

# El proyecto ERMES: servicios de seguimiento del cultivo de arroz basados en una IDE

**TRILLES, Sergi; CASTELEYN, Sven; GRANELL, Carlos; GUERRERO, Ignacio; HUERTA, Joaquín; BORDOGNA, Gloria; PEPE, Monica; BUSETTO, Lorenzo; BOSCHETTI, Mirco**

En los tiempos actuales, ante el aumento de la demanda de alimentos, el incremento del precio de ellos y la adopción de nuevas técnicas para la agricultura, es más importante la optimización de las explotaciones agrícolas. Ante este escenario, nace el proyecto Europeo ERMES (An Earth Observation Model based Rice Information Service, <http://www.ERMES-fp7space.eu/>), dentro del programa FP7, el cual tiene como objetivo principal proporcionar un conjunto de herramientas y servicios que ayuden a cooperativas y agricultores en las tareas de seguimiento del cultivo de arroz y acumular paulatinamente evidencias basadas en datos científicos, geográficos, de la observación de la tierra, e incluso datos proporcionados por los propios agricultores (usuarios) para facilitar la toma de decisiones. Esta tarea implica necesariamente la utilización e integración de diversas fuentes de datos así como también de múltiples técnicas de observación de la tierra, modelos de cultivos y herramientas TIC para el desarrollo Web y en entornos móvil.

EL proyecto ERMES se dirige a dos tipos de usuarios bien diferenciados que realizarán usos distintos de los resultados del proyecto: un uso local dirigido a los agricultores (productores) y un uso regional dirigido a las autoridades encargadas de la supervisión y gestión del cultivo del arroz en una región determinada (por ejemplo cooperativas). El ámbito de aplicación del proyecto corresponde a los principales productores de arroz a nivel Europeo— Italia, España y Grecia (en ese orden), de donde son los principales socios del proyecto. A parte de la diversidad de datos y técnicas a emplear, el proyecto se enfrenta a las necesidades particulares de escala/resolución (necesidades del usuario local frente al usuario regional) y de escalado de la solución (misma aplicación para tres casos de uso distintos en tres países). Todos estos requisitos hacen de ERMES un proyecto especialmente atractivo para validar las capacidades de las Infraestructuras de Datos Espaciales.

Durante el inicio del proyecto se han definido tareas de consulta de requisitos con los usuarios del proyecto (tanto regionales como locales), que den pie a la captura y definición pormenorizada de los requisitos funcionales de la solución final del proyecto, los cuales servirán para el diseño de los servicios finales para el seguimiento de cultivos del arroz. Dichos servicios seguirán los fundamentos INSPIRE y se estructurarán en base a los servicios básicos y estándares claves de una IDE.

## **PALABRAS CLAVE**

ERMES, seguimiento cultivo arroz, IDE, TIC, teledetección, modelos de cosecha

## **1. INTRODUCCIÓN**

Debido al crecimiento continuo de la población mundial y el constante aumento del cambio climático, definir un proceso de producción de alimentos eficiente y sostenible es más importante que nunca. En los campos de la ingeniería agrícola y la agronomía, los investigadores utilizan sus conocimientos para enfrentarse a estos desafíos. Para ello definen los llamados modelos de cultivo [1], que son una herramienta primordial para modelar, analizar y hacer predicciones sobre los

cultivos (por ejemplo, su evolución, el rendimiento, los riesgos, etc.), sobre una base de fuentes meteorológicas, ambientales y para cada cultivo en particular. Con los años, se han perfeccionado y complementado con datos provenientes de satélites [2] y con las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) [3], por lo que los avances en dichas técnicas tienen un papel importante en la mejora de los sistemas de modelado de cultivo [4, 5].

El proyecto ERMES<sup>1</sup> (An Earth obseRvation Model based RicE information Service) financiado por el programa séptimo marco (FP7) pretende utilizar y perfeccionar dichas técnicas aplicándolas al cultivo de arroz en un contexto europeo. El ERMES se nutre de las tecnologías disponibles recientemente, como las imágenes de satélite Sentinel-1 y -2, la experiencia en el modelado de cultivos y las tecnologías TIC (como por ejemplo, las tecnologías geoespaciales o dispositivos móviles). Dichas tecnologías se combinan en ERMES, para realizar mejoras en la investigación del modelado de cultivos, y crear un estado del arte para transferir dichas investigaciones a los agricultores y las autoridades regionales.

