

## PLATAFORMA TECNOLÓGICA PARA EL CONTROL DE LA PLAGA DE LA MOSCA DEL OLIVO

José Francisco Feliu de la Peña-Pons<sup>1</sup>, Mauricio Ruiz-Pérez<sup>1</sup>, Ferran Valdes-Crespí<sup>2</sup> Bartomeu Alorda– Ladaira<sup>2</sup>, Carlos Barcelo-Seguí<sup>3</sup>, Mar Leza-Salord<sup>3</sup>, Miguel Ángel Miranda-Chueca<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Servicio de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección, (Universitat de les Illes Balears, Cra. Valldemossa Km 7,5 07122. Palma de Mallorca España) [josefeliu@gmail.com](mailto:josefeliu@gmail.com), [maurici.ruiz@uib.es](mailto:maurici.ruiz@uib.es)

<sup>2</sup>Servicio de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección, (Universitat de les Illes Balears, Cra. Departamento Física (Universitat de les Illes Balears) [ferran@fvcengineering.com](mailto:ferran@fvcengineering.com), [tomeu.alorda@uib.es](mailto:tomeu.alorda@uib.es)

<sup>3</sup>Laboratorio de Zoología, (Universitat de les Illes Balears) [carlos.barcelo@uib.es](mailto:carlos.barcelo@uib.es), [mar.leza@uib.es](mailto:mar.leza@uib.es), [ma.miranda@uib.es](mailto:ma.miranda@uib.es)

### RESUMEN

Se presenta el desarrollo de una plataforma tecnológica piloto para el control de la productividad, el análisis de riesgos de la plaga de la mosca y la optimización del tratamiento insecticida de los olivares mediterráneos. La plataforma cuenta con los siguientes elementos: red de sensores (temperatura, humedad, cámara), base de datos georeferenciada, aplicaciones de consulta-monitorización y sistema de apoyo a la decisión para la gestión de la plaga. La red de sensores ha sido diseñada *ad-hoc* para ser instalada en una plantación y proporcionar información *on-line* de diversas variables meteorológicas y de la evolución de la plaga de la mosca del olivo. Son sensores con autonomía energética que incorporan una tarjeta de comunicaciones y envían los datos de forma continua a un servidor de bases de datos, donde son almacenados. Su localización estratégica en el campo de cultivo permite la generación de mapas temáticos de las variables monitorizadas mediante procesos interactivos de interpolación. La plataforma se ha realizado con la financiación de la Unión Europea (*ENPI CBC Mediterranean Sea Basin Programme*) en el marco del proyecto *FruiFlyNet*, finalizado en diciembre del 2015.

**Palabras clave:** Agricultura de precisión, sensores, plataformas tecnológicas, *Batrocea Oleae*.

### ABSTRACT

The development of a technology platform for improve productivity, pest risk analysis and optimization of insecticide treatment of Mediterranean olive groves is presented here. The platform has the following elements: a network of sensors (temperature, humidity, camera), georeferenced database, query applications system-monitoring and decision support for the management of the pest. The sensor network has been designed *ad-hoc* to be installed on a plantation and provide information online both climatic variables, such as photographs of traps for olive fly. They are traps that work with solar energy and incorporate a communication card to send data continuously to a database server where they are stored. Its strategic location in the olives grove allows the generation of thematic maps of the monitored variables through interactive interpolation processes. The platform was made with funding from the European Union (*ENPI CBC Mediterranean Sea Basin Programme*) under the *FruiFlyNet* project, completed in December 2015.

**Keywords:** Precision farming, sensing, technologic platforms;

### 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el desarrollo de una plataforma tecnológica integrada, basada en el uso de las tecnologías de información geográfica, para el control de la mosca del olivo (*Bactrocera oleae*), principal plaga que afecta al cultivo de la *olea europea* (olivo). El trabajo, desarrollado en el marco del proyecto *FruitFlyNet*, tiene como principal objetivo desarrollar un sistema de detección y localización de la mosca del olivo basado en trampas electrónicas dotadas con cámaras y sensores que permiten registrar la evolución de la población de la mosca y las diferentes variables ambientales que se han dado en la parcela. Estos datos quedan registrados automáticamente en un servidor de base de datos, permitiendo un control más efectivo de la plaga. *FruitFlyNet* es un proyecto que ha sido financiado por la Unión Europea mediante el *ENPI*, *ENPI CBC Mediterranean Sea Basin*

La mosca del olivo tiene un ciclo de vida aproximadamente de cinco semanas, y cuando las condiciones meteorológicas le son propicias constituye una plaga que daña a gran parte de los frutos, la mosca pone su huevo en la oliva, y la larva crece dentro alimentándose de la fruta, provocando generalmente la caída del fruto y/o una mayor acidez del mismo. Así pues, la plaga provoca una disminución de la cantidad y la calidad de la producción, que se traduce en importantes pérdidas económicas para los productores. Para hacer frente a la plaga, tradicionalmente, se ha recurrido a los tratamientos químicos, que, a corto plazo, provocan la muerte de las moscas y las larvas, pero, a largo plazo, no sólo suponen un importante gasto económico, sino que también son ambientalmente poco sostenibles, porque contaminan las zonas fumigadas y acaban eliminando otras especies de insectos del olivar.

