

TECNOLOGÍA

Agrometeorología al servicio de la toma de decisiones en agricultura



Isabel Gárriz Ezpeleta, Alberto Lafarga Arnal,
Joaquín Puig Arrastia, Alberto Alfaro Echarri

INTIA

Los pasados días 17 y 18 de noviembre se celebraron en Villava (Navarra) las **VI Jornadas de Agrometeorología, un encuentro de los Servicios de Asesoramiento al Regante autonómicos que se sustentan en la información del SIAR (Servicio Integral de Asesoramiento al Regante)**, coordinados por Raquel Bravo, en representación de la Dirección General de Desarrollo Rural del MAPAMA. La empresa pública INTIA realizó las funciones de anfitrión en su sede de Villava.

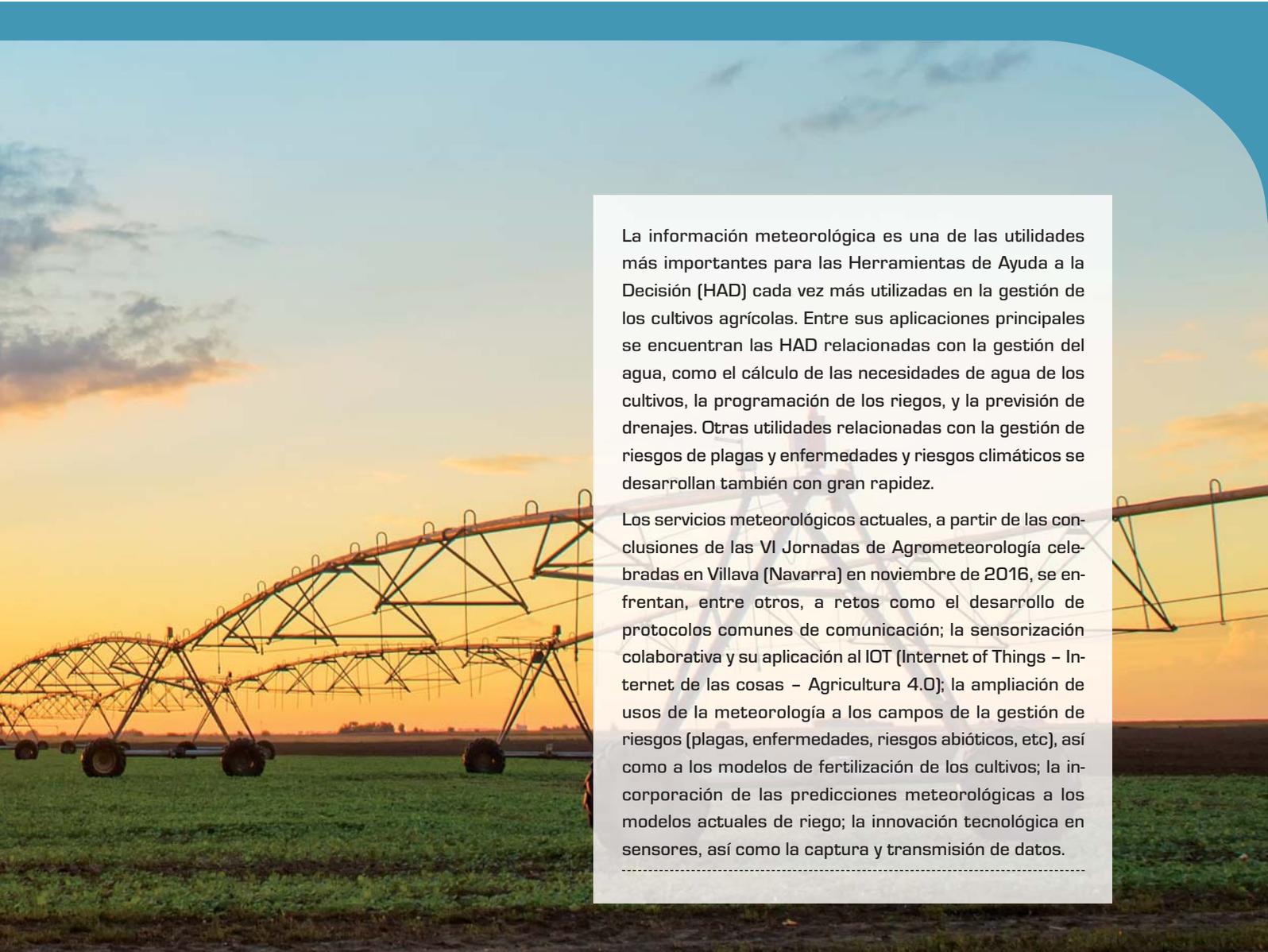
El evento, que se celebra cada dos años, **convocó en 2016 a más de 50 especialistas** procedentes, entre otros, de organismos públicos nacionales (MAPAMA, AEMET) y autonómicos (de La Rioja, Cataluña o Extremadura), también de Centros Tecnológicos (NEIKER, IFAPA, ITAP, IVIA, IMIDA, ITACyL), de las empresas Aguacanal y Campbel Scientific y de Universidades.

