



[PORTADA DE CUBIERTAS]

[logos]

[FOTO 1]

Proyecto LIFE HAGAR

FOLLETO DE RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO LIFE HAGAR

LIFE02 ENV/E/000210

[SEGUNDA PÁGINA DE CUBIERTAS]

[logotipo del programa life]

El programa Europeo LIFE.

El Programa LIFE es el **único instrumento financiero de la Unión Europea dedicado, de forma exclusiva**, al medio ambiente. Su objetivo general es contribuir a la aplicación, actualización y desarrollo de la política comunitaria de medio ambiente y de la legislación de medio ambiente, en particular en lo que se refiere a la integración del medio ambiente en las demás políticas, y al desarrollo sostenible en la Comunidad

LIFE Medio Ambiente El objetivo específico del ámbito temático LIFE - Medio ambiente es contribuir al desarrollo de técnicas y métodos innovadores e integrados y a la continuación del desarrollo de la política medioambiental comunitaria. El programa LIFE Medio - Ambiente **cofinancia acciones de demostración de carácter innovador** que:

- Integren las consideraciones relativas al medio ambiente y al desarrollo sostenible en la ordenación y el aprovechamiento del territorio, incluidas las zonas urbanas y costeras.
- Fomenten la gestión sostenible de las aguas subterráneas y superficiales.
- Reduzcan al máximo el impacto medioambiental de las actividades económicas, en especial mediante el desarrollo de tecnologías no contaminantes y con una atención particular a la prevención incluida la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Eviten, reutilicen, recuperen y reciclen todo los tipos de residuos y favorezcan una gestión racional de los flujos de residuos.
- Reduzcan el impacto medioambiental de los productos mediante una concepción integradora de las fases de producción, distribución, consumo y manipulación al final de la existencia, incluido el desarrollo de productos que respeten el medio ambiente.

Para más información puede consultarse

[http://www.mma.es/polit_amb/life/life_que.htm#life:](http://www.mma.es/polit_amb/life/life_que.htm#life)

<http://www.europa.eu.int/comm/environment/life/funding/index.html>

[LOGO DEL PROYECTO LIFE HAGAR]

1. Nombre y definición del proyecto.

El proyecto Life HAGAR, aprobado en 2002, tiene como objetivo promover el uso eficiente del agua en la agricultura mediante la aplicación de tecnologías innovadoras que permiten realizar recomendaciones y control del riego, con la finalidad de evitar la sobreexplotación de las aguas subterráneas y preservar así los humedales Castellano-Manchegos. El nombre oficial del proyecto es "Herramientas de autogestión del agua en sistemas hídricos sobreexplotados" Su acrónimo es "Proyecto HAGAR". En la zona del proyecto se ha difundido como el proyecto sobre el "Uso eficiente del agua en la agricultura". Más información sobre el proyecto puede consultarse en su página web www.life-hagar.com.

Está promovido por Acciones Integradas de Desarrollo y WWF/Adena y apoyado económicamente por el Programa LIFE de la Comisión Europea, por las Consejerías de Obras Públicas y Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha, el Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación y el Ministerio de Medio Ambiente a través de la Confederación Hidrográfica del Guadiana.

Alcance del proyecto.

Con este proyecto se pretende lograr ahorrar agua y otros insumos mediante un sistema de recomendaciones de riego para comunidades de regantes. Está basado en un "sistema informático de asesoramiento de riegos en tiempo real" que integra variables ambientales, microclimáticas y del suelo, medidas en campo y transmitidas vía radio que consigue ajustar al máximo la determinación de las necesidades hídricas de las plantas. Además, se implementa un sistema de información geográfica que incluye los datos catastrales y de gestión de riegos para la toma de decisiones en las comunidades de regantes que permiten el autocontrol y planificación del consumo. Este proyecto se realizó durante los años 2002-2005.

El éxito del modelo de autogestión del agua que planteamos se apoya en la posibilidad de compartir la información cooperativa entre los usuarios y las administraciones del agua y en el control de las condiciones de los cultivos enfocado a la toma de decisiones agronómicas en tiempo real que optimicen el uso del agua y otros insumos en la consecución de productos agrícolas sostenibles y de calidad.

[IMÁGENES DEL Folleto y póster del proyecto]

2. Participantes en el proyecto Life HAGAR:

Beneficiario del proyecto: Acciones Integradas de Desarrollo (AID). [www. accindes.org](http://www.accindes.org)

Socio principal: WWF/Adena. www.wwf.es.

Socio: APRODEL

Socio: Colegio de Doctores y Licenciados de Castilla La Mancha. CDL.

<http://www.cdclm.es>

Financiador Principal: Programa LIFE (Comisión Europea).

<http://www.europa.eu.int/comm/environment/life/funding/index.htm>

Co-financiador: Confederación Hidrográfica del Guadiana. Ministerio de Medio Ambiente. www.mma.es

Co-financiador: Dirección General del AGUA. Consejería de Obras Públicas. Junta de Comunidades de Castilla La Mancha. <http://www.jccm.es/oopp/index.htm>

Co-financiador: Dirección General de Desarrollo Rural. Consejería de Agricultura. Junta de Comunidades de Castilla La Mancha:
<http://www.jccm.es/agricultura/index.htm>

Co-financiador: Dirección General de Desarrollo Rural. Ministerio de Agricultura. www.mapya.es

3. Problema ambiental.

[FOTO 2]

La Directiva Marco del Agua (DMA) exige el uso sostenible de los recursos, a través del mantenimiento de un buen estado ecológico, “good status” de los ecosistemas acuáticos (artículo 4 ap.4.a.ii). Por otro lado, La Directiva europea de Hábitats exige el mantenimiento de los lugares de interés comunitario (LICs) dentro de la denominada Red Natura 2.000, donde se alberga el patrimonio natural más valioso de la Unión Europea. Estos espacios necesitan un aporte de agua suficiente en cantidad (caudal ecológico) y calidad, que debe contemplarse en la planificación y gestión de las cuencas hidrográficas, tal como exige el arts. 5 y 6 de la DMA. Por otro lado, la Regulación del Consejo REGLAMENTO (CE) No 796/2004 DE LA COMISIÓN del 21 de abril de 2004, por el que se establecen disposiciones para la aplicación de la condicionalidad, supone el cumplimiento de buenas prácticas ambientales básicas que incluyen el correcto uso del agua. Todos estos requerimientos de la política comunitaria suponen un nuevo reto, de obligado cumplimiento, al que deben dirigirse los Estados miembros y cuya ejecución corresponde a las autoridades de la cuenca hidrográfica. Pero este planteamiento debe ser viable en la práctica, lo que supone evitar un perjuicio económico a corto plazo. Además, como el agua es un recurso limitado e irregular en países mediterráneos como España, el desarrollo de una agricultura productiva en este área geográfica se relaciona con el regadío. Por otro lado, en las regiones del interior, las políticas de ayudas directas de la PAC priman más a los cultivos contingentados de regadío que a los de secano. Como consecuencia de todo ello, el 80% del consumo de agua en España se atribuye al regadío.

Es ampliamente reconocida la ineficiencia de los actuales sistemas de riego en España, tanto en la distribución (45% de pérdidas) como en las técnicas (55% por inundación), algo que se contradice con la escasez de este recurso en amplias regiones. El problema se agrava cuando se produce una sobreexplotación de los recursos renovables de agua. Esto plantea fuertes inconvenientes en el proceso planificador de las cuencas hidrográficas que exige la DMA (art. 11 ap.3c), pues se crean problemas medioambientales, de capacidad de reacción frente las sequías y de afección a humedales protegidos o de interés.

Una de las acciones que permiten el cumplimiento de la legislación comunitaria en materia de aguas es la **gestión de la demanda** del agua; es decir calcular con exactitud las necesidades reales de los usuarios (demandas), con el fin de ajustar la oferta o producir un ahorro suficiente de agua que permita una capacidad de reacción en

momentos de escasez. Esto se convierte en una necesidad imperiosa en los sistemas sobreexplotados, como ciertos acuíferos, donde el control del gasto del agua es muy complicado y la insolidaridad entre regantes puede hacer fracasar los regímenes de explotación establecidos por la administración de cuenca.

El Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel y el Parque Natural de las Lagunas de Ruidera son dos grandes humedales que dependen hidrológicamente de los acuíferos 23 y 24 de la Cuenca Alta del Río Guadiana. Durante los últimos 30 años, la zona ha vivido una expansión masiva del regadío, con fuertes impactos sobre los humedales por la sobreexplotación de los acuíferos. En el año 1987, la Confederación Hidrográfica del Guadiana hizo una declaración provisional de sobreexplotación del Acuífero 23 y, a partir de 1991, se introdujeron restricciones mediante un Régimen Anual de Explotación. Sin embargo, esta medida no resultó efectiva, en parte por la resistencia de muchos agricultores a cumplir con unos regímenes que podrían afectar a sus rentas.

Mediante el Programa Agroambiental de la Política Agraria Común Europea (PAC) tan solo se ha conseguido abonar a los agricultores la pérdida de dinero derivada del cumplimiento estricto del régimen obligatorio de explotación, y no una suficiente mejora en la recarga del acuífero. Por otro lado, el control del uso del agua es muy dificultoso, ya que los puntos posibles de captación de agua por extracción del acuífero son prácticamente infinitos. Esto lleva fácilmente a la insolidaridad entre regantes en sistemas de acuíferos sobreexplotados. Ante esto, la única solución es la sensibilización y la capacitación hacia un uso sostenible del agua, que por el momento no se aplica porque los propios agricultores lo desconocen.

[foto 3 y

foto 4]

4. Objetivo general y objetivos operativos del proyecto.

Objetivo general:

Demostrar la capacidad de ahorrar agua y otros insumos de un sistema de autocontrol para comunidades de regantes, basado en una herramienta de autogestión del agua y una metodología de trabajo, apoyada en un sistema automático de asesoramiento de riegos en tiempo real.

Objetivos operativos:

- Poner en marcha un “**sistema de asesoramiento de riegos**” en parcelas piloto, para reducir la demanda de agua y ajustarla a las necesidades de los cultivos, destinado a las comunidades de regantes en acuíferos sobreexplotados.
- Demostrar la viabilidad del sistema de gestión de la demanda para permitir compatibilizar el cumplimiento de la normativa comunitaria en materia de aguas y naturaleza (Directivas Marco de Aguas y Hábitats) con el uso de los recursos hídricos en las cuencas y facilitar la aplicación de medidas de codicionalidad de la PAC mediante una **herramienta de autogestión** del agua para comunidades de regantes en acuíferos sobreexplotados.
- Capacitar a los agricultores actuales y futuros para el desarrollo de sistemas de autocontrol del agua en la zona.