El prototipo desarrollado permite identificar, con una periodicidad diaria, aquéllas zonas del olivar donde la mosca presenta una mayor densidad poblacional. Así se definen las zonas donde es necesario realizar un tratamiento químico. Los diferentes dispositivos repartidos por toda la extensión del olivar ayudan a valorar, con gran nivel de exactitud, en qué momento la mosca se convierte en un peligro para la cosecha y cuál es la forma más adecuada de actuar. Así, el sistema permite reducir el número y el volumen de las fumigaciones utilizadas en el control de esta plaga, lo que reduce el impacto negativo sobre las poblaciones de parásitos naturales de la mosca –que podrían ayudar a controlar la plaga– y otras especies inocuas, a la vez que se generan menos residuos y se ahorra dinero, especialmente en las grandes explotaciones. Por último, el seguimiento de grandes extensiones de olivar se puede realizar sin tener la necesidad de desplazarse.

El principal objetivo de este artículo es explicar el desarrollo de la plataforma tecnológica *Olive Fly Net* (OFN) desarrollada para dar apoyo a la gestión y optimización de los cultivos de olivos centrándose especialmente en la gestión de la plaga de la mosca del olivo. OFN facilita la integración de datos de diversas fuentes (sensorización, GPS, ortofotografía, cartografía temática, etc.), incorporando las siguientes funcionalidades básicas:

- **Monitorización ambiental del cultivo.** Se desarrolla una aplicación de control y vigilancia ambiental del cultivo basada en la información proporcionada por una red de *Smart sensors* instalada. La aplicación proporciona información actualizada (*on-line*) de diversas variables meteorológicas (temperatura, precipitación, índice humedad, viento, etc.).
- **Diagnóstico de la plaga y su evolución.** El sistema de monitorización se complementa con funcionalidades para el control de la plaga de moscas. Para ello se ha diseñado una trampa/sensorizada que permite disponer de información actualizada del grado de infestación de cada árbol (foto).
- **Sistema de Ayuda a la Decisión para la optimización del tratamiento insecticida.** A partir de la información ambiental y del grado de infestación, se calcula el riesgo de picada para cada árbol de la explotación, permitiendo definir las áreas donde se recomienda un tratamiento insecticida preventivo. También se incorpora un registro temporal del tratamiento de pesticida realizado para cada árbol que servirá al agricultor para optimizar el proceso de fumigación.

## 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

La agricultura de precisión (*Precision Farming*) constituye un área de aplicación de las TIG en las cuales se ha experimentado en el último decenio un desarrollo considerable (Cox, 2002; Neményi, 2003; Seelan et al, 2003; Zhang et al 2002). Su aplicación práctica se orienta a tres objetivos: la reducción de recursos económicos necesarios para el mantenimiento de las explotaciones agrícolas, un incremento en la productividad agrícola (dónde sembrar, cuánto regar) y la reducción de los impactos sobre el medio ambiente derivados del consumo excesivo de agua o la contaminación asociada al uso masivo de insecticidas y fertilizantes.

Para hacer referencia a esta tecnología se utiliza habitualmente el acrónimo FIS (*Farm Information Systems*), señalando así la integración de los sistemas de información en la explotación de una granja. Otro acrónimo utilizado para referirse al nivel de precisión del sistema es *Field-Level Geographic Information Systems* (Zhang

et al., 1999). Los FIS destacan por su capacidad integradora de distintos tipos de datos y formatos en tiempo real. Entre los componentes de un FIS se incluyen los componentes básicos de los SIG (*hardware, software, datos, procesos de análisis y modelización, sistemas de representación cartográfica*), así como los componentes básicos de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Estos incluyen también a las redes de sensores especializados (*Smart sensors*), que permiten la captura de información en el campo (temperatura, humedad, conductividad, viento, grado de infestación, etc.) y que facilitan la monitorización ambiental de la explotación y la automatización de determinados procesos de la explotación.

Los FIS pueden incluir sistemas de guiado automatizado de maquinaria agrícola mediante GPS de alta precisión (*Automated guidance systems*) (Earl, Thomas et al, 2000). Con ello se permite la realización de sembrado automatizado y la realización de tratamientos personalizados a las plantas en función de la información ambiental de su localización. Los FIS incluyen también funcionalidades de simulación y optimización que permiten dar apoyo a la toma de decisión a niveles operativos, estratégicos y tácticos para la gestión de la explotación agrícola. En definitiva, los FIS integran diversas fases de explotación agraria en su utilización: preparación del sustrato (*Precision Soil Preparation*), siembra (*Precision seeding*), gestión integrada de los cultivos (*Precision Crop Management*) y cosecha de alto rendimiento (*Precision Harvesting*).

