también debemos recordar otra Directiva en vigor, que desarrolla los "deberes" de los estados en lo referente a poner a disposición de la sociedad la información medioambiental obtenida, entre otras fuentes, de las diversas redes de control gestionadas por sus organismos oficiales. Si ya nos vamos acostumbrando a poder consultar en internet información sobre distintas redes de control de parámetros atmosféricos, contaminación urbana, concentraciones de polen, etc, aún estamos lejos en nuestro país de un acceso a otras redes de control, como las que por ejemplo controlan la evolución piezométrica de nuestros acuíferos, o la calidad química de nuestros ríos, o la propia red meteorológica nacional.

5. EXPERIENCIAS DE IMPLANTACION Y EXPLOTACION DE REDES DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRANEAS

Como ejemplo de implantación, mantenimiento y explotación de una red de control de aguas subterráneas se presenta a continuación la experiencia de la "Red de control de piezometría y calidad de aguas subterráneas de La Moraña".



RED AUTOMATIZADA PARA EL CONTROL DE LA PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA MORAÑA, ZONA REGABLE DEL RÍO ADAJA (ÁVILA)



JUNTA DE CASTILLA Y
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y
DIRECCIÓN GENERAL DE ESTRUCTURAS



5.1 CONTEXTO Y ANTECEDENTES

Los problemas de sobreexplotación en los acuíferos de la zona regable del Río Adaja (Ávila) y la constante demanda de acciones de transformación agraria produjeron la declaración de esta, como zona de interés general de la Comunidad de Castilla León en 1991 (Decreto 11/1991).

Como consecuencia de todo esto y dentro de los programas de actuación que en materia de aguas subterráneas y regadíos desarrolla la Dirección General de Desarrollo Rural de la Consejería de Agricultura y Ganadería de la Junta de Castilla León, se realizó entre los años 1994 y 1996 el "*Proyecto de actualización y ampliación de medidas piezométricas en la zona de la Moraña (Ávila), 1ª fase*" diseñándose una red de control piezométrico capaz de controlar la evolución del sistema acuífero en los futuros sectores regables y en su área de influencia, así como de comprobar algunas de las conclusiones de estudios estructurales previos. Desde un principio, también se quisieron abordar otros objetivos como el control de los retornos de los regadíos y su incidencia en la contaminación de los acuíferos mediante la medida de la conductividad.

En esta primera fase la red se instaló sobre ocho sondeos iniciándose el periodo de prueba y calibración a principios de 1996. En el periodo de funcionamiento en los años siguientes se detectaron diversos problemas, relacionados esencialmente con salidas de rango por las fuertes oscilaciones piezométricas, y sobre todo averías en los sensores causadas por los propios equipos de bombeo instalados en los sondeos (golpes en arranques o en maniobras de desmontaje-montaje de bombas, etc).

Una vez superada esta fase de prueba y calibración se trasladaron los equipos automáticos a piezómetros construidos expresamente para su alojamiento, dando origen a la segunda fase de desarrollo de este proyecto. En el momento actual se contempla la ampliación de esta red de control piezométrico y calidad de aguas subterráneas construyendo una serie de nuevos piezómetros y equipándolos también con equipos automáticos de medida, registro y transmisión de datos.

Las características de los equipos ahora operativos son las siguientes:

Estación tipo A, componentes:

- Unidad de data logger, modelo MDS-III-A marca SEBA con 3 canales analógicos de entrada, para la medición del nivel, temperatura, conductividad y 1 canal digital para la medición de la pluviometría.
- Unidad de sensor multiparamétrico modelo MPS 3 marca SEBA, para medir nivel, temperatura y conductividad.
- Pluviómetro modelo RG-50 marca SEBA

Estación tipo B, componentes:

- Unidad de data logger, modelo MDS-Insider marca SEBA, con 2 canales analógicos de entrada para la medición del nivel y la conductividad del agua.
- Unidad de sensor multiparamétrico modelo MPS 2 marca SEBA, para medir nivel y conductividad del agua

EQUIPOS DE REGISTRO DE DATOS MODELOS DE DATA LOGGER



Figura 2.- Equipos *data logger* y aspecto general de las instalaciones

En el momento actual, la red está compuesta por siete puntos de control, cinco de los cuales están dotados de sistema de teletransmisión vía GSM, estando previsto la implantación en el 2003 del sistema a los 3 piezómetros restantes.