- Llevar a cabo Cursos de formación técnica sobre gestión de la demanda en agricultura y gestión del agua en Comunidades de Regantes, dirigidos a agricultores y miembros de Comunidades de Regantes y a estudiantes de escuelas técnicas y de Formación Profesional.
- Diseñar, desarrollar e implementar una serie de Unidades Didácticas sobre el agua adaptadas a los diferentes niveles, ciclos y etapas, desde la Educación Infantil a Bachillerato, incluyendo diversas modalidades de educación de adultos.
- Extrapolar los resultados del proyecto para obtener el beneficio ambiental potencial de ahorro de agua en toda la cuenca hidrográfica.
- Relacionar los requerimientos hídricos y ambientales de los humedales de Las Tablas de Daimiel y Las Lagunas de Ruidera con la capacidad de ahorro potencial obtenida por el sistema de asesoramiento en riego.
- Contribuir a la Estrategia Común de Implementación de la Directiva Marco del Agua en sus siguientes tareas: (i) identificación y guía de buenas prácticas de participación en la planificación y gestión de cuenca; (ii) desarrollo de herramientas técnicas para la gestión de las cuencas fluviales, en especial herramientas para la ejecución de la DMA y desarrollo de casos de estudio de herramientas para la eficiencia del uso; (iii) Implementación de un GIS compatible con las necesidades de la DMA, explorando sus posibilidades de desarrollo.

5. Metodología

[foto 5

y foto 6]

El “**sistema de asesoramiento de riegos**”, que integra variables ambientales y del terreno medidas en tiempo real, se experimentó en varias parcelas piloto de cultivo ubicadas en los términos municipales de Llanos del Caudillo y Villarta de San Juan (Ciudad Real, Castilla-La Mancha) enclavados en parte del acuífero 23, un sistema hídrico sobreexplotado. El área de trabajo tendría un eje imaginario en cuyos extremos se encuentran los parques Nacional de las Tablas de Daimiel y Natural de Las Lagunas de Ruidera, dos humedales muy afectados por la sobreexplotación de dichos acuíferos, a los que se encuentran hidrológicamente conectados. Para evaluar el beneficio ambiental que consigue el sistema se calculó el ahorro total potencial de agua en los acuíferos, mediante un GIS, por extrapolación de los resultados de ahorro obtenidos en las parcelas piloto a todas las parcelas de cultivo que extraen agua de los acuíferos, y que han sido previamente cartografiadas mediante imágenes de satélite. Este ahorro se comparará con las necesidades hídricas de Las Tablas de Daimiel y Las Lagunas de Ruidera; para lo cual sus requerimientos ambientales (balance hídrico, procesos ecológicos...) fueron previamente estimados. La duración del proyecto fué de tres años, y se dividió en fases:

5.1. Instalación y funcionamiento de prototipos de toma de datos en campo durante la primera campaña de cultivos

Aplicación de las técnicas de seguimiento microclimático y de la humedad del suelo para estimar las necesidades hídricas de los cultivos de forma precisa en las parcelas piloto.

- Se instalaron 12 estaciones de recepción y envío de datos, conectadas a sensores existentes ya en el mercado, que miden variables ambientales que condicionan el consumo de agua de las plantas y el estado hídrico del suelo, y cuyos datos se transmiten vía radio. También se instalaron en ellas 12 sistemas de contadores con telelectura a distancia. Los datos se recogieron a lo largo de todo el ciclo de vida de los cultivos en una Estación central de recogida/transmisión de datos, instalados con suficiente alcance vía radio entre ellos y entre todas las estaciones de las parcelas piloto. Finalmente, los datos se reenvían y almacenan en un receptor conectado a un PC, instalado en una comunidad de regantes y cargado con un “software” adquirido en el mercado (base del “sistema de asesoramiento en riegos”) para procesar la información. La campaña de seguimiento y obtención de datos durante el primer ciclo anual de cultivos completo sirvió para definir los tratamientos necesarios en los diferentes estados fenológicos de los cultivos hasta la obtención de la cosecha y alimentar con estos parámetros al “software”.

5.2. Calibración del Sistema de Asesoramiento en Regadíos y segunda campaña de recogida de datos de los cultivos de las parcelas piloto.

En la segunda campaña de seguimiento de los cultivos en las parcelas piloto, se les aplicaron los riegos y tratamientos en función de las indicaciones de una metodología de trabajo que se automatizó mediante un software diseñado “ad hoc” para facilitar las recomendaciones de riego. Los agricultores fueron orientados hacia el modo de tratamiento de los cultivos. Al final, se obtuvo el gasto de agua y otros insumos producido en cada parcela y se analizaron.

5.3. Generación de escenarios de consumo de agua mediante extrapolación a todos los cultivos de los acuíferos del gasto de agua de las parcelas piloto.

Requiere la estimación y cartografía de las superficies en regadío en ambos acuíferos (8.500 km²) a partir de las imágenes satélites Landsat (sensor TM *Thematic Mapper*) en fechas de primavera y verano de las campañas 2003 y 2004. Utilizando un Sistema de información Geográfica (SIG), se procede al tratamiento digital de las imágenes de satélite. Mediante clasificación multiespectral, se obtiene el área que ocupa cada uno de los cultivos en la zona de los acuíferos durante dichas campañas. La estimación del gasto global potencial de agua de cada año en los dos acuíferos se obtiene asignando a cada superficie de cada tipo de cultivo obtenida los valores de consumo de agua por hectárea según diferentes hipótesis. De la misma forma se calcula el consumo que se produciría si todos los cultivos hubiesen tenido el mismo consumo que el producido en los cultivos piloto del proyecto HAGAR durante la primera y segunda campaña. Esta última contó con el funcionamiento del “sistema de asesoramiento de riego” HAGAR.

De la suma del gasto potencial de agua de todas las parcelas piloto se obtiene un valor de consumo potencial global del escenario HAGAR. Este consumo se comparó con el que se obtiene de aplicar a las superficies detectadas por otros supuestos de dotaciones de riego por hectárea, tanto de la práctica habitual como de la Metodología de la FAO y diversos estándares, elaborándose con ello diferentes escenarios de consumo global.

5.4. Evaluación de beneficios ambientales de los escenarios de ahorro de agua en los acuíferos 23 y 24 en relación con Directivas Marco de Agua y Hábitats

Se valoró la capacidad de ahorro del “sistema de asesoramiento en riegos” mediante la comparación entre los escenarios de consumo de agua obtenidos. El beneficio ambiental conseguido es valorado como el incremento anual del volumen de agua en los acuíferos. Este aumento de volumen de agua debe corresponder a la recuperación de los niveles piezométricos de los acuíferos que, tras un determinado periodo de tiempo, permitan cubrir los requerimientos hídricos necesarios para la consecución del “buen estado ecológico” de los humedales de las Tablas de Daimiel y las Lagunas de Ruidera, el cual ha sido previamente calculado.

[foto 6 bis]

5.5. Elaboración de una herramienta de autogestión del agua para comunidades de regantes

Se diseñó un sistema de autogestión basado en un SIG para todo el conjunto de cultivos del Término de Llanos del Caudillo, y orientado a la autogestión del agua en las comunidades de regantes (ver capítulo 10).

6. Ahorro de agua mediante un sistema de asesoramiento para la estimación de las necesidades hídricas de los cultivos de regadío

Los dispositivos para el control de los cultivos, instalados en las parcelas piloto, han registrado datos agronómicos, de suelo (humedad a diferentes profundidades), clima (temperatura, humedad relativa, precipitación, insolación, viento), y planta (dendrómetros en viña y maíz que miden las variaciones de diámetro del tronco de la planta cuando se consume agua), así como equipos emisores de transmisión de datos (Addwave y Addit) en 12 parcelas. En cada una de ellas se plantaron diferentes tipos de cultivo (cebada, trigo, maíz, melón, alfalfa, remolacha, vid y cebolla) y tipos de riego. Igualmente, se han instalado 12 contadores de agua (caudalímetros) en las tomas de agua de pozo de todas las parcelas, los cuales se han conectado a los mencionados equipos de transmisión de datos mediante una placa sensible a la emisión de impulsos de los contadores (tabla 1).

6.1 Descripción de los equipos instalados:

Dataloggers radioemisores (Addit y Addwave)

Para el muestreo de los sensores y el almacenamiento de los datos procedentes de estos se han empleado dos modelos de dataloggers, ambos fabricados por Adcon Telemetry GmbH. Cada uno de ellos, además, tiene diferentes capacidades de emisión vía radio.

Addit: tiene capacidad para monitorizar los datos de 6 sensores analógicos, 2 sensores de pulsos, 2 sensores digitales on/off y 20 sensores digitales tipo SDI-12. El alcance de su radio es de 1 km.

[foto 7]

Addwave: tiene capacidad para monitorizar los datos de hasta 12 sensores Analógicos, 4 sensores de pulsos, 4 sensores digitales on/off y 20 sensores digitales tipo SDI-12. El alcance de su radio es de hasta 20 km. Tiene capacidad para actuar de repetidor lo que permite ampliar el alcance de las redes de telemetría.

[foto 8]

Sensores

De variables climaticas:

Temperatura: -40 a +60°C con +-2°C de error

Húmedad relativa: 0-100%, con error de +-2% de 0 a 90% y +-3% de 90 a 100%

Humectación de hoja: 0 a 10, donde 0 es no humectación en hoja y 10 es hoja completamente mojada.

Sensor de viento: es el clásico anemómetro de cazoletas con veleta y el sensor, con una precisión de +- 0,1m/sg para la velocidad y 1° para dirección del viento

Sensor de radiación: es una fotorresistencia que mide la radiación en el rango del PAR (400 a 700 nm).

[foto 9]

Pluviómetros: para la medición del agua de lluvia o riego se basan en el mecanismo de cuchara. En el caso de los pluviómetros de lluvia cada uno de los vuelcos de la cuchara significan 2 mm de lluvia.

[foto 10]

Dendrómetros: Marca Plantsens fabricados por CPS en España, se basan en el uso de galgas extensiométricas que determinan la deformación de una lámina de aluminio respecto al punto neutral. Su precisión teórica es de 1 micra, pero la real es de 5 micras.