Existen algunos productos comerciales en el mercado (*SST software, SMS, SGIS Topcon, MapShots, etc*). Sin embargo, en la mayoría de casos, suelen desarrollarse productos personalizados que integran diversas soluciones tecnológicas.

En relación a los FIS, la comunidad científica ha orientado su actividad en distintos ámbitos:

- La mejora de la conectividad de los SIG con productos de simulación para la optimización de los cultivos (Rao et al., 2000).
- Aceptabilidad en la implantación de los FIS (Aubert et al., 2012; Mims et al., 2005).
- El uso de la teledetección como instrumento de apoyo para el diagnóstico de los cultivos, disponibilidad de agua, la eliminación de malas hierbas, la optimización de los cultivos al tipo de suelo, detección de daños derivados de fenómenos naturales adversos (Cochard et al., 2008; Lamb et al, 2001; Seelan et al., 2003).
- Impacto económico de la aplicación de los FIS a la explotación de cultivos (Batte et al, 2003; El-kader et al, 2013; Godwin, et al, 2003).
- Mejora en los sistemas sensores de la agricultura de precisión (Adamchuk et al, 2004).
- Optimización en los sistemas de irrigación (Nahry et al, 2011).
- Impacto en la calidad de los suelos (Schloter et al, 2003).
- Impactos en la erosión de la tierra (Ramos et al, 2007).
- Diseño de sensores y aplicaciones específicas (Zheng et al., 2011).

La agricultura puede verse favorecida sustancialmente por la utilización de los sistemas FIS, especialmente al reducir el uso de plaguicidas, siendo este el fin último de este proyecto. Sin embargo existe el riesgo creciente de que el uso de los FIS se oriente más hacia a la fertilización y productividad asociada (Auernhammer, 2001).

Los precedentes en el control de la mosca del olivo mediante herramientas de tecnologías de información son los estudios realizados por Ponitkakos et al (2010, 2012) donde establecían una herramienta para el control de la mosca.

### 3. PARCELAS DE ENSAYO

La implantación del FIS Olive Fruit Fly NET en Baleares se realizó en la finca de Son Llopart Nou, ubicada en el término municipal de Palma (Baleares). Se trata de una explotación de 17,8 hectáreas y que incluye 3.304

olivos (Figura 1), repartidos entre tres variedades: Picual, Empeltre (mallorquina) y Arbequina. El aceite se comercializa mediante la marca comercial WENGUÉ (<http://www.oliswengue.com>).

Se definieron tres parcelas de una hectárea con alrededor de 200 árboles para la realización del ensayo. En cada una de ellas se instalaron cinco trampas electrónicas (por lo que en total se instalaron quince trampas en toda la explotación).