5.2 EXPLOTACION Y MANTENIMIENTO DE LA RED

Como ya se ha señalado, durante el periodo que siguió a la puesta en marcha de la Red y sus sucesivas actualizaciones, se ha constatado que si bien es cierto que los equipos instalados permitían cumplir los objetivos de la Red, seguían apareciendo diversos problemas en su explotación y en la gestión de los datos.

Las incidencias detectadas tanto a nivel de funcionamiento y precisión de los sensores, como de alimentación o saturación de memoria en los *data logger*, fallos en los sistemas de alimentación, o en la comunicación, incidían tanto en la precisión de los datos como en la propia integridad temporal de las series. Y estas incidencias podían tener orígenes "endógenos", es decir por fallos de los elementos de los sistemas de la red, o "exógenos" causados por la manipulación incorrecta de los equipos, gestión incorrecta de los sistemas de lectura, o daños causados por actos vandálicos sobre las instalaciones.

Por todo ello la Dirección General de Desarrollo Rural de la Junta de Castilla y León lleva desarrollando con el apoyo de TRAGSATEC el mantenimiento y explotación de la Red, con el objetivo de consolidarla como herramienta de apoyo para la gestión de la Zona Regable, y en especial para realizar el seguimiento de la respuesta hidrogeológica ante las actuaciones en ella proyectadas.

El programa de mantenimiento y gestión de la Red se está desarrollando en las siguientes fases:

Fase 1: Implantación de la Red: Ya comentada.

Fase 2: Calibración de equipos: Desde su instalación se han realizado calibraciones periódicas de los equipos. Para ello se han utilizado sondas de referencia, tanto para el control de nivel como de la conductividad y temperatura. Concretamente se ha utilizado una sonda multiparamétrica Seba KLL-Q, y diversos conductivímetros y sondas de nivel.

Se destaca que en dos de los sondeos (Madrigal y Castellanos) se han instalado además sendos equipos de sonda de nivel+data logger modelo HIDROTECHNIK 550, con objeto de establecer una comparativa de precisiones y capacidades con los equipos SEBA HIDROMETRIE.

Fase 3: Gestión y explotación de la Red: Durante las fases anteriores se ha establecido un programa de mantenimiento y explotación, con los siguientes puntos:

- Elaboración de instrucciones de manejo de equipos y de protocolo de mantenimiento: Como complemento de la documentación técnica de los equipos, y con la filosofía de asegurar la correcta utilización de los equipos, se ha preparado un manual de operaciones con abundante información gráfica. En dicho manual se describen las operaciones rutinarias de programación, calibración, lectura de datos, pruebas de comunicaciones, etc. Anejo al manual se incluye un protocolo de mantenimiento, indicando las operaciones de mantenimiento preventivo (comprobación de carga del sistema fotovoltaico, cambio de baterías, limpieza de elementos del sistema, etc).
- Mantenimiento preventivo: De acuerdo con el mencionado manual de operaciones se han desarrollado campañas periódicas de revisión de los equipos. En estas visitas se ha aprovechado para hacer nuevas calibraciones, así como para tomar los datos de los equipos que no disponen aún de sistema de telecontrol.
- Mantenimiento correctivo: Como ya se ha señalado se han producido algunas incidencias en elementos de los equipos, tanto por fallos de los sistemas como por manipulaciones incorrectas y actos vandálicos. Aunque la mayor parte de las averías (fallos en terminales GSM o en sistema de alimentación, cortes de cables, etc) han podido resolverse "in situ", en dos ocasiones ha sido necesario contar con los servicios de la empresa distribuidora de los equipos.