A lo largo de estas Jornadas de Agrometeorología se presentaron más de veinte ponencias relacionadas con distintos trabajos innovadores y aplicaciones prácticas surgidas durante los dos últimos años, aplicaciones que utilizan los datos de la red de estaciones del SIAR o de las propias comunidades autónomas.

Los sistemas de ayuda al agricultor basados en aplicaciones informáticas resultan de gran utilidad en el manejo del agua de riego. Ahora bien, el agricultor se muestra más interesado por las aplicaciones que puede gestionar desde su teléfono móvil. Al mismo tiempo demanda aplicaciones sencillas en su manejo y que no requieran gran cantidad de datos para su funcionamiento. De este modo, tanto las entidades públicas como privadas van ofreciendo este tipo de soluciones.

APLICACIONES PRESENTADAS

En las **VI Jornadas de Agrometeorología** se presentaron algunas de estas aplicaciones móviles, respondiendo a este tipo de demanda. Una de ellas fue la **aplicación desarrollada por el**



La información meteorológica es una de las utilidades más importantes para las Herramientas de Ayuda a la Decisión (HAD) cada vez más utilizadas en la gestión de los cultivos agrícolas. Entre sus aplicaciones principales se encuentran las HAD relacionadas con la gestión del agua, como el cálculo de las necesidades de agua de los cultivos, la programación de los riegos, y la previsión de drenajes. Otras utilidades relacionadas con la gestión de riesgos de plagas y enfermedades y riesgos climáticos se desarrollan también con gran rapidez.

Los servicios meteorológicos actuales, a partir de las conclusiones de las VI Jornadas de Agrometeorología celebradas en Villava (Navarra) en noviembre de 2016, se enfrentan, entre otros, a retos como el desarrollo de protocolos comunes de comunicación; la sensorización colaborativa y su aplicación al IOT (Internet of Things – Internet de las cosas – Agricultura 4.0); la ampliación de usos de la meteorología a los campos de la gestión de riesgos (plagas, enfermedades, riesgos abióticos, etc), así como a los modelos de fertilización de los cultivos; la incorporación de las predicciones meteorológicas a los modelos actuales de riego; la innovación tecnológica en sensores, así como la captura y transmisión de datos.

Aplicaciones web y móviles de uso agrícola más novedosas

MAPAMA-Tragsatec (SIAR app), que ya se han descargado más de 2.500 personas y que ofrece recomendaciones de riego personalizadas, basadas en la **información de 461 estaciones agrometeorológicas**. Además, permite consultar las principales variables de importancia para la agricultura **en tiempo real** y realizar el **seguimiento del calendario de riegos propio**.

También se presentó la **aplicación desarrollada por ITACyL (infoRiego)** que proporciona estimaciones de necesidades hídricas basándose en la **estaciones agrometeorológicas localizadas en Castilla y León**.