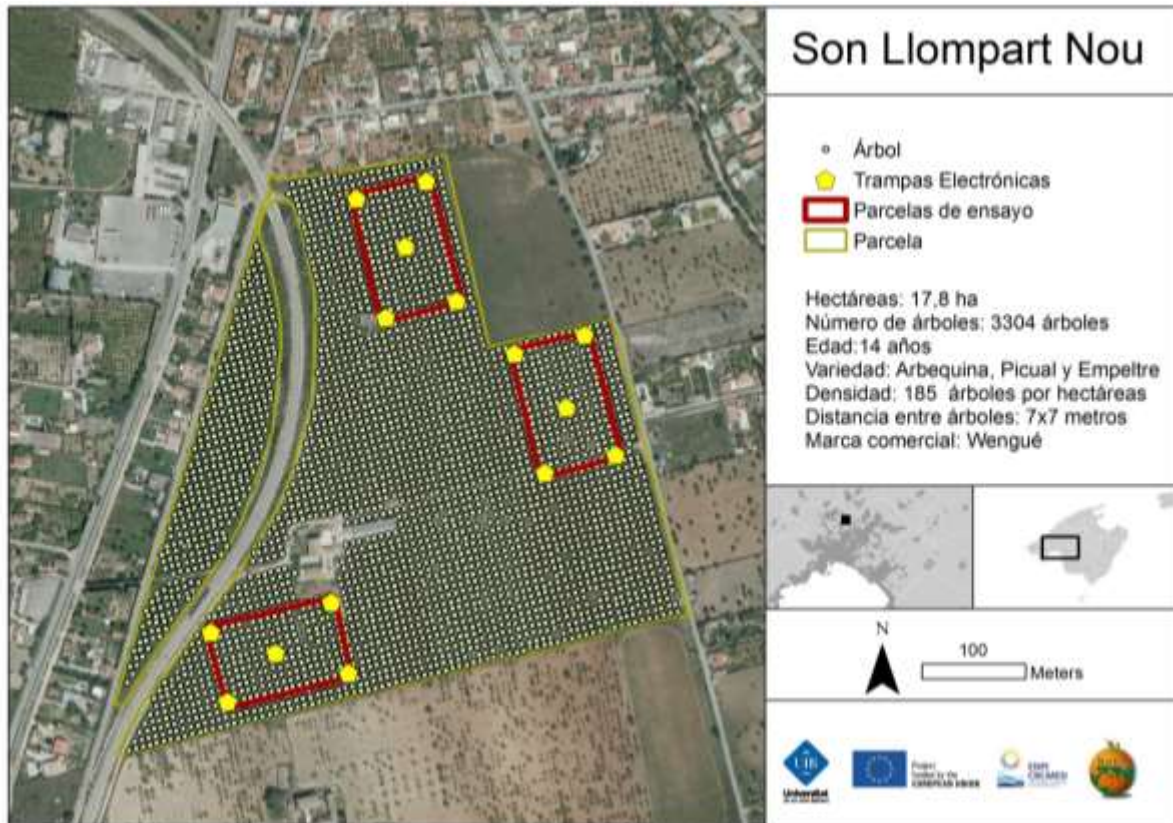


Figura1: Finca Son Llopart Nou. Fuente: Elaboración propia.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 Diseño de la red de sensores / trampa

El primer paso ha sido el diseño de un dispositivo electrónico de monitorización (DEMO) que (Figura 2, 3) incluye un sensor de temperatura, un sensor de humedad, la trampa química de la mosca y una cámara USB que la enfoca y toma fotografía de la mosca.

- Sensores: El DHT22 es el sensor seleccionado para proporcionar los valores de temperatura y humedad y transmite la información a un servidor central con una periodicidad horaria.
- Trampas: El sistema de monitoreo tradicional para la mosca del olivo se basa en las trampas comerciales cebadas ya sea con atrayentes sólido (feromona y / o bicarbonato de amonio) y líquido (difosfato de amonio) (Eliopoulos 2007; Martínez et al, 2007; Burrack et al, 2008). Estas trampas atrapan machos o hembras dependiendo del atrayente utilizado y las capturas deben recogerse manualmente, para el correspondiente conteo e identificación. El número de moscas atrapadas se comprueba por lo general cada semana durante la temporada de mosca de la fruta y luego cada dos semanas durante los meses de invierno. Por consiguiente, la actividad de monitoreo mosca del olivo resulta ser muy lento. Esta frecuencia de muestreo no es adecuada para detectar una infestación. Gracias a la cámara instaladas en el DEMO basada en el sensor CMOS Omnivision 5647 se dispone de una imagen cada 24 horas de las trampas que son enviados a un servidor central donde serán

analizadas convenientemente e identificadas (Figura 4)

A partir de los DEMO se ha desarrollado una red de sensorización (Wireless Sensor Network –WSN) que incluye tres capas principales: el nodo de supervisión electrónica, el coordinador del nodo y el servidor receptor. La red está basada en el protocolo ZigBee. El diseño de WSN se ha realizado teniendo en cuenta un bajo consumo de energía (solar) y la utilización de equipos electrónicos de bajo coste (Figura 3 y Figura 5). Los nodos de supervisión están representados por los DEMO distribuidos sistemáticamente en la plantación (Figura 1). El nodo coordinación recibe los datos periódicamente de los DEMO y los envía a través de GPRS a la base de datos central (servidor receptor) utilizando un servicio RESTful (Figura 4).



**Figura2:** Trampa experimental.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura3:** Localización de la trampa en el olivo.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura4:** Funcionamiento de la coordinación.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura5:** Componentes electrónicos de la trampa

## 4.2 Diseño de la base de datos

La base de datos se estructura en torno a dos tablas clave: el árbol y el DEMO o Nodo (trampa). Al árbol se le asocia información diversa: especie, imágenes, tratamientos realizados o spray, Observaciones, Muestreos, Acciones realizadas y nivel de riesgo de infestación. Las trampas o DEMO's incorporan los valores recopilados por los sensores ambientales (sensores) y de las capturas.

Además se incorpora información sobre los usuarios de la aplicación y datos derivados de cartografías del campo de cultivo (Región) y de las parcelas de experimentación (Polígono).

## 4.3 Diseño de la arquitectura tecnológica de la aplicación

La arquitectura tecnológica cuenta con tres servidores (Figura6):

- Servidor de base de datos. Se utiliza el sistema gestor de bases de datos relacional Oracle 11g junto a la tecnología ArcSDE para el almacenamiento y la gestión de la información alfanumérica y geográfica. El sistema se abre al exterior a través de la habilitación de servicios RESTful que facilitan la agregación automática y remota de la información recopilada por la red WSN.
- Servidor de servicios cartográficos (Web Map Services). Mediante este servidor se generan servicios cartográficos interoperables WMS a partir de la información geográfica y alfanumérica asociada contenida en la base de datos. Para esta funcionalidad se utiliza el programa ArcGIS Server 10.1.
- Servidor WEB de aplicaciones. Este servidor facilita la ejecución de la aplicación WEB y cuenta con un

servicio *FireWall* para la protección del sistema.