- **Gestión de la Red:** La gestión de la Red se ha centralizado desde el Centro de control instalado provisionalmente en las oficinas de TRAGSATEC, utilizando el software OPERAR de SEBA, y gestionando tanto los datos capturados vía GSM como los adquiridos en campo del resto de los equipos. Con los datos tratados se han elaborado diversos informes, a demanda del cliente.
- **Explotación de la Red:** Con la información de la Red, incluidos las series históricas que han podido recuperarse, se ha iniciado la fase de la explotación mediante la realización de un ejercicio de modelización matemática (Visual MOFLOW) con el que, una vez calibrado, se han realizado simulaciones de diversos escenarios de explotación de los recursos hídricos en la zona.

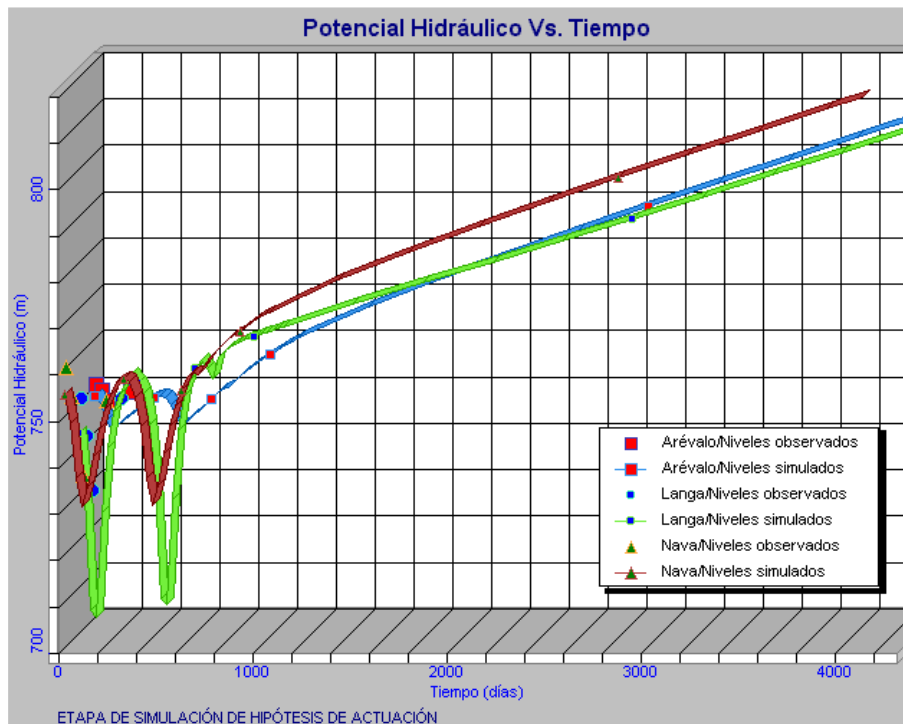


Fig. 3 Evolución de los niveles piezométricos en los puntos de la red automatizada

En definitiva, la experiencia desarrollada con esta Red pone de manifiesto no solo la relativa facilidad de su continuidad, partiendo de un compromiso por parte del organismo responsable de destinar recursos a su mantenimiento y explotación, sino también de sus potencialidades como herramientas de control y gestión de los recursos naturales.

6. EL SISTEMA DE INFORMACION AGROCLIMATICA (SIAR): UNA RED ACCESIBLE A LOS REGANTES.

Como ejemplo de una red de control en que el acceso público ya es una realidad, se presenta a continuación la Red de Información Agroclimática (RIA), actualmente conocida

por Sistema de Información Agroclimática (SIAR), financiado por la Dirección General de Desarrollo Rural (Ministerio de Agricultura) dentro del programa INTERREG II-C.