Otras aplicaciones presentadas utilizan la red de datos meteorológicos SIAR en sus desarrollos de Herramientas de Ayuda a la Decisión, como **sigAGROasesor y Agrointegra**, desarrollo del conocimiento aplicado a través de los trabajos presentados desde las comunidades Autónomas y del propio MAPAMA ofreciendo servicios cada vez de mayor alcance y precisión, incorporando las nuevas tecnologías de apoyo a la decisión como teledetección y sensorización.

Es importante valorar el trabajo que llevan a cabo todos los **Servicios de Asesoramiento al Regante**. La utilización de datos climáticos de la red SIAR tiene gran importancia, tanto desde el punto de vista de apoyo a la explotación agrícola que recibe el asesoramiento, como de la gestión de recursos hídricos, ya que permite una **mayor eficiencia en el uso del agua** y, por tanto, contribuye al **desarrollo rural sostenible, tanto desde el punto de vista medioambiental como económico**.

Concretamente, en Navarra, el Servicio de Asesoramiento al Regante de la empresa pública INTIA, elabora con objetividad, imparcialidad e independencia, las recomendaciones de riego para que cada regante aplique solo el agua necesaria para que los cultivos se desarrollen de manera óptima con el consiguiente ahorro de agua.

Gracias a estas Jornadas, quedan más claros los caminos que tendrán que recorrer estos servicios de asesoramiento para seguir garantizando **el objetivo común de conseguir modelos energéticos ligados a la sostenibilidad medioambiental**.



Imagen de grupo de los participantes en las VI Jornadas de Agrometeorología

RESUMEN DE LAS VI JORNADAS DE AGROMETEOROLOGÍA

Las ponencias presentadas se pueden descargar en el [Campus Virtual de INTIA](#) accediendo como invitado.

1. La agricultura en Navarra y los servicios del Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias. *Joaquín Puig (INTIA)*
2. Explotación de la red de riego en relación con las recomendaciones de riego en Navarra. *Jesús García (Aguacanal)*
3. Servicio de asesoramiento al regante en Navarra. *Alberto Alfaro (INTIA)*
4. Presentación del proyecto Fertinnova: Fertirriego en tomate. *Alberto Lafarga (INTIA)*
5. SIAR app, la aplicación móvil del SIAR para dispositivos Android e iOS. *Raquel Bravo (MAPAMA)*
6. Plataforma sigAGROasesor. *Ana Pilar Armesto (INTIA)*
7. Gestión de datos meteorológicos en sigAGROasesor. *Ramiro Romero (AEMET)*
8. Teledetección aplicada al riego en sigAGROasesor. *M^a Patrocinio González (IFAPA)*
9. El módulo de asesoramiento en riego sigAGROasesor. *Horacio López (ITAP)*
10. Nueva App InfoRiego y otros servicios mejorados de recomendación de riego en Castilla y León. *Francisco Javier Antolín (ITACyL)*
11. Estimación del Kc y necesidades hídricas de melocotonero (spring snow) bajo riego por goteo mediante técnicas de teledetección y covarianza de torbellinos. *Julián Tapia (Junta de Extremadura)*
12. Aproximación a los valores Kc del ajo morado, comparativa de consumos. *Bruno Lélis (Universidad de Castilla-La Mancha)*
13. Medidas de temperatura radiométrica y variables meteorológicas para estimar el uso del agua de un cultivo de maíz bajo diferentes sistemas de riego. *Francisco Valentín (Fundación para el Desarrollo Sostenible-ITAP de Castilla-La Mancha)*
14. Novedades Campbell Scientific para Agrometeorología. *Jaume Pallarés Bassets (Campbell Scientific)*
15. Eficiencia de las recomendaciones de riego de la fresa basadas en el pronóstico meteorológico. *Pedro Gavilán (IFAPA)*
16. Gestión del riego automatizado con tensiómetros en cultivos hortícolas en invernadero en Almería. *Pedro Gavilán y Francisca Alonso (IFAPA)*
17. Uso de la frecuencia de las descargas eléctricas para la predicción de vientos fuertes asociados a tormentas. *Antonio Gázquez (Generalitat de Catalunya)*
18. Control del mildiu y oidio de la vid en áreas endémicas mediante el seguimiento de los datos climáticos y la meteorología. *Ana Díez (NEIKER)*
19. LIFE AGROIntegra: Estación de avisos, modelos climáticos, áreas de comportamiento homogéneo (ACH). *Carmen Goñi (INTIA)*
20. Publicación de datos y productos agroclimáticos: retos y oportunidades para una difusión eficaz. *Joaquín Huete y Vanessa Tobar (SIAR-La Rioja)*
21. Implementación de un servicio de observación de sensores en la red de estaciones del SIAM-IMIDA. *Juan Antonio López (IMIDA)*
22. Validación de una estación meteorológica de gama media para su integración en la red SIAR. *Luis Bonet (IVIA)*