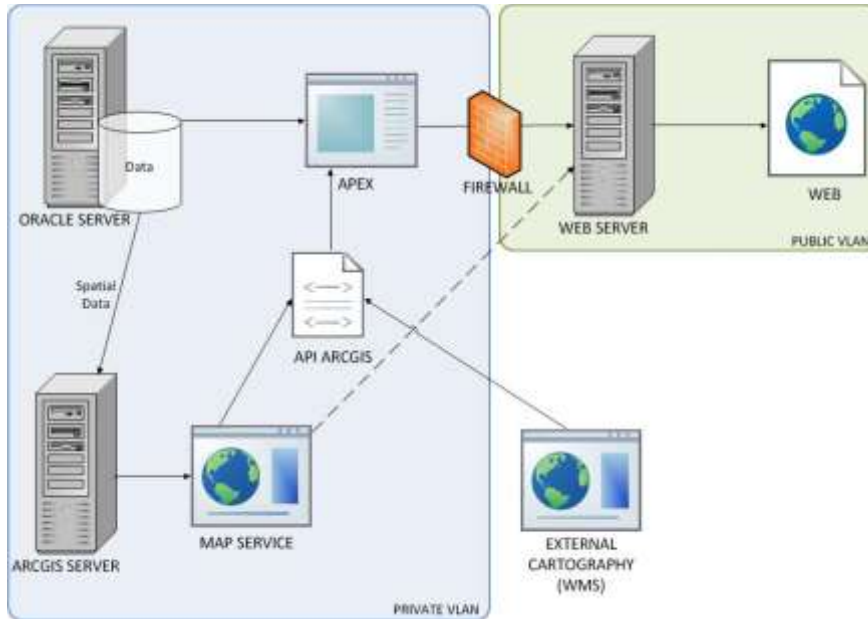


Figura 6: Arquitectura tecnológica. Elaboración propia

#### 4.4 Desarrollo de la aplicación, implementación de funcionalidades, interface gráfica.

La aplicación *Web* se ha desarrollado utilizando la tecnología *Oracle Application Express* o APEX, una herramienta de Desarrollo Rápido de Aplicaciones que permite la integración de diversos lenguajes de programación y herramientas: PL/SQL (lenguaje de base de datos), HTML/CSS (lenguaje de páginas web), *JavaScript* (lenguaje orientado a objetos), *Dojo* (librería de JavaScript) y el *API ArcGIS Server* (API desarrollado por ESRI). La aplicación es posible ejecutarla tanto desde ordenadores personales como mediante el uso de *Tablets* o teléfonos móviles con conexión a internet.

El programa se estructura en un conjunto de pestañas seleccionables que permiten acceder a las distintas funcionalidades del aplicativo que a continuación describimos:

- **Panel de control de Árboles** ( Pestaña *Tree Report* y Pestaña *Tree Detail*)

En el panel *Tree Report*, la interfaz presenta una tabla alfanumérica y un mapa. En ellos se puede realizar filtros en función de las características del árbol y se verán representados automáticamente en el mapa. El usuario puede seleccionar un árbol y obtener la información asociada al mismo a través del panel (*Tree Detail*).

El panel *Tree Detail* (figura7) proporciona la evolución temporal de toda la información asociada a ese árbol: Acciones realizadas, tratamientos insecticidas (*Spray*), riesgo infestación, imágenes asociadas, mapa de Localización, muestreos realizados, comentarios, etc.