Esta red está formada, en su primera fase, por 275 estaciones repartidas en 7 CC.AA. (20 en Canarias, 87 en Andalucía, 43 en Castilla-La Mancha, 42 en Castilla y León, 18 en Murcia, 20 en Extremadura y 45 en la Comunidad Valenciana), 7 Centros Zonales (uno por cada Comunidad) y un Centro Nacional (Madrid, Dirección General de Desarrollo Rural). Actualmente se está acometiendo una segunda fase de implantación de estaciones en las CC.AA. fuera de Objetivo 1, como Aragón, Baleares y Cataluña. Las estaciones están instaladas directamente en las principales zonas regables de dichas CC.AA., siendo sus principales características de funcionamiento las siguientes:

Automatización total, tanto de la toma de datos como de la transmisión de los mismos al Centro de recogida y tratamiento.

Comunicación on-line. Posibilidad de conocer en todo momento las condiciones climáticas instantáneas y el estado de la estación.

Posibilidad de programación remota del data logger de la estación y por lo tanto de servicios añadidos.

Posibilidad de integración del servicio de SMS (Servicio de mensajes cortos directamente a un teléfono móvil) ante eventos o alarmas.

Actualmente el sistema está ya en funcionamiento soportado por un software de diseño específico para el proyecto que "corre" en los servidores instalados en los Centros Zonales y en el Centro Nacional. A corto plazo se prevé la transferencia de las estaciones a las correspondientes CC.AA, así como la ampliación del actualmente denominado Sistema de Asesoramiento al Regante (SIAR), al resto de las CC.AA.

En cuanto a la explotación de esta Red, en la mayor parte de las CC.AA. donde ya está operativa la información se transfiere a las comunidades de regantes a través de boletines diarios, y sobre todo de las páginas web que los Servicios de Agricultura han desarrollado.

Y no se trata tan solo de los datos "brutos" proporcionados por las estaciones meteorológicas sino de una información ya traducida a recomendaciones directas al agricultor, en la línea de fomentar las "buenas prácticas agrarias", en especial el uso eficiente del agua.

Objetivos del Sistema Inforiego de Castilla y León:

- Proporcionar una información de fácil acceso y comprensible para los agricultores.
- Asesorar a los agricultores sobre las necesidades de agua de sus cultivos según estimaciones de la evapotranspiración.
- Facilitar a los técnicos la información necesaria para nuevos proyectos o estudios de regadío.
- Ahorrar agua mediante el empleo de los volúmenes de riego que los cultivos realmente necesitan.
- Promover el empleo de técnicas y sistemas de riego modernos que permitan un mayor control del volumen aplicado.
- Aumentar las producciones de los cultivos de regadío al evitar las pérdidas producidas tanto por los déficits como por los excedentes hídricos.

Figura 4.- Página web del Sistema Inforiegos en Castilla y León.

Recomendación de riego para un periodo de 7 días para la estación AV01 - Nava de Arévalo (Ávila).
Cultivo: Cereal de invierno
Estado del cultivo: DESARROLLO1 (30 a 100 días desde siembra)
Tipo de Riego: Aspersión (Ef=0,75)
Fecha: 25/06/2002

NECESIDAD NETA DEL CULTIVO $ET_0 \cdot K_c$ (mm o l/m^2)	RECOMENDACIÓN DE RIEGO $(ET_0 \cdot K_c - P_e) / Ef$ (mm o l/m^2)
29.49	39

Datos utilizados para el cálculo:

Día	ET_0 (Penman-Monteith en mm.)	K_c	ET_c (mm)	P_e (mm)
24-06-2002	6.86	0.59	4.05	
23-06-2002	8.46	0.59	4.99	
22-06-2002	8.34	0.59	4.92	

Figura 5.- Página web del Sistema Inforiegos. Recomendaciones de riego para la zona de Nava de Arévalo.

7. LOS SISTEMAS DE CONTROL DE TOMAS DE AGUA: UN RETO A LA GESTION DE LOS RECURSOS HIDRICOS.

El texto refundido de la Ley de Aguas (RDL 1/2001) establece en su artículo 55 las facultades del Organismo de cuenca en relación con el aprovechamiento y control de los caudales concedidos:

[...]