Se presentan dos ámbitos de uso o servicios claramente diferenciados. Un servicio local para agricultores, cooperativas y aseguradoras con la finalidad de ofrecer información como puede ser: el tipo de variedad de cada parcela, posibles alertas de riesgo o daños en la cosecha, etc. Y un servicio regional dirigido a autoridades, el cual será capaz de ofrecer una vista más general y completa de todo el sistema. El ámbito de aplicación del proyecto corresponde a los principales productores de arroz a nivel Europeo, Italia, España y Grecia (en ese orden).

ERMES reúne socios de cuatro países europeos (Italia, Grecia, Suiza y España), con una fuerte experiencia en diferentes campos científicos: teledetección, modelado de cultivos, agronomía y las TIC

## 2. MOTIVACIÓN

El arroz es el cultivo básico más importante del mundo. Es el segundo cultivo más producido en términos de superficie, después del trigo, pero es mucho más importante en términos de consumo humano, especialmente en los países con rentas per cápita bajas [6]. El arroz se cultiva en un gran espectro de condiciones ambientales, como pueden ser zonas con precipitaciones entre 100 mm y 5.000 mm por año; en temperaturas dispares, como medias de 17 grados a 33 grados; o en parcelas entre 0 m y 2600 m de altitud.

Los países en desarrollo son extremadamente vulnerables al riesgo de escasez de alimentos y/o incremento de los precios de ellos; en 2008 se mostró una caída relativa en la producción mundial de arroz, que determinó un aumento de precios del 300%. Los cambios en la producción de arroz y su disponibilidad pueden producir crisis alimentarias y la variación los de precios puede ser causa de problemas sociales debido a los cambios económicos y políticos. Estos cambios afectan también la producción local europea, debido a la globalización de los mercados.

Investigaciones científicas relacionadas con el cultivo del arroz demostraron que la producción potencial de arroz, por lo general, puede superar el rendimiento actual obtenido por los agricultores. Los métodos de producción reflejan numerosas deficiencias en las prácticas de cultivo llevadas a cabo, los cuales podrían ser complementados por agro-consultorías que tuvieran un conocimiento exacto de cuáles son los parámetros para una cosecha óptima.

Se ha demostrado que la mayor parte de estas deficiencias podrían reducirse mediante la aplicación de sistemas para la gestión integrada de cultivo del arroz (RICM) [7]. El desarrollo y la difusión de los sistemas de RICM en Europa y los países mediterráneos podrían ayudar a reducir los costes de producción y minimizar el impacto ambiental de las prácticas agrícolas [8]. Estos aspectos son

---

<sup>1</sup> <http://www.ermes-fp7space.eu/>

necesarios en la aplicación de la Política Agrícola Común<sup>2</sup> (PAC) para apoyar a los agricultores en el desarrollo de la manera más económica y ambientalmente sostenible.

### 3. ESTADO DEL ARTE

En la literatura existen gran variedad de trabajos relacionados con el cultivo del arroz. Algunos de los trabajos tienen como objetivo la monitorización de dicho cultivo, detectando cada una de las fases del proceso de crecimiento o el rendimiento alcanzado. En [9] se presenta un prototipo mediante datos provenientes de satélite, que es capaz de estimar el rendimiento y determinar cuál es su estado en todo momento. También han sido aplicadas técnicas de aprendizaje automático. En [10] los autores presentan una red neuronal capaz de realizar la predicción de la posible producción de arroz.

Otro de los objetivos del proyecto ERMES es la sinergia entre el las técnicas de cultivo del arroz y las nuevas tecnologías, más conocidas como TIC, refiriéndose más concretamente al uso de dispositivos móviles, los smartphones. Dichos dispositivos gozan de una alta penetración entre la sociedad [11], por lo que hace pensar que están al alcance de todos. En la bibliografía, ya se encuentran algunos trabajos los cuales apuntan a que el uso de las nuevas tecnologías ayuda a aumentar el rendimiento del arroz. [12] analiza las posibles mejoras existentes para mejorar el cultivo del arroz en zonas de África, apuntando que el uso de las TIC puede ser vital para un aumento del rendimiento. Es en [13] donde los autores presentan un estudio para la creación de políticas favorables al uso de nuevas tecnologías para el cultivo del arroz.