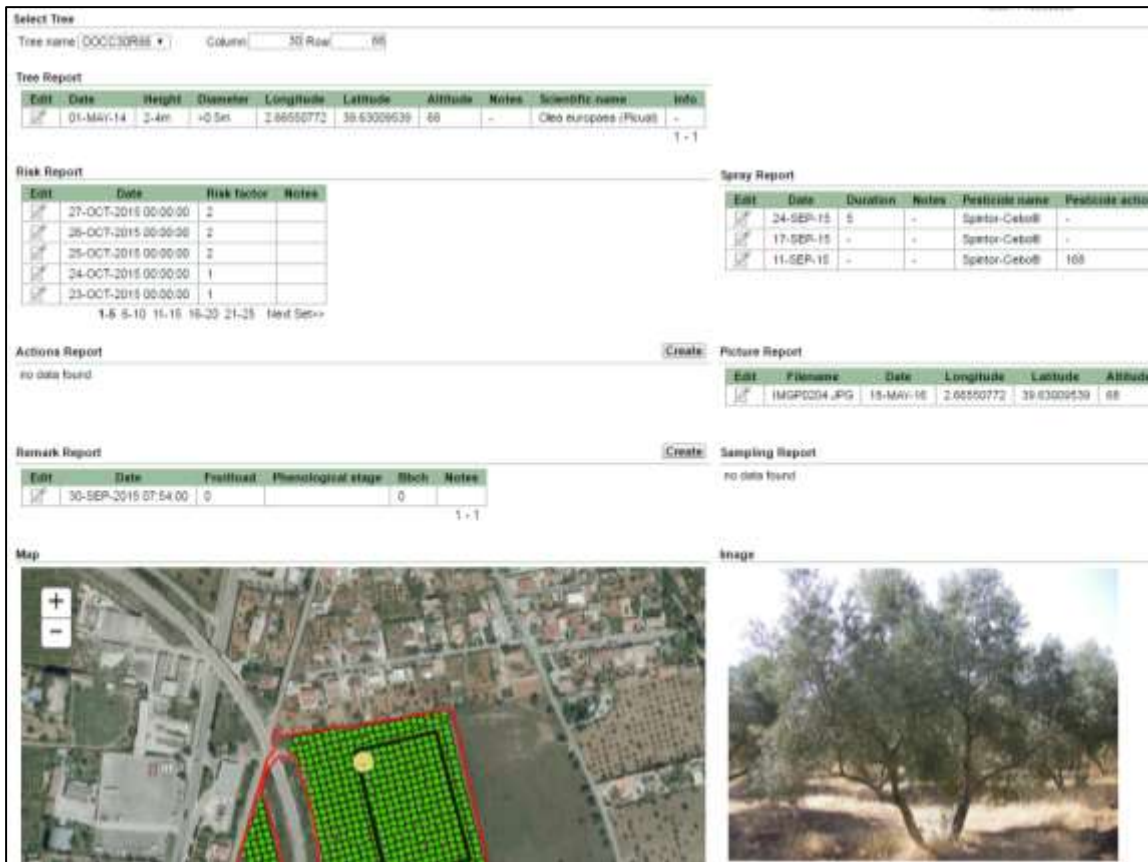


Figura 7: Detalle de la pestaña de Tree Detail



Figura 8: Detalle de la pestaña de Trap Detail

- Panel de control de Trampas (Pestaña Trap Report y Pestaña Trap Detail)

El Panel Trap Report facilita el acceso a los datos ambientales captados por la red de sensores y las capturas de las trampas. La selección de uno de los DEMo proporciona información detallada a través

del acceso al *Trap Detail*(Figura7). Así, se pueden observar las fotos recogidas en cada trampa para los distintos días y proceder al recuento on-line de las moscas.

- **Panel de control de Riesgo (Pestaña Risk Report)**

Panel de Riesgo (*Risk Pannel*) proporciona acceso a las interpolaciones de temperatura, humedad, número de moscas y el riesgo de infestación del cultivo por árbol (Figura 9).