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y SOSTENIBILIDAD DE LOS CULTIVOS

Como puede verse en el programa de las jornadas, las modernas tecnologías de la información y teledetección están dando paso a una “agricultura inteligente” que permite producir alimentos con una gestión más sostenible de los recursos. A continuación se analizan los principales hitos.

1.- Herramientas para gestionar el agua de riego

En el actual contexto de cambio climático, es preciso avanzar en **la buena gestión de los usos del agua**, por lo que la información meteorológica de precisión se convierte en un elemento clave en la producción agrícola, ante la necesidad de adaptar las producciones de los cultivos a los diferentes escenarios de disponibilidad hídrica. El agua es un recurso limitado y por tanto su utilización se debe hacer siempre con criterios de eficiencia y eficacia.

Las investigaciones presentadas van afinando la precisión de las recomendaciones, mejorando los valores de las Kc de los cultivos, así como la sensorización, a través de nuevas tecnologías innovadoras. También la incorporación de las previsiones meteorológicas está suponiendo una considerable mejora (hasta un 10% de ahorro de agua según alguna de las experiencias presentadas).

Los Sistemas de Asesoramiento al Regante (SAR) están realizando un asesoramiento de calidad, mejorando la precisión de las recomendaciones a través de estas nuevas investigaciones citadas. Uno de los estudios presentados, sin embargo, muestra el bajo uso que los agricultores están haciendo, en muchos casos, de estos servicios y esto sí es un reto importante a afrontar entre todos (un 40% de ahorro de agua fue el resultado del buen uso de los SAR respecto a su no utilización).

2.- Herramientas para el control de plagas y enfermedades, y para fertilización de cultivos

Si bien tradicionalmente el uso de las estaciones agroclimáticas en España ha nacido ligado a la gestión del agua y el regadío, es cierto que actualmente otros nuevos usos se muestran prometedores en otros ámbitos de la producción agraria. Hablamos por ejemplo de las **HAD utilizadas para el control integrado de plagas y enfermedades de los cultivos**, herramientas que se basan en modelos de desarrollo de los cultivos y de evolución de las plagas determinados por variables de temperatura, humedad, etc.; HAD para el cálculo de las necesidades de fertilización de los cultivos, que modelizan la lixiviación (lavado de nitratos) o la mineralización de la materia orgánica en función de variables de temperatura, pluviometría, etc.

En las VI Jornadas de Agrometeorología se presentaron plataformas como **Agrointegra**, que presta servicios de Monitorización colectiva y Avisos de plagas y enfermedades, así como estudios de casos prácticos en viticultura, donde una buena gestión del riesgo de enfermedades permitió un ahorro del 40% en el uso de pesticidas.