[Foto 11 bis]

Sensores de humedad en el suelo: Marca C-Probe fabricados por Agrilink, se basan en el mecanismo de capacitancia para determinar la humedad en el suelo que miden en porcentaje de humedad. Su precisión es de el 1%.

[foto 12]

Caudalímetros. De 1.000 y 5.000 l/hora. Instalados por la empresa Grupo Monedero.

[foto 13]

Tabla 1. Parcelas piloto, agricultores y cultivos en la campaña 2003

Cultivo	Sistema de riego	Superficie total de cultivo (ha)	Transmisores datos	Control humedad	Control riego	Estación clima parcial	Sensores de planta	Contadores
Cebada	Aspersión móvil	3	1 addlt	1	1			1
Trigo	Aspersión móvil	3	1 addlt	1	1			1
Melón	Goteo	5	1 addlt	1	1			1
Maíz	Pívot	12	2 addlts	1	1		3	1
Maíz	Goteo	6	1 addlt	1	1		3	1
Remolacha	Aspersión móvil	4	2 addlts	1	1			1
Alfalfa	Aspersión móvil	5	2 addlts	1	1			1
Viñedo Espaldera	Goteo	4	1 addWave, 1 addlt	1	1	1	3	1
Viñedo Vaso	Goteo	6	1 addWave, 1 addlt	1	1		3	1
Viñedo Vaso	Goteo	-	1 addWave, 1 addlt	1	1	1	3	1
Cebolla.siembra directa	Pívot	-	1 addWave	1	1			
Cebolla trasplante	Aspersión móvil	4	1 addlt	1	1			1

6.2 Sistema de Recepción y tratamiento de datos

[FOTO 14]

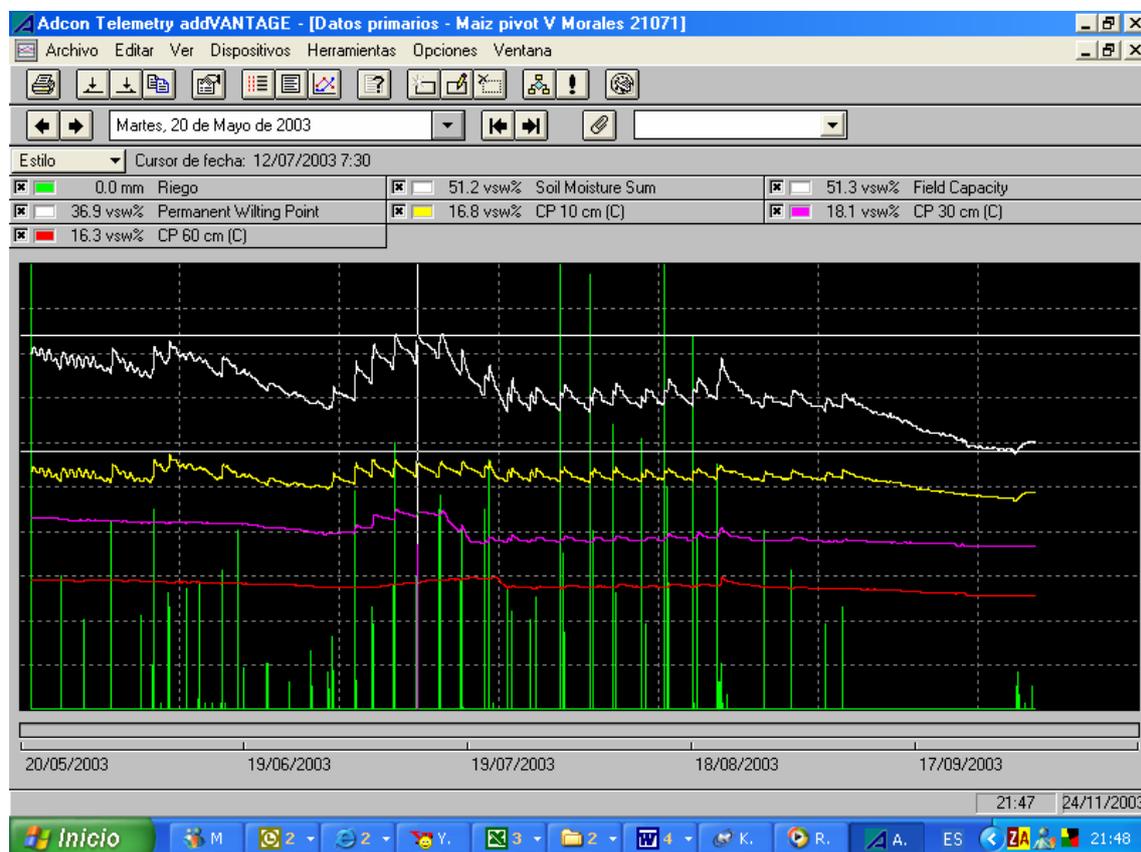
En el edificio de la oficina de la Cooperativa de regantes de Los Llanos se ha instalado el equipo receptor de datos (equipo base de la Red Datalogger A730MD de Addcom Telemetry, con 20 Km de alcance). Recoge la información de datos cada 15 minutos vía radio enviada desde los emisores, los cuales recogen los datos de las sondas de campo. La recepción se realiza mediante una antena adecuadamente instalada en el tejado del edificio. Se ha habilitado una línea telefónica para la recogida periódica vía MODEM de los datos almacenados en el receptor. El inicio de toma de datos, que se reciben en el receptor, empezó en la última semana de mayo de 2003.

El software del sistema está basado en el Programa Advantage, de origen comercial, con el que se establecen una serie de alarmas y avisos sobre prácticas de riego, en base a la información y aprendizaje ya realizado durante la primera campaña de cultivos en 2003, y que guiarán las prácticas de riego durante la segunda fase en 2004. Con esto se conseguirá disminuir el agua aportada a los cultivos al permitir al sistema ajustar el consumo de las plantas en función de la evolución del clima y suelo (un aspecto de las gráficas que ha generado el sistema para todos los cultivos en la campaña 2003 se puede observar en el siguiente apartado 6.3)

6.3 Ejemplo de Seguimiento de los cultivos y resultados agronómicos.

Maíz Pívo, Dispositivo 21071. Sensor de humedad C-probe

[foto 15. aquí abajo]



Comentarios al gráfico de humedad registrado por el C-probe:

La cantidad de agua aplicada ha estado por debajo de las necesidades teóricas, no obstante los sensores de humedad instalados no han registrado periodos de estrés. Durante toda la campaña de riego la humedad del suelo ha estado por encima del 50% del agua útil. No obstante, hubiera sido deseable que desde el 25 de junio al 25 de julio (periodo de floración e inicio de llenado del grano) el nivel de humedad no hubiese descendido por debajo del 30% del agua útil, como si ha ocurrido al comienzo y final de este periodo.

En este caso, se puede considerar que, durante los riegos producidos durante el mes de julio se alcanzó un estado hídrico del suelo cercano a la Capacidad de Campo (si bien esta estimación necesitará de comprobaciones ulteriores).

7. Programa de recomendaciones de riego: Aplicación HAGAR para el cálculo de las necesidades de riego

Consiste en una aplicación de uso muy sencillo que permita al agricultor conocer las necesidades de riego de su cultivo/parcela usando para dicho cálculo la información de los equipos y sensores de control de variables agroclimáticas y de humedad del suelo situados en parcelas escogidas y asesoradas por un técnico especialista.

La aplicación es una parte importante pero no fundamental dentro del modelo de trabajo propuesto y tiene como objetivo simplificar el proceso de toma de decisiones en la gestión de equipos de medición del estado hídrico del suelo. Permite evaluar rápidamente si la estrategia de riegos es apta para mantener al cultivo dentro de unos márgenes apropiados a la consecución de unos objetivos económicos aceptables. Este programa no sustituye al técnico en agronomía sino que facilita la toma de decisiones de riego.

Una vez supervisado su funcionamiento por el técnico especialista y calibrados sus márgenes de trabajo es posible emplear la aplicación como herramienta para obtener recomendaciones semanales de riego empleando parámetros de clima, riego y suelo.

7.1 Funcionamiento de la aplicación

La aplicación emplea una serie de variables y parámetros externos para dilucidar si el riego aportado sobre la parcela de control es de buena calidad o no, de modo que se pueda decidir su repetición en el tiempo aplicando los correspondientes factores de corrección. En caso negativo, el programa ofrece como alternativa el uso de la evapotranspiración del cultivo (Etc) convenientemente corregida.

El programa se compone de cuatro pantallas, y un programa de cálculo basado en una base de datos que permite la parametrización de la aplicación y por tanto su mejora.

Pantalla 1: Presentación.

[foto 16. aquí abajo]



Pantalla 2: Usuario/contraseña, permite tener cierto control sobre los usuarios que acceden a la aplicación de modo que se eviten accesos no deseados.

[foto 17. Aquí abajo]

Firefox browser window showing the login page for Hagar. The address bar displays `http://localhost:8090/login`. The page header includes the LIFE logo and the text "Hagar Aplicación para el cálculo de necesidades de riego" and "uso eficiente del agua en la agricultura". The main content area contains a login form with fields for "Usuario:" and "Contraseña:" and an "Entrar" button. The footer features logos for "acciones integradas de desarrollo", "WWF", "ADRODEL", "Comisión de Estudios y Licencias en Fitorría y Lantuz y sus Derivados de Castilla-La Mancha", "MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE", "COMISIÓN HERRAMIENTA DE GUADIANA", "MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN", "Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha", and "Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha". The page is developed by "Verdtech, Nuevo Campo S.A."

Pantalla 3: Introducción de datos: parcela, tipo de suelo, tipo de cultivo, fecha de siembra y fecha de cálculo deseada para la recomendación de riego.

[foto 18 aquí abajo]

The screenshot shows a web browser window with the title "HAGAR :: Datos del cultivo :: - Mozilla Firefox". The address bar shows "http://localhost:8090/datos". The page header includes the "Life" logo, the text "Hagar Aplicación para el cálculo de necesidades de riego", and a logo for "uso eficiente del agua en la agricultura".