4. Los organismos de cuenca determinarán, en su ámbito territorial, los sistemas de control efectivo de los caudales de agua utilizados y de los vertidos al dominio público hidráulico que deban establecerse para garantizar el respeto a los derechos existentes, permitir la correcta planificación y administración de los recursos, y asegurar la calidad de las aguas. A tal efecto, y a instancias del Organismo de cuenca, los titulares de las concesiones administrativas de aguas y todos aquellos que por cualquier otro título tengan derecho a su uso privativo, estarán obligados a instalar y mantener los correspondientes sistemas de medición que garanticen información precisa sobre los caudales de agua en efecto utilizados y, en su caso, retornados.

[...]

La obligación de instalar y mantener sistemas de medición es exigible también a quienes realicen cualquier tipo de vertidos en el dominio público hidráulico.

Los sistemas de medición serán instalados en el punto que determine el Organismo de cuenca previa audiencia a los usuarios. Las comunidades de usuarios podrán solicitar la instalación de un único sistema de medición de caudales para los aprovechamientos conjuntos de usuarios interrelacionados.

Las medidas previstas en el presente apartado podrán ser adoptadas por el organismo competente de la Comunidad Autónoma, en coordinación con el Organismo de cuenca, cuando así se haya encomendado.

El Plan Hidrológico Nacional (Ley 10/2001) en su disposición adicional duodécima (Control de los derechos concesionales) concreta los plazos que tienen los Organismos de cuenca y los usuarios para cumplir las exigencias de la Ley de Aguas:

1. Para dar cumplimiento a lo dispuesto en el artículo 53.4 de la Ley de Aguas (art. 55.4 de su texto refundido), en el plazo máximo de un año a partir de la entrada en vigor de la presente Ley, los Organismos de cuenca determinarán los medios de control efectivos de los caudales concesionales y de los vertidos al dominio público hidráulico, estableciendo asimismo los procedimientos de comunicación e inspección de dichos medios.

2. En cumplimiento de lo indicado en el apartado anterior, los titulares de derechos concesionales están obligados a instalar y mantener los correspondientes medios de medición e información sobre los caudales utilizados y, en su caso, vertidos al dominio público, en el plazo máximo de 4 años a partir de la entrada en vigor de la presente Ley.

3. Se califican como graves las infracciones derivadas del incumplimiento de lo establecido en el apartado anterior. La reiteración será causa suficiente para la declaración de caducidad de la concesión, que se acordará mediante el procedimiento previsto en el ordenamiento jurídico.

Por último, debe ser tenida en cuenta la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, ya que es obligada su transposición a nuestro ordenamiento jurídico nacional. Esta Directiva marco del agua dicta en su artículo 11 la obligación de los Estados miembros de establecer programas de medidas que permitan alcanzar los objetivos medioambientales fijados en la propia Directiva marco. Entre las medidas básicas (requisitos mínimos que deben cumplirse) se especifica la siguiente (art. 11.2.e):

e) medidas de la captación de aguas dulces superficiales y subterráneas y de embalse de aguas dulces superficiales, con inclusión de un registro o registros de las captaciones de agua y un requisito de autorización previa para la captación y el embalse. Dichos

controles se revisarán periódicamente y, cuando proceda, se actualizarán. Los Estados miembros podrán eximir de dichos controles las captaciones o embalses que no repercutan de manera significativa en el estado del agua.

En primer lugar, han sido establecidas explícitamente unas obligaciones y unos plazos, tanto para el Organismo de cuenca como para los titulares de los aprovechamientos:

- los Organismos de cuenca deben determinar los medios de control efectivos de caudales y vertidos, así como procedimientos de comunicación e inspección, antes del 6 de julio de 2002.
- los titulares de aprovechamientos deben instalar y mantener los medios de medición e información sobre caudales y vertidos antes del 6 de julio de 2005.