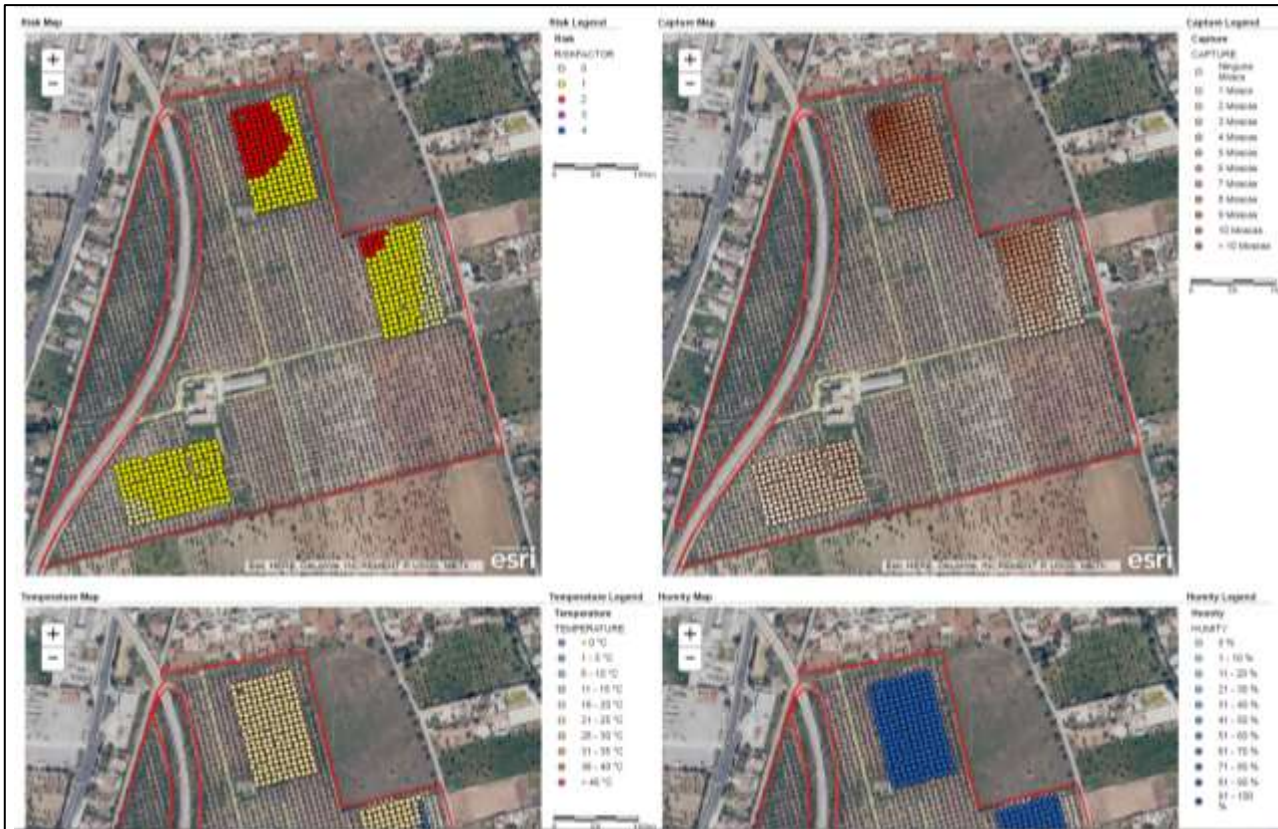


Figura 9: Detalle de la pestaña de Risk Detail

## 5. RESULTADOS

La plataforma estuvo en funcionamiento durante 61 días, desde el 28 agosto al 27 de octubre de 2015. Se recopilaron un total de 57.000 registros procedentes de los sensores de temperatura y humedad, además se tomaron 849 fotografías de las trampas (a partir de las cuales se realizó el conteo diario de número de moscas nuevas que habían caído en ellas). A partir de esta información de base se realizaron interpolaciones diarias de cada factor analizado que cubrían toda la extensión de la finca (media de temperaturas, media de humedades, número de moscas esperadas). De esa forma fue posible el cálculo del riesgo de infestación para cada árbol incluido en las parcelas experimentales (La figura 9 a modo de ejemplo muestra la pestaña *Risk Detail* con el resultado de las interpolaciones realizadas el día 19 de septiembre). Dicho nivel de riesgo sirvió de base para el tratamiento insecticida personalizado de cada árbol.

Consideramos que la aplicación web OliveFlynet constituye un instrumento eficiente para la monitorización del cultivo del olivo y dar apoyo a la gestión de plaga de la mosca que:

- Facilita la integración de distintas fuentes de información del cultivo del olivo: Datos obtenidos de los sensores, fotografías de las trampas, información recogida de los árboles mediante muestreos, etc.
- Constituye una plataforma de consulta gráfica y alfanumérica on-line del cultivo que permite disponer de información relevante de la situación de la plaga de la mosca y su evolución sin necesidad de desplazarse hasta la finca.



- Proporciona información relevante para la aplicación de tratamientos preventivos personalizados para cada árbol del cultivo.

## 6. CONCLUSIONES

La agricultura de precisión basada en el uso de tecnologías de la información geográfica aplicada a el ámbito mediterráneo sobre cultivos extensivos de olivera puede constituir una tecnología de gran eficacia para incrementar la eficiencia y productividad de las explotaciones, así como de reducir los efectos ambientales de los insecticidas mejorando la sostenibilidad de la actividad agraria y contribuyendo al mantenimiento de los paisajes naturales mediterráneos. La plataforma OliveFlyNet constituye un instrumento tecnológico pionero en este ámbito que ha resuelto de forma eficiente los requerimientos establecidos y constituye un resultado destacable de transferencia de la investigación científica de un equipo multidisciplinar.