Son también números los trabajos que han aplicado dichas tecnologías para la mejora de diferentes cultivos. [14] presenta un sistema de notificación mediante SMS para que los agricultores realicen las acciones necesarias dentro de sus explotaciones. Dicho sistema se caracteriza por poder ser aplicado a cualquier tipo de cultivo. Los autores en [15] plantean un sistema el cual, mediante ontologías, es capaz de proponer sugerencias a los agricultores. El sistema también está desarrollado para un smartphone con sistema operativo Android. MobiCrop [16][17] ofrece un sistema para la toma de decisiones a la hora de elegir que pesticidas utilizar. En este caso, el sistema operativo elegido es iOS. En [18] se presenta una plataforma diseñada también para dispositivos móviles, con la cual se es capaz de gestionar todo tipo de información relacionada con una parcela, como puede ser, su posición, el cultivo o prácticas realizadas en las diferentes parcelas de cada agricultor. También se tiene acceso a los informes del tipo de cultivo de la Unión Europea.

El control del nivel de nitrógeno es un factor muy decisivo para el éxito de la gran mayoría de cultivos. Por ello, los autores en [19] presentan una aplicación Android para la simulación de los niveles de nitrógeno. Otra investigación llevada a cabo en [20] permite determinar el índice de área foliar mediante el uso de un Smartphone. El control del nivel de nitrógeno en el cultivo del arroz es más importante, si cabe, que en otros cultivos, por ello existen gran cantidad de trabajos que miden dicho nivel. En [21] se presenta un sensor capaz de medir dicho nivel, realizando un estudio en varias zonas de China. Un teléfono móvil es utilizado en [22] para determinar el nivel de nitrógeno mediante el reconocimiento del color de las hojas de arroz.

### 4. AREAS DE ESTUDIO

Como ya se ha dicho el objetivo del proyecto es la mejora de la producción del arroz, siendo aplicada en primera instancia sobre las áreas de estudio locales a nivel europeo y durante la vida útil del proyecto. Los servicios ERMES serán también aplicados en un país extra-europeo durante el tercer año del proyecto, con el objetivo a largo plazo de ampliar el marco de los servicios a los mercados de Asia y África, con el fin de impulsar la competitividad europea y contribuir a un desarrollo sostenible.

---

<sup>2</sup> [http://ec.europa.eu/agriculture/cap-post-2013/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/agriculture/cap-post-2013/index_en.htm)

Como ya se ha indicado, ERMES se desarrolla pensando en tres diferentes escenarios, que son: Italia, España y Grecia. Dichas áreas no han sido escogidas al azar, pues la suma de las tres áreas presenta el 85% de la producción total de arroz dentro de Europa, siendo Italia la mayor productora con un 51,9%, seguida de España con un 25,4% y finalmente Grecia con un 7,0%.

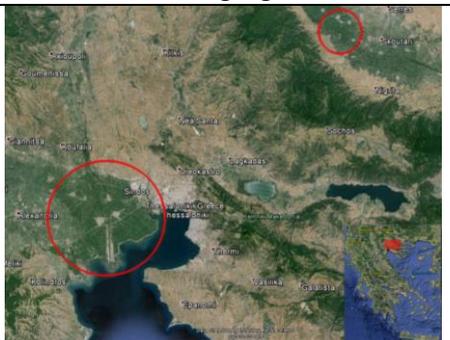
Para el despliegue del servicio regional de ERMES, más concretamente, se han elegido las zonas donde existe mayor explotación arroceras de cada uno de los países. Las autoridades reguladoras en dichas zonas son las encargadas de realizar las citadas responsabilidades. Estas zonas son las siguientes (Figura 1):

- Área de Piamonte-Lombardía [Italia]
- Área de Valencia [España]
- Área de Thessaloniki / Serres [Grecia]



Figura 1: Áreas de estudio locales y regionales

Dentro de cada una de las zonas anteriormente numeradas, se han definido sub-áreas de unos 40x40 kilómetros, en las que los productores de arroz aportarán sus experiencias como usuarios para el desarrollo del servicio local del proyecto. Dichas sub-áreas serán las elegidas para formar parte del servicio local. La siguiente tabla (Tabla 1) detalla las características de cada una de las áreas regionales.