3.- Sistemas inteligentes aplicados a la agrometeorología

La información meteorológica por internet es cada vez más común. Hoy día se encuentra disponible a través de **aplicaciones vía web (API)** que permiten el acceso rápido y diario a la información actualizada de las variables climáticas más significativas. Claro que la demanda actual de los usuarios avanzados ya no sólo consiste en poder consultar los datos de temperatura o lluvia, por ejemplo, de una estación meteorológica determinada, sino en poder integrar de modo automático esta información en las nuevas herramientas de ayuda a la decisión (HAD) que van estando disponibles desde distintas plataformas de servicios.

Además, las variables de interés ya no son tan sólo las básicas como la lluvia o la temperatura, sino que existe una demanda creciente de información sobre variables como la radiación, la evapotranspiración, la humectación, viento, etc.



Estación agroclimática de Funes. La información meteorológica de precisión es clave para la producción agrícola.

En el marco de las VI Jornadas de Agrometeorología se han presentado API para la gestión del riesgo de enfermedades en viticultura, pera conferencia, etc.

Uno de los retos a los que se enfrentan actualmente los servicios de meteorología consiste en la transferencia de los datos en formatos estandarizados, con protocolos compartidos, para facilitar la labor de los distintos tipos de usuarios. La comunicación entre los sensores propiamente dichos y los equipos utilizados por el usuario final debe seguir estándares SWE (Sensor Web Enablement). Las automatizaciones de sistemas de riego o el uso de máquinas inteligentes (IoT, agricultura 4.0) deben basarse en estandarizaciones similares, aunque lamentablemente no siempre es así y queda mucho recorrido todavía por hacer.



Las redes de sensores se combinan con máquinas inteligentes que cuentan con programadores de abono, dosificación variable en los pulverizadores, etc.



4.- Monitoreo del clima, suelo y cultivo

La monitorización del clima, que nos ocupa en este artículo, si bien es una fuente de información imprescindible para la toma de decisiones en la gestión de los cultivos, no es la única. Puede decirse que constituye una de las tres patas del sistema de monitoreo, clima, suelo y cultivo. La **sensorización** en agricultura aborda la captación de **información de precisión de estos tres elementos, clima, suelo y cultivo** para la toma de decisiones de precisión. Se trata de una tecnología en crecimiento continuo y con un gran recorrido por delante, con un amplio número de empresas desarrollando soluciones comerciales.

Estas soluciones pueden quedarse en instrumentos prácticos que **suministran información al operador** (agricultor o técnico) en tiempo real para la toma de decisiones o **incluso se puede llegar a la automatización** (IoT – Internet de las Cosas) cuando la máquina, con la información recibida, toma las decisiones programadas.

En el caso de la gestión del agua de riego, en un primer nivel, una red de sensores de humedad de suelo pueden enviar un mensaje de alerta al teléfono móvil del agricultor cuando se alcanza un determinado nivel de falta de humedad en el suelo; o también pueden actuar directamente sobre el autómata de riego que, cuando alcanza ese nivel de humedad en suelo, pone en marcha automáticamente el sistema de riego sin necesitar la intervención del operador.

Este mismo proceso es el que se sigue cuando monitorizamos el cultivo para el manejo del riego a través de la teledetección. El sistema puede bien alertar al operador para que tome su propia decisión o bien activar directamente la decisión pertinente.

5.- La agricultura de precisión, la agricultura 4.0

Aborda la **mejora de la eficiencia en el uso de las materias primas** (agua, fertilizantes, semillas, etc.) a través de la automatización de la toma de decisiones adaptadas a la variabilidad espacial y temporal de la parcela agrícola. En muchos casos, ya no basta con tomar una decisión en una parcela

agrícola, sino que es necesario tener en cuenta la variabilidad intraparcilaria para ajustar con mayor precisión el agua o fertilizantes que necesita. Para ello son necesarios, por una parte, una red de sensores suficientes dentro de las parcelas; y por otra parte, se necesitan las máquinas inteligentes como programadores de riego, abonadoras o pulverizadores de dosificación variable, etc., que puedan recibir la información de los sensores y adaptar las decisiones a tomar en cada momento y en cada espacio de la parcela agrícola.