Un sistema de medida y control debe cumplir dos funciones: fundamentalmente, proporcionar información de los volúmenes efectivamente extraídos; y adicionalmente, velar por que los usuarios no extraigan más agua de la que tienen derecho (por concesión, autorización o cualquier otra forma de reconocimiento de derechos).

La información que suministre este sistema y la capacidad de actuación que puede proporcionar son de vital importancia para que el Organismo de cuenca desarrolle distintas funciones que tiene encomendadas:

- velar por la conservación del Dominio Público Hidráulico y garantizar los derechos adquiridos por los usuarios;
- gestión del recurso: planificación, administración, seguimiento, control, y múltiples posibilidades de apoyo a las decisiones y racionalización de la explotación;
- velar por la calidad del recurso.

Establecer el sistema de medición y control no es sencillo y requiere un estudio pormenorizado que abarque aspectos técnicos, legales, económicos y administrativos, y del que se concluya no sólo cuáles son las soluciones que mejor satisfacen los condicionantes (técnicos, legales, etc.) establecidos, sino que establezca un plan de implantación, explotación y mantenimiento del sistema.

Para definir el sistema de medición y control debe contarse con determinada información de partida. Un elemento imprescindible para lograr dicha definición es un inventario de captaciones de aguas subterráneas que suministre información pormenorizada, global, actualizada y contrastada de todas las extracciones que están teniendo lugar. El inventario no sólo debe servir para dar soporte al sistema de medición, sino que proporciona información muy valiosa de distinto orden:

- Localizar aprovechamientos no autorizados/declarados, identificando sus características, uso y responsable.
- Perfeccionar y actualizar la información de los aprovechamientos autorizados: estado de explotación, confrontar los volúmenes asignados con los usos reales, modificaciones de características, contraste de la titularidad, cartografiado de tomas y usos, etc.
- Identificar duplicidades y cruzar expedientes a través de las captaciones o de los usos: aprovechamientos solicitados repetidas veces, solicitudes diferentes referidas a un mismo aprovechamiento, solicitudes de aprovechamientos anteriormente denegados, expedientes sancionadores sobre aprovechamientos solicitados, etc.
- Con la información convenientemente informatizada, el inventario constituye una herramienta de análisis de enorme utilidad: cálculo de extracciones detallado por áreas geográficas o administrativas y por usos, cálculo de recursos disponibles, establecimiento de perímetros (protección, estudio, etc), edición de mapas

temáticos de cualquier naturaleza, etc. Incorporar la componente de información geográfica potencia enormemente la capacidad de estudio y análisis para la gestión del recurso.

- El inventario además debe ser una valiosa herramienta de apoyo a la gestión en múltiples áreas, en especial la tramitación de expedientes administrativos: disponer de un inventario actualizado y confiable agiliza en gran medida la gestión, enriquece y aclara la información de los expedientes, y aporta grandes garantías a la resolución de los mismos.

Por último, debe llamarse la atención sobre algunas limitaciones que presentan los equipos de medición:

- los instrumentos de medición proporcionan información exclusivamente del caudal que atraviesa la conducción sobre la que se encuentren instalados; el caudalímetro no puede detectar el empleo que se hace del agua (en qué parcelas se aplica) ni, evidentemente, medir caudales derivados fuera de la conducción;
- además, la veracidad de las medidas está supeditada a que el contador se encuentre en perfecto estado de funcionamiento y exento de manipulaciones;
- obviamente, los aprovechamientos que no tengan instalado contador se escapan de todo control.

Para soslayar en parte estos inconvenientes, dentro de la aplicación informática que gestione todo el sistema se podrán implementar una serie de consultas que ayuden a la Guardería a detectar estas irregularidades. En un futuro, y tratándose de usos de regadío, podría ser muy ventajoso aplicar técnicas de teledetección y fotointerpretación con las que obtener información del empleo real que se esté haciendo del agua: qué parcelas se están regando, para qué fines y estimar cantidades aplicadas. Por añadidura, cualquier aprovechamiento no declarado se podría detectar a través de la actividad vegetativa de los cultivos. La ventaja de estas técnicas es que se podrían desarrollar como una actividad complementaria que con un bajo coste aportarían gran valor añadido a la gestión del dominio público hidráulico.