Área de estudio	Área regional	Área local	Situación geográfica
Grecia	Tesalónica y Serres	Chalastra (Tesalónica) y Provata (Serres)	

España	Zona entre el Delta de l'Ebre hasta el Parc Natural de l'Albufera	Sueca y El Palmar	
Italia	Lombardía y Piamonte	Lomellina	

Tabla 1: Detalle de las áreas regionales y locales

## 5. APROXIMACIÓN A ERMES

En esta sección se detallará de forma general las partes del proyecto, con los que se dota en forma de una IDE (Infraestructura de Datos Espaciales), a los usuarios de los servicios establecidos. La Figura 5 muestra una visión esquemática del proyecto. Ésta se divide básicamente en tres componentes: recopilación de datos, fase de modelado del cultivo y difusión de los resultados.

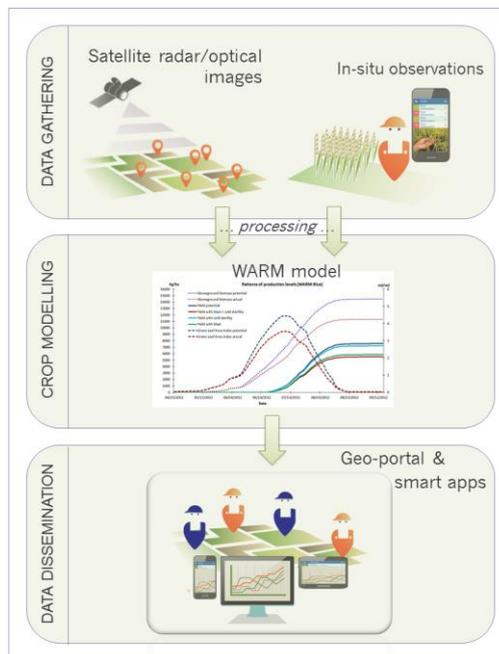


Figura 5: Visión general de ERMES

Como primer punto de partida, se prevé el uso de tres tipos de datos diferentes, que son datos provenientes de satélites y datos in-situ, pudiendo ser estos producidos por sensores de forma automática (por ejemplo, temperatura, humedad, velocidad del viento, etc.) o reportes de los agricultores mediante dispositivos móviles.

Dos tipos de productos de tipo espacial han sido definidos: 1) datos provenientes directamente de satélites (EO) y datos in-situ y 2) datos generados por el modelo de cultivo y datos producidos a partir de los EO. El primer grupo de datos, dentro del proyecto, son llamados *ERMES Products* (EP) y el segundo grupo *ERMES Information* (EI). Los dos grupos forman los *My Ermes Products*.

Tras una primera fase de recolección y transformación de los datos anteriores, estos sirven como entrada al modelo de cultivo. El modelo de cultivo llamado WARM [23], es un modelo específico para la simulación del cultivo del arroz, capaz de modelar y prever diferentes indicadores, como puede ser el rendimiento del arroz. WARM es el modelo de arroz utilizado por la Comisión Europea (CE) para el pronóstico del rendimiento del arroz en Europa, China y la India. También es utilizado para estudios de seguridad alimentaria en Malí y Burkina Faso (proyecto BECRA). Dicho modelo ha sido utilizado dentro de otros proyectos europeos, como puede ser el FP7 E-AGRI.

Aunque este modelo es capaz de trabajar con una la entrada incompleta, las capacidades de la exactitud del modelo y predicción mejoran significativamente con una entrada más completa, por lo que uno de los objetivos del proyecto es recolectar, integrar y combinar todos los datos disponibles y ofrecerlos al modelo. De esta manera el modelo puede ser ajustado y calibrado de una forma más exacta, con lo que se obtendrán unos resultados más precisos.

La tercera fase corresponde con la difusión de los datos. Para ello, se distinguen tres grupos de usuarios diferentes, que corresponden con tres objetivos distintos. Dichos objetivos son: el apoyo a los productores de arroz para un cultivo más eficiente y sostenible, el apoyo a las autoridades regionales en el control y la supervisión de las prácticas de cultivo y la implementación de las políticas agroambientales.