The main content area contains the following form fields and elements:

- Por favor, indique los siguientes datos:**
- Tipo de cultivo y riego:** MAIZ - EQUIPOS PIVOT - ARENOSO (Siembra en: 11/04/04) EL SOTILLO
- Tipo de suelo:** El de la parcela de control
- Fecha de recomendación:** 11 de julio de 2004
- Fecha de recomendación:** (sólo domingos)
- A calendar for July 2004 with navigation arrows. The calendar shows the following dates: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31.
- Calcular necesidades de riego** button

The footer contains logos for "acciones integradas de desarrollo", "WWF", "APRODEL", "Comisión de Estudios y Asesorías en Filosofía, Letras y Ciencias de Castilla-La Mancha", "MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE", "COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CASTILLA-LA MANCHA", "MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN", "Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha", and "Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha". Below the logos is the text "Desarrollado por Verdttech, Nuevo Campo S.A."

Pantalla 4: Muestra de resultados

[foto 19 aquí abajo]

Hagar
Aplicación para el cálculo de necesidades de riego

Resultados de los cálculos de las necesidades de riego de su parcela:

Se han tenido en cuenta los siguientes datos y características de la parcela de control:

Cultivo:	MAIZ	<p>La recomendación de riego es: 35.0 litros por metro cuadrado (milímetros de riego) Aplicable al periodo : 12/07/2004 al 19/07/2004</p>
Fecha de Siembra:	11/04/04	
Suelo:	ARENOSO	
Sistema de riego:	EQUIPOS PIVOT	
Nombre parcela de control:	EL SOTILLO	
Et0 Acumulada (04/07/2004 al 11/07/2004):	37.0	

Imprimir Salir Recalcular

Desarrollado por Verdtech, Nuevo Campo S.A.

Las parcelas de control están supervisadas por un técnico especialista que determina un programa de riego **basado en los datos recibidos por el sistema y su experiencia**. Una vez establecido un programa de riego, el agricultor actúa definiendo inicialmente, con la ayuda del técnico y su experiencia, los turnos de riego y las horas más apropiadas para regar.

La aplicación estima las necesidades a partir de varios parámetros:

- tipo de cultivo
- fecha actual
- fecha de siembra (permite establecer el estado fenológico, Kc, etc.)
- Parámetros climáticos obtenidos de la instalación de equipos
- Parámetros de riego y **estado hídrico del suelo**

Con toda esta información el programa calcula la ETc y estima la calidad de los riegos aportados considerando el estado fenológico del cultivo.

4.1 Proceso de cálculo

La aplicación es capaz de dar recomendaciones semanales, que se dan de lunes a domingo.

El funcionamiento del proceso de cálculo es el siguiente:

1. El agricultor o persona interesada en obtener una recomendación para su parcela introduce en la aplicación el tipo de cultivo y la fecha en la que desea que se realicen los cálculos
2. Dicha información es contrastada con una base de datos de donde se obtienen, para dichos cultivo y fecha, los valores asociados correspondientes:
 - Límites de humedad de suelo (máximos y mínimos)
 - Kc
 - Factores de corrección del riego
3. Adicionalmente la **aplicación extrae de los sistemas de telemetría** la información climática necesaria para calcular la ET0 semanal y los datos sobre el **riego** y el **estado hídrico del suelo** necesarios para determinar la "calidad" del riego durante la semana anterior, que es analizada.
4. Con todos estos parámetros la aplicación define si el riego ha estado dentro de los parámetros apropiados o no.
5. En caso afirmativo aporta como recomendación el riego de la semana anterior, corregido por un factor que permite el paso de una semana a otra, ajustándose a las necesidades hídricas según la fenología del cultivo
6. En caso negativo da la alternativa de la ETc –corregida por el mismo factor- como estimación del riego recomendado.

8. Resultados de ahorro de agua en los cultivos de las parcelas piloto.

8.1 Consumo de agua por cultivo

En la tabla siguiente se detallan, para los años 2003 y 2004, las cantidades de agua por hectárea obtenidas mediante la aplicación de la metodología de trabajo y el sistema de cálculo de las necesidades de riego en las parcelas piloto del proyecto HAGAR (tabla 2). Para comparación se añaden distintas dotaciones teóricas y recomendaciones según el método de la FAO para los mismos cultivos.

Tabla 2 **CONSUMO DE AGUA POR CULTIVO (m³/ha)**

	Práctica habitual	Dotación teórica	Necesidades FAO	Recomendaciones HAGAR
ALFALFA				
2003	8.260	9.000	7.810	---
2004	7.141	9.000	6.665	6.350

CEBADA

2003	1.500	2.000	2.310	---
2004	0	2.000	2.159	1.455

CEBOLLA S.D.¹

2003	9.730	7.000	6.250	---
2004	8.638	7.000	5.584	4.620

CEBOLLA T.²

2003	5.673	6.000	4.470	---
2004	4.855	6.000	3.988	4.000

MAÍZ GOTEÓ

2003	7.256	8.000	6.620	---
2004	6.443	8.000	6.304	5.250

MAÍZ PIVOT

2003	7.450	8.000	7.020	---
2004	6.802	8.000	6.304	5.400

MELÓN

2003	5.610	5.100	4.760	---
2004	5.383	5.100	4.654	4.700

REMOLACHA

2003	10.220	8.000	8.660	---
2004	10.214	8.000	7.713	7.050

	Práctica habitual	Dotación teórica	Necesidades FAO	Recomendaciones HAGAR
--	-------------------	------------------	-----------------	-----------------------

TRIGO

2003	2.270	2.000	3.280	---
2004	0	2.000	2.467	1.951

VIÑA B. V⁴

2003	1.573	2.000	1.670	---
2004	1.317	2.000	1.453	1.160

VIÑA T. E.⁵

2003	1.573	2.000	1.670	---
2004	1.317	2.000	1.573	1.365

VIÑA T. V.⁶

2003	1.573	2.000	1.670	---
2004	1.317	2.000	1.372	1.100

Régimen de explotación	Cultivos herbáceos	Viña
------------------------	--------------------	------

Régimen de explotación

2003	1.955	1.000
2004	1.955	1.000

¹ cebolla de siembra directa.

² cebollas de transplante.

³ melón de ciclo medio transplantado la primera decena de mayo.

⁴ viña blanca en vaso.

⁵ viña tinta en espaldera.

⁶ viña tinta en vaso.

8.2 Tendencias en el manejo del riego

Al analizar la práctica habitual del manejo del riego en la zona del proyecto (parcelas piloto) y las recomendaciones teóricas que para los cultivos propone la metodología de la FAO se detecta que los cultivos con más plasticidad ante el estrés hídrico, como cereales de invierno y viña, tienden a ser regados por debajo de sus necesidades FAO. En cambio, los mayores excesos de riego se producen en los cultivos con una rentabilidad potencial mayor, como la cebolla y la remolacha. Como referencia teórica podemos señalar que, excepto para el cereal y la viña, el riego conforme a los criterios de necesidades FAO supondría la siguiente relación de ahorros, respecto a la práctica habitual:

- Alfalfa: 7%
- Cebolla: 29%
- Maíz: 6%
- Melón: 13%
- Remolacha: 25%

La metodología de trabajo HAGAR, mediante seguimiento en tiempo real de la evolución del contenido de humedad del perfil del suelo, puede llegar a conseguir los siguientes ahorros respecto a la práctica habitual, dando un paso más allá:

- Alfalfa: 12%
- Cebolla: 36%
- Cereal invierno: -6%
- Maíz: 20%
- Melón: 13%
- Remolacha: 31%
- Viña: 6%

9. Escenarios de ahorro potencial para los acuíferos sobreexplotados

9.1 Definición de escenarios

Para evaluar el impacto global del consumo de agua, en el ámbito territorial contemplado en el proyecto HAGAR, se ha optado por elaborar escenarios de consumo que se corresponden con las 5 hipótesis que a continuación exponemos. Cada una de las hipótesis se aplica de forma única y general a toda la superficie de riego considerada en el proyecto:

1. **PRÁCTICA HABITUAL:** aplicación a las superficies de los cultivos de los consumos que realmente vienen realizando los agricultores, con independencia de su base para la toma de decisiones de riego.

2. DOTACIÓN TEÓRICA: aplicación a las superficies de los cultivos de las necesidades de riego interanuales medias, admitidas como referencia teórica para los distintos cultivos en la zona centro de España.
3. NECESIDADES FAO: dotaciones obtenidas como resultado del balance hídrico calculado conforme a los criterios de la FAO. Para el cálculo de la evapotranspiración potencial se emplea en método de Penman- Monteih, y como coeficientes de cultivo los valores diarios obtenidos por el ITAP y el SIAR.
4. RECOMENDACIONES HAGAR: son las necesidades de riego definidas en base al seguimiento del contenido de humedad del perfil del suelo, mediante sondas capacitivas en las parcelas piloto, según la metodología propia del proyecto HAGAR.
5. RÉGIMEN DE EXPLOTACIÓN: a modo de referencia, se incluye el resultado de considerar que toda la superficie susceptible de ser regada, con independencia de su estatus jurídico, recibe las dotaciones por hectárea estipuladas en el “Régimen de Explotación Anual”, determinado por la Confederación Hidrográfica del Guadiana.

9.2 Resultados globales de los escenarios

Los trabajos de teledetección, encuadrados en el proyecto HAGAR, han permitido discriminar la superficie regada correspondiente a los cultivos herbáceos, en los ámbitos geográficos siguientes (Tabla 3):

- 1- Acuífero de la Mancha Occidental.
- 2- Perímetro adicional del acuífero de la Sierra de Altomira.
- 3- Acuífero del Campo de Montiel.

Tabla 3. SUPERFICIE OCUPADA POR LOS DISTINTOS CULTIVOS HERBÁCEOS.

HECTÁREAS

	2003			2004		
	Mancha Occidental	Zona S. Altomira	Campo de Montiel	Mancha Occidental	Zona S. Altomira	Campo de Montiel
Alfalfa	2.709	40	0	920	0	0
Cebolla	1.018		0	2.035	195	0
Cereal invierno	34.333	5.177	4.857	8.093	792	3.471
Maíz	5.430	26	0	5.263	71	66
Melón	2.270	0	0	4.112	17	0
Remolacha	1.364	0	0	2.077	24	0
Otros	789	154	114	666	220	71
TOTAL	47.913	5.397	4.971	22.500	1.319	3.608

Dado que la presencia de regadíos intensivos en el acuífero del Campo de Montiel (nº 24) no es digna de relevancia, **los datos de superficie tomados en consideración en la**

elaboración de escenarios de consumo se refieren al perímetro sobreexplotado del acuífero de la Mancha Occidental (nº 23, ahora UH 04.04), junto con la zona adicional del acuífero de Altomira.