Es interesante hacer notar aquí la complementariedad de los sistemas de monitoreo clima, suelo y planta. Sin duda, la garantía de éxito en la toma de decisiones aumenta cuando nuestras herramientas de información disponen de sensores en los tres ámbitos.

La empresa pública INTIA, adscrita al Departamento de Desarrollo Rural, Medioambiente y Administración Local del Gobierno de Navarra, es **pionera en España** en aunar la investigación aplicada con la transferencia tecnológica. Las actividades que realiza para fomentar la introducción de la innovación en el sector tienen un importante impacto en el incremento de la producción agraria de Navarra y en la rentabilidad de las explotaciones, así como en la mejora de la competitividad.

PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS WEBGIS DE INTIA

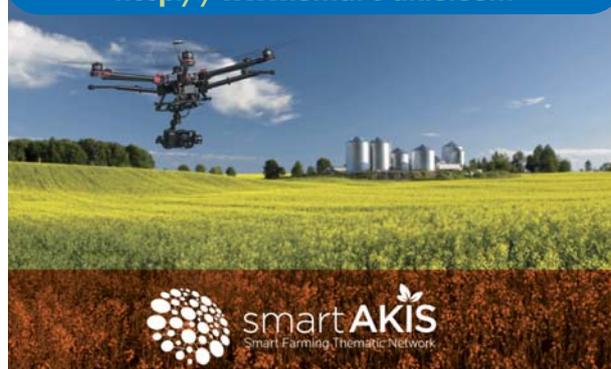
En la actualidad INTIA, a través de diferentes programas europeos, está desarrollando y poniendo en marcha diversas plataformas tecnológicas WebGis que permiten asesorar al agricultor y facilitar la toma de decisiones en las empresas y cooperativas en tiempo real. Estas plataformas, **sigAGROasesor**, **Agrointegra** y **Fertinnowa** incorporan, además de la información sobre modelos agrometeorológicos, nuevas tecnologías de apoyo a la decisión como teledetección y sensorización.



Se trata de una línea de innovación que se ha abierto en los últimos años y deja vislumbrar un panorama impresionante, eso sí, con mucho trabajo a hacer por investigadores, desarrolladores y agentes de innovación. La apuesta desde los programas públicos de innovación es clara, el interés de la industria en los nuevos nichos de negocio es ya una realidad. Tal vez falte incorporar de una manera más decidida a los usuarios finales, incluso sería mejor incorporarlos desde el principio, en **procesos de co-creación** que garanticen la utilización y rentabilidad de las inversiones realizadas.

Este espíritu de co-creación y el estrechar la brecha que a menudo existe entre la investigación y los usuarios finales es el objetivo de **proyectos europeos H2020 como Smart-Akis**, donde INTIA participa junto a un amplio grupo de organismos europeos. También hay otras iniciativas innovadoras en este campo así como socios españoles. Talleres donde se encuentran los diferentes grupos de interés están ya en marcha con la esperanza de que culminen en **espacios de encuentro para el desarrollo de nuevos productos y servicios de interés para todos**.

Más información en <http://www.smart-akis.com>




sigAGROasesor

LA PLATAFORMA SIGAGROASESOR

Es una aplicación webSIG de ámbito nacional, enfocada al asesoramiento de precisión, en fertilización, riego, enfermedades, variedades, indicadores de sostenibilidad... Incorpora la información más precisa disponible en meteorología, suelo, teledetección y conocimiento técnico de los cultivos integrados. En estos momentos, está **operativa en 5 comunidades autónomas** (Navarra, Castilla-La Mancha, Andalucía, País Vasco y Cataluña).

Entre los diferentes módulos que componen la plataforma sigAGROasesor, **AEMET ha participado particularmente en la creación del módulo METEO**. En la plataforma este módulo está dotado con tres niveles de fuentes de datos meteorológicos que el usuario puede elegir para utilizarlos a nivel de UGC (parcela de cultivo):

- **Datos actuales procedentes de estaciones meteorológicas:** la aplicación permite incorporar datos diarios de diferentes redes de estaciones meteorológicas automáticas (SIAR, EUSKALMET, METEOCAT, AEMET, Meteonavarra) mediante carga diaria alfanumérica.