Para ello, el proyecto prevé dos servicios: un servicio regional de arroz, dirigido a las autoridades públicas, y un servicio local de arroz, dirigido a los agricultores locales y las empresas privadas. Con lo que la IDE resultante presenta dos casos de uso bien definidos:

- Un geo-portal capaz de visualizar las zonas y las características geográficas pertinentes, superpuestas con simulaciones de modelos y previsiones (estimación del rendimiento, calidad del grano, etc.) y alertas eventuales relacionadas con los riesgos bióticos y abióticos (por ejemplo, olas de frío, plagas, etc.). Además permitirá realizar reportes sobre el desarrollo de los cultivos o lanzar posibles alarmas.
- Una aplicación móvil que permite recolectar observaciones in-situ, como pueden ser las decisiones tomadas en la gestión de cada una de las parcelas del agricultor, fotografías para determinar posibles amenazas, entre otros. Además, también presentará información importante referente a las explotaciones de cada agricultor, como pueden ser la notificación de alertas.

## 6. SERVICIOS ERMES

En esta sección se detallarán los servicios con los que ERMES es capaz de alcanzar los objetivos previamente definidos. Para ello se han definidos dos categorías, los *ERMES services* y los *ERMES Smart Acquisition System*. El primero de ellos contempla dos ámbitos diferentes, que son el *Regional Rice Service* (RRS) y el *Local Rice Service* (LRS). A continuación se detallan cada uno de ellos.

- 1- *Regional Rice Service* (RRS), se centra en proporcionar a las autoridades públicas un sistema capaz de monitorizar de forma personalizada el estado del cultivo, realizando diferentes análisis, como por ejemplo, la previsión del rendimiento, además de ofrecer un sistema de notificación de alertas de riesgo.
- 2- *Local Rice Service* (LRS), ofrece al sector privado, tanto agricultores como empresas relacionadas, información sobre el estado del cultivo a nivel de parcelas. Se realizan análisis del rendimiento, evolución de los posibles daños o posibles alertas.
- 3- *Smart Acquisition System* (SAS), proporciona a los agricultores de ERMES, mediante el uso de un dispositivo inteligente, la posibilidad de recopilar observaciones in-situ, recibir información personalizada en relación a sus parcelas o la posibilidad de informar a las autoridades sobre cualquier riesgo.

Seguidamente, se definen de forma más amplia cada uno de los servicios anteriormente enumerados.

### 6.1 Regional Rice Service (RRS)

El proyecto cuenta con un servicio regional (RRS), el cual está definido para ser utilizado por las autoridades regionales, como pueden ser, autoridades públicas o consorcios de agricultores. Este servicio proporciona un sistema de monitorización capaz de visualizar el estado de las explotaciones, realizar análisis de estimaciones regionales y notificar cualquier posible riesgo mediante alertas. En particular, el servicio regional permite a los expertos recibir, visualizar y analizar la información relacionada con los diferentes productos a escala regional ERMES para su área de interés.

Dicha información será utilizada para la creación de boletines digitales, con los que se informará de cuáles son las condiciones del cultivo, posibles alertas, etc. La Tabla 2 detalla los productos que estarán disponibles debajo del servicio regional.

Nombre del producto
Monitoreo de Cultivos de Arroz (Producto EI_R1), incluyendo NDVI multitemporal, parámetros biofísicos, mapas meteorológicos o de fenología
Pronóstico de rendimiento
Rendimiento a final de temporada y la estimación de la calidad del grano
Alertas de riesgos bióticos y abióticos
Extensión de los cultivos de arroz
Fenología
LAI / fAPAR
Variables meteorológicas

Tabla 2: Productos disponibles en el RRS

### 6.2 Local Rice Service (LRS)

Además del servicio regional (RRS), se cuenta con un servicio local (LRS). En éste se pretende proporcionar al sector privado, ya sean agricultores, cooperativas o aseguradoras, información como puede ser el rendimiento de cada una de las variedades, alertas de riesgos bióticos y abióticos o también la evaluación de daños a nivel de explotación. Dichos usuarios podrán recibir, visualizar y analizar la información a nivel local relacionada con sus explotaciones mediante el geoportal de ERMES. La tabla 3 detalla los productos que estarán disponibles para el servicio local.