En base al anterior reparto de superficies, se han calculado los consumos totales de agua para cada uno de los escenarios (tablas 4 a 8). Habiéndose asumido, para el cálculo, las siguientes premisas:

- Cebolla: se toma como cifra de consumo la media entre la cebolla de siembra directa y la de transplante. Aunque en la realidad predomine la cebolla de siembra directa.
- Cereal invierno: la cifra de consumo es la media entre cebada y trigo.
- Maíz: se consigna como consumo la media ponderada entre el maíz en goteo (20%) y el maíz en pivot (80%). El maíz en goteo es más propio de pequeñas parcelas, predominando en general la aspersión y los pivots.
- Viña: la imposibilidad de discriminar la viña regada, mediante la actual tecnología de teledetección, hace que no se pueda contar con datos propios de superficie para los distintos años. Como solución de compromiso, y ante la disparidad de las distintas fuentes de información, se considera que de forma regular pueden regarse unas 57.000 ha. de viña. La cifra de consumo de agua empleada en este cultivo es la media aritmética de los tres casos detallados en la tabla 2 casos representativos de la amplia diversidad de variedades y tipologías de viñedo.
- La estimación del total de superficie susceptible de ser regada, con independencia de su estatus jurídico, se cifra en 164.000 ha. para los cultivos herbáceos y 57.000 ha. para el viñedo.
- Otros cultivos: al englobarse en este epígrafe la superficie no atribuida a ninguno de los cultivos ya especificados; bien por las limitaciones de la metodología de teledetección, o por tratarse de otro tipo de cultivo de escasa relevancia no contemplado específicamente; se ha optado por tomar como consumo la media obtenida con los de todos los demás cultivos herbáceos.

Tabla 4. **CONSUMO TOTAL DE AGUA. ESCENARIO 1: PRÁCTICA HABITUAL**

PRÁCTICA HABITUAL

	2003			2004		
	Superficie (ha)	Consumo (m3/ha)	Total (hm3)	Superficie (ha)	Consumo (m3/ha)	Total (hm3)
Alfalfa	2.749	8.260	22,7	920	7.141	6,6
Cebolla	1.018	7.701	7,8	2.230	6.747	15,0
Cereal invierno	44.367	1.885	83,6	12.356	1.602	19,8
Maíz	5.456	7.411	40,43	5.400	6.730	36,3
Melón	2.270	5.610	12,7	4.129	5.383	22,2
Remolacha	1.364	10.220	13,9	2.101	10.214	21,5
Viña	57.000	1.573	89,7	57.000	1.317	75,1
Otros	1.057	7.110	7,5	957	6.522	6,2
TOTAL	115.281		278,3	85.093		202,7

Consumo medio por ha. regada (m3)	2.411	2.382
-----------------------------------	-------	-------

Tabla 5. **CONSUMO TOTAL DE AGUA. ESCENARIO 2: DOTACIÓN TEÓRICA**

DOTACIÓN TEÓRICA

	2003			2004		
	Superficie (ha)	Consumo (m3/ha)	Total (hm3)	Superficie (ha)	Consumo (m3/ha)	Total (hm3)
Alfalfa	2.749	9.000	24,7	920	9.000	8,3
Cebolla	1.018	6.500	6,6	2.230	6.500	14,5
Cereal invierno	44.367	2.000	88,7	12.356	2.000	24,7
Maíz	5.456	8.000	43,6	5.400	8.000	43,2
Melón	2.270	5.100	11,6	4.129	5.100	21,1
Remolacha	1.364	8.000	11,0	2.101	8.000	16,8
Viña	57.000	2.000	114,0	57.000	2.000	114,0
Otros	1.057	6.683	7,1	957	6.683	6,4
TOTAL	115.281		307,3	85.093		249,0

Consumo medio por ha. regada (m3)	2.665	2.926
-----------------------------------	-------	-------

Tabla 6. **CONSUMO TOTAL DE AGUA. ESCENARIO 3: NECESIDADES FAO**

NECESIDADES FAO

	2003			2004		
	Superficie (ha)	Consumo (m3/ha)	Total (hm3)	Superficie (ha)	Consumo (m3/ha)	Total (hm3)
Alfalfa	2.749	7.810	21,5	920	6.665	6,1
Cebolla	1.018	5.360	6,4	2.230	4.786	10,7
Cereal invierno	44.367	2.795	124,0	12.356	2.313	28,6
Maíz	5.456	6.940	37,9	5.400	6.304	34,0
Melón	2.270	4.760	10,8	4.129	4.654	19,2
Remolacha	1.364	8.660	11,8	2.101	7.713	16,2
Viña	57.000	1.670	95,2	57.000	1.800	102,6
Otros	1.057	6.333	6,7	957	5.706	5,5
TOTAL	115.281		314,3	85.093		222,9

Consumo medio por ha. regada (m3)	2.726	2.619
-----------------------------------	-------	-------

Tabla 7. **CONSUMO TOTAL DE AGUA. ESCENARIO 4: RECOMENDACIÓN HAGAR**

R. HAGAR

	2003			2004		
	Superficie (ha)	Consumo (m3/ha)	Total (hm3)	Superficie (ha)	Consumo (m3/ha)	Total (hm3)
Alfalfa	2.749			920	6.350	5,8
Cebolla	1.018			2.230	4.310	9,6
Cereal invierno	44.367			12.356	1.703	21,0
Maíz	5.456			5.400	5.370	29,0
Melón	2.270			4.129	4.700	19,4
Remolacha	1.364			2.101	7.050	14,8
Viña	57.000			57.000	1.232	70,2
Otros	1.057			957	5.119	4,9
TOTAL	115.281			85.093		174,7

Consumo medio por ha. regada (m3)		2.053
-----------------------------------	--	-------

Tabla 8. **CONSUMO TOTAL DE AGUA. ESCENARIO 5: RÉGIMEN DE EXPLOTACIÓN**

RÉGIMEN DE EXPLOTACIÓN

	2003			2004		
	Superficie (ha)	Consumo (m3/ha)	Total (hm3)	Superficie (ha)	Consumo (m3/ha)	Total (hm3)
Herbáceos	164.000	1.955	320,6	164.000	1.955	320,6
Viña	57.000	1.000	57,0	57.000	1.000	57,0
TOTAL	221.000		377,6	221.000		377,6

Consumo medio por ha. regada (m3)	1.709	1.709
-----------------------------------	-------	-------

9.3 Conclusiones sobre los escenarios de ahorro

Hay que tener en cuenta que la diferencia en superficie regada de cereales de invierno entre 2003 y 2004, se debe a la primavera anormalmente lluviosa de este último año, que ha motivado que se dejen de regar las parcelas con infraestructuras más deficientes (aspersión con tubería móvil). Las precipitaciones en primavera de 2004, por encima de la media, han posibilitado una reducción en los volúmenes de riego, unos 75 hm3 menos en el escenario nº 1 (práctica habitual). Esta variación nos permite hablar sólo de tendencias y no de cifras absolutas.

Es de destacar que, Aún asumiendo la dificultad de cuantificar la superficie regada, la viña es el primer consumidor global de agua, con aproximadamente un 30 – 40% del total en cualquiera de los escenarios, excepto en el nº 5 (régimen de explotación).

Ahorros de agua

Todos los escenarios superan la hipotética cifra de 170 hm³, volumen máximo destinado a riego establecido por el régimen de explotación de los acuíferos establecido por la Confederación Hidrográfica del Guadiana (año 2005). El escenario de “dotación teórica” y el de “necesidades FAO” superan, o están muy próximos al tope máximo, 230 hm³, de extracciones autorizadas para todos los usos.

Se observa que el escenario de práctica habitual, implica un menor consumo total de todo el acuífero que el escenario de las necesidades FAO, pero esto viene derivado del hecho de que tanto los cereales de invierno como la viña se vienen regando por debajo del óptimo fisiológico.

Si comparamos el riego conforme a los criterios de “necesidades FAO” con la “práctica habitual”, esto supondría la siguiente relación de ahorros por cultivo para todo el acuífero (exceptuando el cereal y la viña):

- Alfalfa: 0,5 hm³
- Cebolla: 4,3 hm³
- Maíz: 2,3 hm³
- Melón: 3 hm³
- Remolacha: 5,3 hm³

Pero la metodología de trabajo del proyecto LIFE HAGAR, mediante seguimiento en tiempo real de la evolución del contenido de humedad del perfil del suelo, puede llegar a conseguir en los acuíferos los siguientes ahorros respecto a la práctica habitual:

- Alfalfa: 0,8 hm³.
- Cebolla: 5,4 hm³.
- Cereal invierno: -1,2 hm³.
- Maíz: 7,3 hm³.
- Melón: 2,8 hm³.
- Remolacha: 6,7 hm³.
- Viña: 4,9 hm³.

Podemos concluir que en el año 2004 el escenario de menor consumo ha sido el de “recomendaciones hacer”, siendo un 14% menos de consumo de agua que en el caso de la “práctica habitual”. En cifras absolutas supone 27,4 hm³ de ahorro. Este nivel de ahorro es equiparable al que se conseguiría con mejoras de eficiencia, de distribución y de aplicación en los sistemas de riego más anticuados (aspersión con tubería móvil)

Es importante tener en cuenta que el ahorro obtenido con la metodología HAGAR deriva de una más precisa toma de decisiones de riego (momento, cantidad y frecuencia) y de una mejor gestión de la reserva hídrica del suelo.

Pero medidas políticas que afecten a cultivos fuertemente subvencionados (alfalfa, maíz y remolacha) pueden incidir de forma significativa en el ahorro, ya que estos suponen

un 30% de consumo de agua y ocupan el 28% de la superficie regada de cultivos herbáceos y el 9% del total de hectáreas regadas.

Con independencia de las medidas políticas y de la coyuntura económica, que puedan acarrear cambios en la actual estructura de cultivos y con ello en los consumos de agua, se podrían matizar estos resultados diciendo que el camino para mejorar la eficiencia en el uso del agua, respecto a la práctica habitual, pasa en primer lugar por el seguimiento de las recomendaciones de riego obtenidas mediante el sistema FAO (evapotranspiración), empleando los sistemas de asesoramiento al regante. En este sentido, la concienciación y capacitación a los agricultores resulta un paso obligado para lograr ahorros de agua con estos sistemas.