- **Datos de predicciones:** AEMET suministra capas raster de predicciones diarias de diferentes variables meteorológicas.
- **Información climática:** se han utilizado datos de valores medios o extremos para un determinado periodo de referencia (30 años), como información en rejilla diaria para poder completar información histórica de las estaciones meteorológicas para un periodo mínimo de diez años, como información elaborada específicamente para determinar riesgos bióticos o abióticos.

La HAD Riego proporciona la **información en el ámbito de la parcela para cada día o cada semana**, a elección del agricultor. La HAD Riego cuenta con un módulo de teledetección, que permite ajustar la curva teórica de coeficiente de cultivo basal al crecimiento real del cultivo registrado por sensores remotos (imágenes de satélite).



Más información en <http://agroasesor.es/es/>



LA HERRAMIENTA WEB ESTACIÓN DE AVISOS AGROINTEGRA

Surge del proyecto LIFE AGROIntegra “Demostración de alternativas sostenibles a la lucha química en la protección de cultivos en Europa” (LIFE13 ENV/ES/000665) cuyo objetivo es la búsqueda de estrategias para minimizar el riesgo medioambiental en la protección de ciertos cultivos.

Esta Estación de Avisos mejora una herramienta ya existente y gestionada por INTIA desde hace más de 25 años, aumentando las posibilidades de obtener **información sobre las plagas y los cultivos**. Está enfocada a la obtención de información a través de diferentes módulos (modelos predictivos, monitoreo, observaciones,...) siempre asociados a un área geográfica.

El objetivo de la nueva Plataforma WEB-sig de Estación de Avisos AgroIntegra es transmitir información fiable a los agricultores, para que puedan llevar a cabo una gestión integrada de sus cultivos.

Para la transmisión de esta información se introduce el concepto de **área de comportamiento homogéneo (ACH)**: agrupaciones geográficas en las que, sobre la base del conocimiento, datos históricos, datos climáticos,... se puede considerar un comportamiento diferenciado de las plagas analizadas.

Modelos predictivos aplicados a estaciones meteorológicas. En la primera versión de la plataforma se han

integrado tres modelos predictivos para la estimación de riesgos diarios y con predicción de siete días. Los datos proceden de 27 estaciones meteorológicas integradas en la plataforma con datos diarios y/o semihorarios.

En el visor se visualiza el riesgo de cada una de las ACH definidas para la plaga correspondiente. A cada ACH se le asigna una estación de referencia que es la que el modelo tiene en cuenta para su tematización. En cada estación, el usuario puede consultar el gráfico con la evolución de los datos correspondientes.

La nueva estación de avisos AGROIntegra está disponible para los socios y colaboradores del proyecto agroIntegra desde noviembre de 2016, para su validación en el marco del proyecto, y se espera ponerla a disposición de agricultores y empresas del sector agroalimentario en mayo de 2017.



Más información en <http://agroIntegra.eu/es/>



Proyecto Fertinnowa

En el marco del **proyecto europeo H2020 FERTINNOWA**, INTIA, junto con el resto de socios españoles, pretende desarrollar una Herramienta de Ayuda a la Decisión (HAD) para la fertirrigación de cultivo de tomate de industria y coliflor. Esta herramienta podrá utilizarse en soporte webgis (www.sigAGROasesor.es) e incorporará las más innovadoras tecnologías de monitoreo de suelo y planta mediante teledetección.



Más información en <http://www.fertinnowa.com>

SEITSE*



* **LAS MÁS
SEMBRADA
EN 2016**



SESVANDERHAVE
sugar beet seed



**FLORIMOND
DESPREZ**

www.florimond-desprez.com
  /fdiberica