Nombre del producto
Extensión de los cultivos de arroz con alta fidelidad
Mapas de patrones constantes y estacionales del suelo/biomasa
Mapas de patrones del rendimiento
Variables y predicciones meteorológicas
Mapas de daño en el cultivo
Alertas de riesgos bióticos y abióticos
Información sobre las prácticas y el estado de los cultivos

Tabla 3: Productos disponibles en el LRS

### 6.3 Smart Acquisition System (SAS)

La calidad y la utilidad de algunos de estos productos regionales y locales dependerán sin embargo de la calidad de la información disponible (por ejemplo, variedades de arroz, fechas de siembra, fertilizaciones, etc.) que el agricultor debe aportar. Para facilitar la recogida de este tipo de información, se proporciona una aplicación para dispositivos móviles. Esta aplicación permite a los agricultores y operadores de campo recoger fácilmente la información requerida y cargarlo automáticamente en las bases de datos del proyecto, a la vez de servir de comunicación entre ambos servicios. Para ello ofrece la habilidad de enviar mensajes y fotos georreferenciadas informando de las condiciones particulares de sus campos (por ejemplo, ataques de patógenos) a los operadores regionales.

Los servicios que se integraran en el SAS tienen como objetivo proporcionar a los usuarios finales de ERMES diferentes facilidades, las cuales son: i) la recogida de observaciones in-situ sobre el estado de los cultivos y las diferentes prácticas llevadas a cabo por el agricultor; ii) informar a las autoridades regionales de eventos específicos (por ejemplo, ataques de plagas) que puedan estar presentes en sus explotaciones; iii) y recibir información personalizada (por ejemplo, alertas de riesgo) relacionada con las explotaciones de cada agricultor.

## 7. REQUISITOS ERMES

En esta sección se detallarán las funcionalidades requeridas en los servicios que se ofrecen. Estos requisitos son subdivididos en las siguientes categorías:

1. Requisitos para los servicios ERMES:
  - a. Requisitos para el RRS.
  - b. Requisitos para el LRS.
  - c. Requisitos para el SAS.
2. Requisitos para los proveedores de productos:
  - a. Requisitos para los proveedores de productos.
  - b. Requisitos para el modelo de cultivo. Se centra en permitir la implementación y el despliegue del modelo dentro de una IDE.

Para ello, a continuación se definen los requisitos para cada uno de los servicios anteriormente enumerados.

### 7.1 Requisitos para los servicios ERMES

#### 7.1.1 Requisitos para el servicio RRS

El RRS permitirá a las autoridades visualizar y analizar la información relacionada con los diferentes productos a escala regional para su Área de Interés (AI) dentro del geoportal. Las principales funcionalidades se agrupan en las siguientes categorías: visualización y consulta, análisis estadístico espacio-temporal, exportación y alertas y notificaciones. A continuación se detallan los requisitos para cada una de ellas (Tabla 4).

<b>Visualizar/consultar</b>	Posibilidad de buscar en el catálogo de los diferentes <i>My ERMES Products</i> relacionados a cada una de las AOI y obtener información sobre ellos.
	Posibilidad de visualizar las capas ráster o vectoriales correspondientes a <i>My ERMES Products</i> (pronósticos y estimación de rendimiento, fenologías, etc.).
	Posibilidad de modificar el estilo y el diseño de <i>My ERMES Products</i> para permitir visualizaciones personalizadas (por ejemplo, modificar leyendas y escalas, modificar la tabla de colores, etc.).
	Posibilidad de consultar e inspeccionar el valor de los atributos de <i>My ERMES Products</i> .
	Posibilidad de buscar lugares específicos en el mapa a través de la búsqueda textual.
<b>Análisis estadístico espacio-temporal</b>	Posibilidad de realizar análisis estadísticos espaciales simples en valores relativos a las subzonas de los <i>My ERMES Products</i> .
	Posibilidad de visualizar los resultados de los análisis estadísticos de forma gráfica (histogramas, box-plots, etc.).
	Posibilidad de visualizar los resultados de los análisis estadísticos como mapas espacialmente agregados.
	Posibilidad de realizar análisis estadísticos para los conjuntos de datos multitemporales de <i>My ERMES Products</i> , además de visualizar dichos resultados mediante gráficos de línea temporal.

	Posibilidad de realizar análisis estadísticos para la comparación de la actual temporada y conjuntos de datos históricos de <i>My ERMES Products</i> , además de visualizar dichos resultados mediante gráficos de línea temporal.
<b>Exportar</b>	Posibilidad de guardar y exportar (por ejemplo, SVG, PNG, PDF, etc.) todos los mapas derivados y gráficos de los análisis descritos anteriormente.
<b>Notificaciones y alertas</b>	Posibilidad de recibir mensajes de alerta a través de SMS o correo electrónico, cada vez que una condición potencialmente dañina es detectada.
	Posibilidad de enviar mensajes de ad-hoc entre usuarios (regionales y locales) para la notificación de posibles alertas.