Pero en el proyecto LIFE HAGAR hemos demostrado que se puede llegar un poco más lejos en cuanto al ahorro mediante una metodología apoyada en tecnologías que permiten el control de la evolución de la humedad en el perfil del suelo, y su correlación a nivel local con otros parámetros de clima, suelo y planta, así como una mejor aplicación temporal del riego.

[FOTO 20]

10. Herramienta de autogestión para comunidades de regantes

Mediante un uso responsable del agua, a través de la implicación de los usuarios en la gestión del recurso, puede lograrse que la agricultura se convierta en una actividad regulada para cumplir con los objetivos de la Directiva Marco del Agua. Para facilitar este cometido y aportar desarrollos tecnológicos que demuestren la viabilidad de la participación pública en la gestión compartida del agua entre los usuarios y los organismos de cuenca hidrográfica, hemos desarrollado una herramienta informática específica, que describimos a continuación.

El sistema de autogestión para comunidades de regantes que desarrollamos en el proyecto LIFE HAGAR se sustenta en tres pilares básicos:

- Obtención y actualización de datos compartidos sobre cultivos y declaraciones de riego de todos los usuarios de una comunidad de regantes.
- Control y seguimiento de los cultivos, con la finalidad de optimizar el consumo de agua.
- Planificación del consumo de agua de acuerdo al cumplimiento del Régimen anual de Explotación (plan de explotación sostenible) mediante:
 1. Elaboración y revisión de cartografía de expedientes de riego.
 2. Seguimiento del cumplimiento de las declaraciones de riego.
 3. Cálculo de volúmenes estimados de gasto en función de las distintas dotaciones existentes.

De esta forma, los socios de las Comunidades de Regantes pueden obtener información con antelación, respetando la privacidad de los datos, acerca de la distribución espacial,

superficie ocupada y consumo estimado de los regadíos dentro de su área de competencia.

10.1 Especificaciones técnicas del diseño del sistema

A continuación se recogen los grupos de datos que se consideran necesarios o de interés para el desarrollo de la herramienta:

- a) Datos en formato raster (mapas e imágenes de satélite)
 - o Ortofoto digital.
 - o Mapa de cultivos en regadío.
 - o Composiciones en falso color de imágenes de satélite
 - o Otros mapas
- b) Datos en formato vectorial (delimitación de parcelas y superficies)
 - o Catastro digital.
 - o Cartografía digital de aprovechamientos de riego con agua subterránea y/o concesiones.
 - o Delimitación de superficies administrativas.
 - o Inventario de captaciones de aguas subterráneas. Declaraciones de riego.
- c) Datos en formato alfanumérico (bases de datos y tablas)
 - o Datos de titularidad de Bases de datos de expedientes inscritos en el Catálogo de Aguas Privadas y/o de Dotaciones estándar de riego.concesiones.parcelas catastrales.
 - o Regímenes de Explotación de los acuíferos sobreexplotados.
 - o Dotaciones de riego según asesoramiento.
 - o Historial de declaraciones de riego.

Estos datos serán integrados, almacenados y manejados por la “Herramienta de autogestión HAGAR”, permitiendo la realización de una serie de tareas, encaminadas a la mejora de la gestión de los recursos hídricos de las Comunidades de Regantes. Entre ellas están las siguientes:

a) **Elaboración y revisión de cartografía de expedientes de riego.**

Es el proceso de cartografiado de los aprovechamientos de agua en los acuíferos mediante la participación activa de los agricultores y la mejora de las técnicas disponibles para el manejo de la información geográfica, la herramienta permitirá la realización de las siguientes operaciones:

- *Comparación de superficie inscrita con la superficie cartografiada:*
- *Visualización sobre ortofoto de los Catastros Digitales de Riegos.*
- *Modificación de la cartografía de expedientes en caso de la localización de imprecisiones.*

- *Almacenamiento de las modificaciones en un modelo de informe, posibilitando la comunicación de los cambios a la Administración.*
- *Almacenamiento de datos auxiliares (títulos de propiedad escaneados,...) junto con los datos gráficos y alfanuméricos de cada explotación.*

[foto 21]

b) Planificación del consumo de agua de acuerdo al cumplimiento del Régimen anual de Explotación.

La herramienta consta de un módulo específico para la planificación del consumo de agua de cada parcela respetando las limitaciones impuestas por el Régimen de Explotación de los acuíferos en vigor, permitiendo que el personal de las Comunidades de Regantes pueda obtener información con antelación y respetando la privacidad de los datos. Todos los regantes deberán presentar una declaración de sus intenciones de riego para la campaña siguiente, controlando la Comunidad el ajuste de estas declaraciones con los derechos adquiridos por cada agricultor y el Régimen de Explotación. La herramienta permite el/la:

- *Consulta del historial.*
Consulta de las declaraciones de riego e información sobre su cumplimiento, previamente al comienzo del proceso de declaración.
- *Digitalización de declaraciones de riego.*
Digitalización en pantalla de la declaración de riego para la campaña entrante. Se permitirá delimitar en pantalla, tomando como base el catastro y como apoyo para la localización de las parcelas la ortofoto (en caso de estar disponible), cuales son las parcelas o partes de parcelas que se pretende poner en regadío.
- *Medición de superficies.*
- *Cálculo de volúmenes estimados de gasto en función de las distintas dotaciones existentes.*
- *Cálculo del volumen permitido por el régimen de explotación, en función de la superficie inscrita en el catálogo y de las limitaciones impuestas por el régimen de explotación.*
- *Comparación entre el volumen estimado de gasto y el volumen permitido.*
- *Cálculo de la superficie en regadío que es necesario reducir o que es posible ajustar con objeto de cumplir el Régimen de Explotación.*
- *Modificación de la digitalización de la declaración de riego en su caso*
- *Almacenamiento de las declaraciones de riego.*
- *Almacenamiento de la información gráfica. Recogida de información alfanumérica de apoyo. (datos de caudalímetros, consumos eléctricos o de gasoil,...)*
- *Generación de modelo de declaración de riego para ser firmada, un documento (basado en un modelo estándar) en el que figure con el compromiso de riego adquirido por el regante para ser firmado.*

c) Seguimiento del cumplimiento de las declaraciones de riego.

Para llevar a cabo el seguimiento del cumplimiento del Régimen de Explotación del acuífero resulta necesario controlar:

- Los volúmenes de extracción dentro de los aprovechamientos en regadío inscritos.
- La ubicación de las superficies regadas dentro de las explotaciones inscritas.
- La existencia de riego no amparado por ninguna concesión administrativa.

La herramienta permite llevar a cabo estos procesos de control, mediante la visualización de composiciones en color o de mapas de distribución de cultivos en regadío, junto con los elementos vectoriales y las declaraciones de riego.

Se elaborarán fichas de seguimiento para cada explotación que haya presentado la declaración de riegos y se almacenarán los datos. Igualmente se detectarán aquellas explotaciones sin declaración de riego en caso de que se constate que no tienen derechos de riego adquiridos.

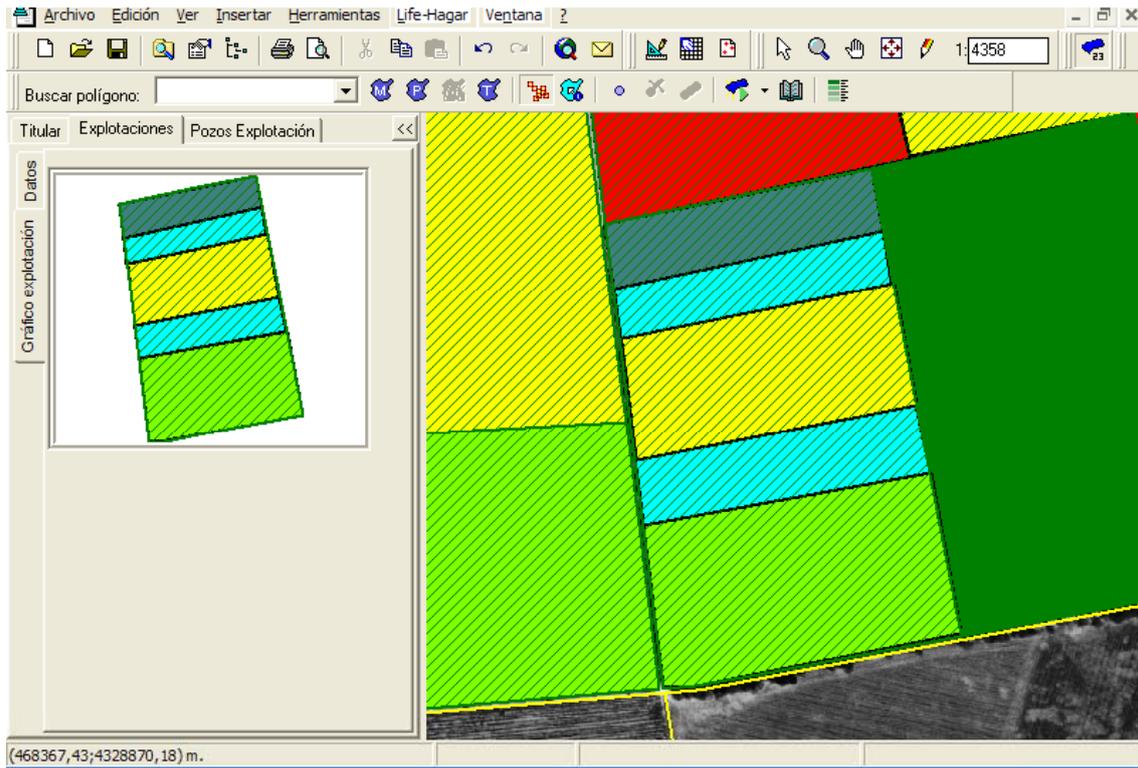
Figura . Distribución de cultivos dentro del programa “LIFE-HAGAR v1.0”.



Fuente: GEOSYS

El programa permite también fragmentar las explotaciones, visualizando en todo momento los diferentes cultivos y su distribución. Esto facilita, a su vez, comprobar si el titular cumple el régimen de explotación asignado. De cada explotación se puede conocer, además, la superficie dedicada a cada cultivo y el sistema de riego.

Figura . Distribución de cultivos dentro de la explotación en el programa “LIFE-HAGAR v1.0”.



Fuente: GEOSYS

11. Viabilidad económica del sistema de asesoramiento en riego y de la herramienta de autogestión para comunidades de regantes.