De lo expuesto puede entenderse que la definición de un sistema de medida y la implantación del mismo es una actuación de una gran envergadura que exige, entre otras cosas, una buena dosis de cautela en la definición de objetivos y en la planificación y valoración de los trabajos necesarios para la consecución de los mismos. En estas circunstancias se considera necesario llevar a cabo una serie de experiencias-piloto con los distintos sistemas de medida, transmisión y gestión de los datos de los contadores.

Y dentro de ese análisis de las alternativas no solo deben buscarse soluciones tecnológicas fiables, sino también valorar su incidencia económica en la actividad humana (especialmente en la agricultura), responsable, según la Ley del PHN de asumir los costes de adquisición, mantenimiento y lectura de los contadores.

Las escasas experiencias en España de implantación de contadores han generado bastantes conflictos, a pesar de que su adquisición ha sido en la mayor parte de los casos subvencionada parcial o totalmente por la Administración. Pero el verdadero problema, al margen de la asunción de los costes de mantenimiento de los equipos, es el acceso a los datos y la propia gestión de la información.

En principio el telecontrol de los contadores parecería la solución óptima desde el punto de vista de que posibilita a la Administración el seguimiento temporal de las

extracciones, permitiendo detectar infracciones e incluso corregir desequilibrios o situaciones anómalas. Sin embargo hoy por hoy los costes de este tipo de instalaciones, que implica la implementación de los sistemas de medida con sistemas de almacenamiento electrónico y telecomunicación (con el necesario sistema de alimentación eléctrica), son elevados, y en teoría también tendrían que ser asumidos por los administrados. La enorme dispersión geográfica y variabilidad de captaciones supone un reto tecnológico considerable, y unos costes difíciles de asumir por gran parte de los usuarios.

Por otra parte, se están desarrollando algunos contadores con sistema integrado de control de volúmenes de agua. En estos sistemas mediante una tarjeta electrónica o dispositivo tipo *boton-chip*, se carga en el contador el volumen asignado por la Administración hidráulica, de acuerdo con el plan anual de explotación aprobado para la unidad hidrológica gestionada. De esta forma el propio agricultor va controlando su "saldo" de agua, administrándolo adecuadamente. Y se abre incluso la posibilidad de compra-venta entre usuarios de asignaciones de caudales dentro de una misma unidad de gestión hídrica, bajo el control de su comunidad de usuarios. Este sistema cuenta con las innegables ventajas de que no precisa de control periódico (lecturas de contador) por parte de la Administración (la carga de la tarjeta electrónica podría hacerse incluso de forma remota), y sus costes son inferiores al no necesitar de la infraestructura adicional de telecontrol (que además tiene mayor requerimiento de energía). Sin embargo no permite realizar un seguimiento temporal continuo de la evolución de la explotación de la unidad controlada ni, en consecuencia tomar medidas correctoras sobre la misma. Además hoy por hoy estos sistemas se encuentran en fase experimental (avanzada) y sus costes son aún elevados.

Parece pues evidente que no hay soluciones universales, sino que en cada circunstancia deberán aplicarse las tecnologías que más se adecuen. Por ejemplo, el sistema de tarjeta electrónica podría ser el adecuado para controlar unidades de gestión hídricas (subterráneas) bien conocidas y con un alto nivel de madurez y organización de la comunidad de usuarios. Mientras que en unidades hidrogeológicas con problemas, parece que los contadores telecontrolados capacitarían a la Administración para un control directo y eficaz de las extracciones, detectando y corrigiendo a tiempo las irregularidades que puedan producirse.

Aunque no se han mencionado hasta ahora, las soluciones de telecontrol son muy diversas (radio, telefonía GSM, cable (red eléctrica), satélites de alta y baja órbita, etc) y su aplicabilidad está supeditada a las circunstancias del medio físico (orografía, dispersión de puntos, ...).