**Agradecimientos:** Este trabajo se enmarca en proyecto FruitFlyNet, “A Location-aware System for Fruit Fly Monitoring and Pest Management Control”. Tiene un presupuesto total 1.662.872,32€ del cual la Unión Europea financia el 90% a través del programa ENPI CBC Mediterranean Sea basin Programme lo que supone un total financiado de 1.496.585,09€.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Adamchuk, V. I., Hummel, J. W., Morgan, M. T., & Upadhyaya, S. K. (2004). “On-the-go soil sensors for precision agriculture”, 44, 71–91. <http://doi.org/10.1016/j.compag.2004.03.002>
- Aubert, B. A., Schroeder, A., & Grimaudo, J. (2012). “IT as enabler of sustainable farming : An empirical analysis of farmers’ adoption decision of precision agriculture technology”. *Decision Support Systems*, 54(1), 510–520. <http://doi.org/10.1016/j.dss.2012.07.002>
- Auernhammer, H. (2001). “Precision farming — the environmental challenge”, 30, 31–43.
- Batte, T., & Arnholt, M. W. (2003). “Precision farming adoption and use in Ohio : case studies of six leading-edge adopters”, 38.
- Burrack, H.J., Connell, J.H. and Frank G. Zalom, F.G. 2008. “Comparison of olive fruit fly (*Bactrocera oleae* (Gmelin)) (Diptera: Tephritidae) captures in several commercial traps in California”. *International Journal of Pest Management* Vol. 54, No. 3, 227–234
- Cochard, R., Ranamukhaarachchi, S. L., Shivakoti, G. P., Shipin, O. V., Edwards, P. J., & Seeland, K. T. (2008). “The 2004 tsunami in Aceh and Southern Thailand: A review on coastal ecosystems, wave hazards and vulnerability. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*”, 10(1), 3–40. <http://doi.org/10.1016/j.ppees.2007.11.001>
- Cox, S. (2002). “Information technology : the global key to precision agriculture and sustainability”, 36, 93–111.
- Earl, R., Thomas, G., & Blackmore, B. S. (2000). “The potential role of GIS in autonomous field operations”, 25, 107–120.
- Eliopoulos P. A. (2007) “Evaluation of commercial traps of various designs for capturing the olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae)”, *International Journal of Pest Management*, 53:3, 245-252
- El-kader, S. M. A., & El-basioni, B. M. M. (2013). “Precision farming solution in Egypt using the wireless sensor network technology”. *Egyptian Informatics Journal*, 14(3), 221–233. <http://doi.org/10.1016/j.eij.2013.06.004>
- Godwin, R. J., Richards, T. E., Wood, G. A., Welsh, J. P., & Knight, S. M. (2003). “An Economic Analysis of the Potential for Precision Farming in UK Cereal Production”, 84, 533–545. [http://doi.org/10.1016/S1537-5110\(02\)00282-9](http://doi.org/10.1016/S1537-5110(02)00282-9)

- Lamb, D. W., & Brown, R. B. (2001). "Remote-Sensing and Mapping of Weeds in Crops", 78. <http://doi.org/10.1006/jaer.2000.0630>
- Martínez, E., Miranda, M.A, Monerris, M., Alemany, A.2007. "Comparative field studies of various traps and attractants for the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* in the Balearic Islands. In: Development of improved attractants and their integration into fruit fly sit management programmes". IAEA, Vienna, 2007. IAEA-TECDOC-1574. ISBN 978-92-0-109407-0. ISSN 1011-4289
- Mims, A., Norwood, S. H., &Mask, P. L. (2005). "Producers perceptions and attitudes toward precision agriculture technologies", 48, 256-271. <http://doi.org/10.1016/j.compag.2005.04.004>
- Nahry, A. H. El, Ali, R. R., & Baroudy, A. A. El. (2011)." An approach for precision farming under pivot irrigation system using remote sensing and GIS techniques". *Agricultural Water Management*, 98(4), 517-531. <http://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.09.012>
- Neményi, M. et al. (2003). "The role of GIS and GPS in precision farming". *Computers and Electronics in Agriculture*, 40, 45-55. [http://doi.org/10.1016/S0168-1699\(03\)00010-3](http://doi.org/10.1016/S0168-1699(03)00010-3)
- Pontikakos, C., Tsilgiridis, T., Yialouris, C. y Kontodimas, D. (2012) "*Pest management control of olive fruit fly (Bactrocera oleae) based on a location-aware agro-environmental system*". *Computers and Electronics in Agriculture* 87 39-50
- Pontikakos, C. , Tsilgiridis, T. y Drougka, M. (2010)"Location-aware system for olive fruit fly spray control" *Computers and Electronics in Agriculture* 70 355-368.
- Ramos, M. I., Gil, A. J., Feito, F. R., & Garc, A. (2007). "Using GPS and GIS tools to monitor olive tree movements", 57, 135-148. <http://doi.org/10.1016/j.compag.2007.03.003>
- Rao, M. N., Waits, D. A., & Neilsen, M. L. (2000). "A GIS-based modeling approach for implementation of sustainable farm management practices", 15, 745-753.
- Schloter, M., Bach, H., Metz, S., Sehy, U., & Munch, J. C. (2003). "Influence of precision farming on the microbial community structure and functions in nitrogen turnover", 98, 295-304. [http://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00089-6](http://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00089-6)
- Seelan, S. K., Laguette, S., Casady, G. M., & Seielstad, G. A. (2003)." Remote sensing applications for precision agriculture : A learning community approach", 88, 157-169. <http://doi.org/10.1016/j.rse.2003.04.007>
- Zhang, N., Runquist, E., Schrock, M., Havlin, J., Kluitenburg, G., & Redulla, C. (1999)." Making GIS a versatile analytical tool for research in precision farming", 22, 221-231.
- Zhang, N., Wang, M., & Wang, N. (2002). "Precision agriculture \* a worldwide overview", 36, 113-132.
- Zheng, L., Li, M., Wu, C., Ye, H., Ji, R., & Deng, X. (2011). "Development of a smart mobile farming service system. Mathematical and Computer Modelling", 54(3-4), 1194-1203. <http://doi.org/10.1016/j.mcm.2010.11.053>