11.1 Viabilidad económica del sistema de asesoramiento en riego HAGAR

En el caso de un sistema de asesoramiento del riego similar al desarrollado en el proyecto LIFE HAGAR, el coste total anual a amortizar sería de 18.836 €/año (obtenido de dividir el coste total de los equipos entre 5 años como supuesto de amortización).

Consideramos que la cuota máxima **viable** a pagar por parte del agricultor debería ser del 1% del total de su beneficio neto agrario. El beneficio neto de cada cultivo por hectárea para el año 2002 en la zona de La Mancha es (tabla 9):

Tabla 9. Beneficio neto de cada cultivo.(Sistemas de cultivo: evaluación de itinerarios técnicos; De Juan Valero, J.A., 2002)

Cultivo	Beneficio Neto (€/ha)
Alfalfa	542,34
Cebolla	2.846,61
Cereal invierno	374,69
Maíz	436,50
Melón	2.257,15
Remolacha	2.010,95
Viña	4.012,70
Otros	1.305,72

Teniendo en cuenta que no debe superarse el porcentaje de contribución por cada explotación (1%), hemos calculado la superficie mínima de cada cultivo dentro de la “cooperativa tipo” necesaria para que el sistema sea rentable.

Esta superficie se calcula repartiendo las hectáreas de forma proporcional al % que suponen en la cooperativa modelo que hemos considerado (y que sigue los mismos % de cultivos del acuífero 23). Se obtiene multiplicando la superficie total obtenida por los porcentajes que ocupa cada tipo de cultivo en nuestra cooperativa modelo.

Por tanto, la dimensión mínima de una cooperativa tipo para que resulte rentable el sistema debería albergar 622,81 ha, que se repartiría entre los cultivos de la siguiente forma (tabla 10):

Tabla 10. Superficie de cada cultivo de la “cooperativa tipo”.

Cultivo	Superficie de la “cooperativa tipo” (ha)
Alfalfa	6,73
Cebolla	16,32
Cereal invierno	90,44
Maíz	39,52
Melón	30,22
Remolacha	15,38
Viña	417,19
Otros	7,00
Total	622,81

Cada cultivo tendrá una cuota de amortización diferente en función de las hectáreas que tiene ese cultivo dentro de la “cooperativa tipo” y también en función del beneficio neto de cada cultivo. Dichas cuotas son:

Tabla 11 . Cuota de amortización por ha de cada cultivo.

Cultivo	Cuota /ha Cultivo (€/ha)
Alfalfa	0,06
Cebolla	0,75
Cereal invierno	0,54
Maíz	0,28
Melón	1,10
Remolacha	0,50
Viña	26,88
Otros	0,15

Como podemos observar, la cuota mayor es la que paga una hectárea de viña puesto que es la mas hectáreas tiene dentro de la “cooperativa tipo” y además tiene un beneficio neto alto (precios de referencia del año 2002).

11. 2. Viabilidad de la herramienta HAGAR de autogestión para comunidades de regantes.

En el caso de amortización de una Herramienta de autogestión similar a la desarrollada en el proyecto LIFE HAGAR, el coste total anual a amortizar sería de 66.840 € en 10 años

Consideramos que la cuota máxima **viable** a pagar por parte del agricultor debería ser del 1% del total de su beneficio neto agrario. Suponemos una vida útil de los aparatos de 10 años, por lo que la amortización debe referirse a este tiempo.

La superficie mínima de cada cultivo dentro de la “cooperativa tipo”, necesaria para que la herramienta sea rentable, se calcula repartiendo las hectáreas de forma proporcional al % que suponen en la cooperativa el modelo que hemos considerado (y que sigue los mismos % de cultivos del acuífero 23).

Para ello se multiplica la superficie total obtenida por los porcentajes que ocupa cada tipo de cultivo en nuestra cooperativa modelo.

Una cooperativa tipo de dimensión mínima para que el sistema sea rentable y no suponga un coste de más del 1% del beneficio anual neto, debería ocupar 442,01 ha, que se repartirían entre los cultivos de la siguiente forma:

Tabla 12. Superficie de cada cultivo de la “cooperativa tipo”.

Cultivo	Superficie de la “cooperativa tipo” (ha)
Alfalfa	4,78
Cebolla	11,58
Cereal invierno	64,18
Maíz	28,05
Melón	21,45
Remolacha	10,91
Viña	296,08
Otros	4,97
	442,01

Cada cultivo tendrá una cuota diferente en función de las hectáreas que ese cultivo dentro de la “cooperativa tipo” y también en función del beneficio neto de cada cultivo.

Dichas cuotas son:

Tabla 13. Cuota por ha de cada cultivo.

Cultivo	Cuota /ha Cultivo (€/ha)
Alfalfa	0,06
Cebolla	0,75
Cereal invierno	0,54
Maíz	0,28
Melón	1,10
Remolacha	0,50
Viña	26,88
Otros	0,15

12. Relación entre ahorro de agua de los diferentes escenarios y requerimientos ambientales de los humedales

En esta fase del proyecto se valora la capacidad de ahorro de agua del “sistema de asesoramiento en riegos” y los beneficios ambientales de tal ahorro en relación con los

objetivos de las Directivas Marco del Agua y Hábitat. El beneficio ambiental potencial es definido como el ascenso de los niveles piezométricos (nivel de agua) en los acuíferos 23 y 24, que permitiría la recuperación hídrica de los humedales de las Tablas de Daimiel y las Lagunas de Ruidera. Este aumento potencial de volumen de agua debe ser igual a los requerimientos hídricos ambientales necesarios para la consecución de su “buen estado ecológico”, obtenido de la evaluación de los requerimientos hídricos y medioambientales de los humedales.

12.1. Posible escenario de recuperación del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel

[foto 22]

1ª hipótesis. ahorro de 30 hm³.

Se basa en el cálculo de la recuperación el acuífero 23 en el supuesto de que cada año se ahorrarán 30 hm³ procedentes de la puesta en marcha del prototipo HAGAR.

Basándonos en las características del acuífero 23 ya comentadas, y en los datos aportados en los diversos informes del IGME (MEJÍAS, 2001; 2002; 2003; MEJÍAS et al., 2004), puede adelantarse que se necesitarían unos 100 años para que el acuífero 23 se recuperara a sus niveles iniciales, con una aportación neta de 30 Hm³ anuales.

Tabla 14. Estimación del tiempo de recuperación del acuífero basado en una ganancia neta de 30hm³ al año.

Año	Volumen año dedicado a recuperación Hm ³	Volumen rescatado	Estimación incremento de volumen almacenado Hm ³	Estimación de déficit Hm ³	Estimación de la profundidad del acuífero m
0	-		0	3.000	17,5
5	30	150	150	2,850	16,62
10	30	150	300	2,700	15,7
20	30	300	600	2,400	14
40	30	600	1.200	1.800	10,5
80	30	1.200	2.400	600	3,5
100	30	600	3.000	0	0

2ª hipótesis. Ahorro de 90 hm³.

Se basa en el cálculo de la recuperación el acuífero 23 en el supuesto teórico de que cada año se ahorrarán 90 Hm³ procedentes de la puesta en marcha conjunta de sistemas de asesoramiento del riego, de la eliminación de los cultivos de verano (remolacha, maíz, alfalfa) y de la disminución del 50% de superficie de la viña.

En este caso, con las premisas mencionadas anteriormente en lo que se refiere a las características del acuífero 23, el tiempo de recuperación del acuífero quedaría reducido a 33 años aproximadamente.

Tabla 15. Estimación del tiempo de recuperación del acuífero basado en una ganancia neta de 90hm³ al año.

Año	Volumen año dedicado a recuperación Hm ³	Volumen rescatado Hm ³	Estimación incremento de volumen almacenado Hm ³	Estimación de déficit Hm ³	Estimación de la profundidad del acuífero m
0	-	-	0	3.000	17,5
5	90	450	450	2.550	14,8
10	90	450	900	2.100	12,2
20	90	900	1.800	1.200	6,9
33	90	1.170	2.970	30	0,1

La situación es compleja porque hay que tener en cuenta los periodos de sequía, el incremento del consumo, y las posibles vías de abastecimiento que pueden proceder directamente del acuífero de la llanura manchega o del propio acueducto Tajo-Segura, que abastecería a diversos núcleos de población.

En este supuesto, dependiendo de los núcleos de población abastecidos mediante trasvase procedente del acueducto Tajo-Segura, el tiempo de recuperación se acortaría, y en el mejor caso se estima que quedaría reducido a 20 años.

La puesta en marcha de planes de adquisición de derechos de uso de agua, reutilización de aguas depuradas y la aplicación del prototipo HAGAR al territorio situado sobre el acuífero 23, ponen de manifiesto que el acuífero puede recuperarse paulatinamente siempre que estas medidas se implanten y se apliquen a largo plazo. Hay que tener en cuenta que los intentos de desecación de Las Tablas comenzaron hace 60 años, y los fenómenos derivados de la sobre-explotación del acuífero 23 comenzaron a instaurarse hace unos 20-22 años.

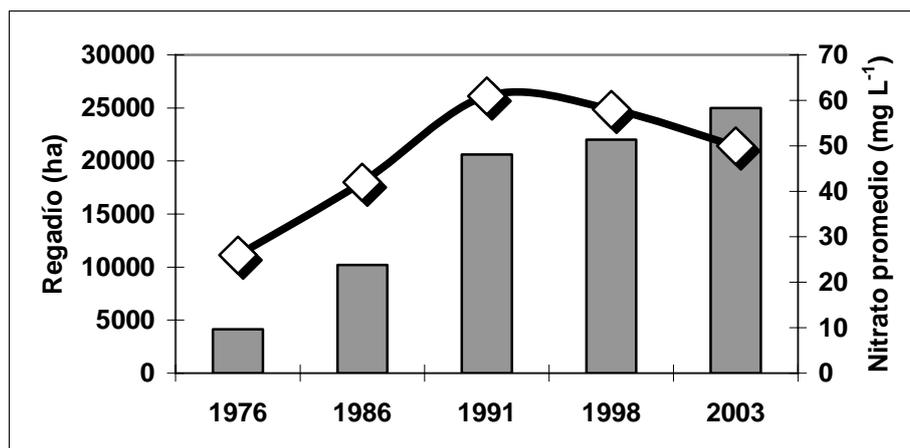
12.2 Posible escenario de recuperación Lagunas de Ruidera

[Foto 23]

Una característica determinante de las lagunas de Ruidera es su contaminación por nitrato, proveniente del acuífero subterráneo enriquecido en esa sustancia. Al

multiplicarse por cinco la superficie de regadío entre 1977 y 1991 en el Campo de Montiel, la concentración de nitrato en el acuífero y en el río Guadiana se ha duplicado y luego va evolucionando a merced de la dilución debida a cambios en los aportes hídricos y, en último extremo, aunque impreciso, a cambios en la pluviosidad.

Figura . El aumento del regadío en el Campo de Montiel (barras verticales) y la evolución de la concentración promedio de nitrato en el acuífero (rombos). Elaborado a partir de IGME, Confederación Hidrográfica del Guadiana y Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.



Un cálculo preliminar para estimar cuánto tiempo se tardará en restaurar las concentraciones de nitrato que había en el acuífero en 1975, que es cuando comenzó el crecimiento del regadío, dependerá del volumen del acuífero, del tiempo de retención del mismo y del porcentaje de reducción de las entradas de nitrato por fertilización de las zonas irrigables. Asumiendo, en una primera aproximación, un volumen del acuífero de 30,9 km³, un tiempo de retención medio de 38,5 años y que la concentración de nitrato en el acuífero se ha duplicado aproximadamente en el lapso 1975-2003, el tiempo necesario para pasar de las concentraciones actuales de nitrato a las de 1975 será de 77 años si la reducción anual de la fertilización asciende al 50% y de 385 años si dicha reducción sólo fuera del 10%.

En este sentido, el control de fertilizantes debido al uso restringido de agua según propone el modelo HAGAR sería una ayuda complementaria para tratar de minimizar la actual contaminación que amenaza a este espacio singular que son Las Lagunas de Ruidera.

13. Cursos de riego para agricultores

[foto 24 y
foto 25]

El curso surge de la necesidad de concienciar y capacitar a los regantes, como usuarios directos del agua, en la buena gestión del recurso a través del conocimiento de buenas prácticas convencionales, sistemas de asesoramiento y nuevas tecnologías.

13.1. Objetivo del curso

Difundir conceptos básicos de agronomía de riego y fomentar la aplicación de nuevas para el uso eficiente del agua de riego

13.2. Planteamiento del curso

Se plantea una doble sesión de dos días. El primero de ellos, dedicado a actividades teóricas, y el segundo, práctico, con visita de campo. Comprende 4 horas teóricas y una visita al campo a las fincas piloto en Llanos del Caudillo (Ciudad Real).

Una primera ponencia presenta los objetivos del curso, su enmarque dentro del proyecto HAGAR y una descripción del mismo. Una segunda sesión desarrolla, mediante una presentación Power Point, los contenidos del curso. Finalmente, se da paso a intervenciones de los asistentes para preguntas, comentarios y aportaciones personales.

Se ha elaborado una publicación de páginas a todo color, que se entregó a los asistentes al final del curso. Algunos ejemplares se han depositado en las Comunidades de Regantes para favorecer la difusión de los contenidos del curso a interesados no asistentes.

Tabla 16 Participación y difusión del curso de riego.

Centro	Lugar	Asistentes
Cooperativa Los Llanos	Llanos del Caudillo	10
Sede Comunidad Regantes Alcázar de San Juan	Alcázar de San Juan	45
Sede Comunidad General de Regantes del Acuífero 23	Tomelloso	15

14. Curso de riego para técnicos agrícolas

[foto 26]

14.1 Objetivo del curso

Fomentar la aplicación de las nuevas tecnologías en el uso eficiente del agua de regadío.

14.2. Planteamiento del curso

Consistió en una doble sesión, de dos días, el primero de ellos dedicado a actividades teóricas, y el segundo práctico, con visita de campo. La duración fue de 15 horas que equivalen a 1,5 créditos de libre configuración para los alumnos de la Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Ciudad Real. La visita de campo se realizó en las parcelas piloto del proyecto en Llanos del Caudillo (Ciudad Real). Se realizó en colaboración con la EUITA de Ciudad Real. Asistieron 55 alumnos.

Ponencias y temario impartido:

Análisis de eficiencia de los sistemas de riego

Profesora: Amparo Moreno. Profesora de la Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos Agrícolas de-Ciudad Real.

Introducción a las políticas europeas de agricultura y agua.

Profesor: Pedro Brufao Curiel. Catedrático interino de derecho ambiental en la Universidad de Cáceres.

Papel de las Comunidades de Regantes en la gestión del agua.

Profesor: Pedro Olivas. Comunidad Central de Regantes del acuífero 18.

Herramientas para asesoramiento en las decisiones de riego

Profesor: Francisco Javier Serrano. Becario de investigación del Centro Regional de Estudios del Agua (CREA),

Soluciones tecnológicas para los nuevos retos de la Política Agraria Común (PAC).

Profesor: Susana Rivera Pantoja. Técnico de I+D en la Confederación de Cooperativas Agrarias de España

Tecnologías de la información al servicio de las Comunidades de Regantes.

Profesor: Manuel Bea. Técnico de empresa de sistemas de información geográfica y teledetección, Geosys.

Nuevas tecnologías para ajustar las necesidades hídricas de los cultivos.

Profesor: Joaquín Huete. Técnico de Verdtech, empresa de tecnologías para la gestión del riego.

Visita a parcelas proyecto LIFE-HAGAR.

Profesor: Joaquín Huete. Técnico de Verdtech, empresa de tecnologías para la gestión del riego.

[foto 27]

15. Simposio sobre gestión de la demanda y control del uso del agua en sistemas hídricos sobreexplotados

El simposio ha consistido en un intercambio de experiencias que faciliten la adquisición de las nuevas tecnologías para la gestión de la demanda del agua de regadío en sistemas hídricos sobreexplotados. A través del evento, se ha pretendido:

- Influir en el desarrollo y ejecución del Plan Nacional de Regadíos y el Plan Hidrológico Nacional para que sigan los principios de la Directiva Marco de Aguas.
- Aportar buenas prácticas y las mejores técnicas disponibles para facilitar igualmente su implementación en países de la UE, países candidatos y terceros países mediterráneos del Norte de África.
- Identificar los obstáculos y oportunidades para el desarrollo de los sistemas de gestión de la demanda dentro de la Directiva Marco del Agua y la PAC.
- Difundir los objetivos, acciones y resultados parciales del proyecto LIFE e incorporar al mismo las mejoras propuestas en el desarrollo del simposio.

El evento tuvo lugar los días 20 y 21 de octubre de 2005 en la Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Ciudad Real. Se impartieron las siguientes ponencias:

DÍA 20 de OCTUBRE. 2005.

- Proyecto LIFE HAGAR (Ciudad Real)
Don Manuel Romero Fernández Codirector Técnico del Proyecto.
Acciones Integradas de Desarrollo. Don Vicente Bodas Aliara Agrícola SL.
- La planificación de los regadíos en Castilla la Mancha.
Don Nicolás Álvarez. Consejería de Agricultura. Junta de Comunidades de Castilla La Mancha.
- Proyecto LIFE SINERGIA. El análisis del ciclo de vida del vino.
Doña M^a José Clavijo. Dirección General de Calidad Ambiental. Gobierno de La Rioja.
- Recursos naturales en el territorio.
Doña Lucia Menor Martín Consuegra. Presidenta de la Asociación de Profesionales APRODEL
- Agricultura y agua: un reto para la sostenibilidad.
Don Alberto Fernández Lop. Responsable de Agricultura del Programa de Aguas Continentales de WWF/Adena.
Parcelas del Proyecto. (Llanos del Caudillo) Ciudad Real.
- Don Vicente Bodas. Ingeniero Agrónomo. Consultor en gestión agronómica de explotaciones agrarias, asesor en técnicas de agricultura de conservación y en nuevas tecnologías aplicadas a la agricultura.
DÍA 21 de OCTUBRE.
- Incidencia del riego en la calidad del vino. Don José Ángel Amorós Ortiz-Villajos Doctor Ingeniero Agrónomo. Profesor de viticultura de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real.
- Directiva Marco del Agua.
Don José Ramón Aragón
Confederación Hidrográfica del Guadiana.
- Nueva Programación de Desarrollo Rural 2007-2013
Don Jacinto Ayuso
Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- Hidrogeología del Acuífero 23
Don Luis Martínez Cortina
Coordinador de la Asociación Española de Usuarios de Aguas Subterráneas.

[foto 28]

16. Unidades didácticas sobre el uso racional del agua

El objetivo es concienciar a la población escolar sobre la necesidad de conseguir un uso racional del agua. Con ello se pretende conseguir un cambio permanente desde la base social hacia un uso racional y sostenible de los recursos hídricos actualmente sobreexplotados en la región de La Mancha. Igualmente se pretende conocer y tomar conciencia, por parte de la población escolar, de la estrecha relación entre explotación de los recursos hídricos y la degradación de los humedales, así como valorar los beneficios ambientales, económicos y sociales de los humedales.

16.1 Unidades didácticas

Se diseñó, elaboró y desarrolló una serie de 6 Unidades Didácticas sobre el agua, adaptadas a los diferentes niveles, ciclos y etapas, desde la Educación Infantil a Bachillerato y educación de adultos. El uso racional del agua en la agricultura es el aspecto protagonista. **El material elaborado puede consultarse en la dirección web del proyecto LIFE:**

<http://www.life-hagar.com/unidades/act/index.htm> y
<http://www.life-hagar.com/unidades/index2.htm>

Actividades

- Convocatoria de un concurso de experiencias y actividades didácticas sobre el tema "agua agricultura y sociedad" en los centros educativos dirigido a centros escolares y profesores.
- "Campaña de sensibilización social", que culmina con la realización de trabajos inéditos de profesores y alumnos.
- Seguimiento y experimentación piloto en el aula de las Unidades Didácticas (35 centros aproximadamente).
- Formación del profesorado para su implementación.
- Evaluación y mejora de las Unidades Didácticas, tras el periodo de evaluación antes de la versión definitiva y el envío y difusión a colegios de la comarca de las Unidades Didácticas
- Presentación de Unidades Didácticas en otros foros.
- Queremos finalmente elevar a la Consejería de Educación para su incorporación en el Programa Curricular de Educación de Castilla La Mancha. Una vez comprobado su viabilidad en las aulas, el objetivo es que pueda ser incorporado al Programa Curricular Educativo de Castilla - La Mancha.

[foto 29]

[TERCERA PÁGINA DE CUBERTAS]

[EN BLANCO]

[CONTRAPORTADA]

[Todos los logos del proyecto y foto bonita a elegir libremente]