Tabla 4: Requisitos para el RRS

### 7.1.2 Requisitos para el servicio LRS

El servicio LRS permite a los usuarios locales acceder a la información procedente de los distintos productos a escala local para su propia AI, además de ofrecer la capacidad de insertar y visualizar información sobre las prácticas y el estado de los cultivos para sus diferentes explotaciones. Las principales funcionalidades son las siguientes: visualizar y consultar, analizar estadísticamente, ofrecer la entrada de información, exportar la información, y lanzar posibles alertas o notificaciones. La siguiente tabla (Tabla 5) detalla cada uno de ellos.

<b>Visualizar/consultar</b>	Posibilidad de buscar en el catálogo de los diferentes <i>My ERMES Products</i> disponibles para cada usuario y obtener información sobre ellos.
	Posibilidad de visualizar las capas ráster o vectoriales correspondientes a <i>My ERMES Products</i> (pronósticos y estimación de rendimiento, fenologías, etc.).
	Posibilidad de modificar el estilo y el diseño de <i>My ERMES Products</i> para permitir visualizaciones personalizadas (por ejemplo, modificar leyendas y escalas, modificar la tabla de colores, etc.).
	Posibilidad de consultar e inspeccionar el valor de los atributos de <i>My ERMES Products</i> .
<b>Análisis estadístico espacio-temporal</b>	Posibilidad de visualizar la información sobre la evolución temporal de los riesgos desfavorables, condiciones climáticas y el desarrollo potencial de patógenos que pueden tener un impacto en la producción, en forma de gráficos de líneas con el tiempo.
	Posibilidad de visualizar la información sobre la evolución temporal de los datos meteorológicos de la actual temporada al seleccionar un campo determinado y visualizar en un gráfico la variabilidad de los parámetros seleccionados.
<b>Entrada</b>	Posibilidad de insertar información sobre las prácticas y el estado de los cultivos (por ejemplo, la variedad de arroz cultivada, fechas de siembra, fechas de fertilización y tarifas, tasas de riego, ataques de plagas, etc.) para cada explotación del usuario.
	Posibilidad de visualizar la información anterior (por ejemplo, mediante una tabla o un mapa).
	Posibilidad de visualizar y revisar la información adquirida a través del servicio SAS.
<b>Exportar</b>	Posibilidad de guardar y exportar (por ejemplo, SVG, PNG, PDF, etc.) todos los mapas y gráficos en varios formatos.
<b>Notificaciones y alertas</b>	Posibilidad de enviar mensajes de ad-hoc entre usuarios locales para la notificación de posibles alertas.

Tabla 5: Requisitos para el LRS

### 7.1.3 Requisitos para el servicio SAS

El SAS permite que los usuarios locales, mediante el uso de una aplicación dirigida a dispositivos

móviles (teléfonos y tabletas), puedan recolectar información referente a cada una de sus parcelas. Para ello, el servicio SAS ofrece los siguientes requisitos (Tabla 6).

<b>Visualizar/consultar</b>	Posibilidad de visualizar en un dispositivo móvil un mapa vectorial que representa los campos de arroz del usuario, superpuesto a un mapa base.
	Posibilidad de visualizar en un dispositivo móvil la posición del usuario mientras esté en el campo, mediante el GPS del dispositivo móvil.
	Posibilidad de seleccionar y visualizar ubicaciones, diferentes a la actual, para indicar posibles mediciones.
	Posibilidad de visualizar en el dispositivo móvil algunos de los <i>My ERMES Products</i> .
<b>Entrada</b>	Posibilidad de seleccionar la parcela para asociar la información recogida.
	Posibilidad de recoger información las siguiente maneras: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manual: posibilidad de insertar la información a través de una interfaz amigable. <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Variedad de arroz.</li> <li>b. Fechas de siembra.</li> <li>c. Prácticas de gestión (por ejemplo, las fechas y las tasas de fertilización, fechas de riego, etc.).</li> <li>d. Etapa de desarrollo fenológico.</li> <li>e. Parámetros biofísicos (por ejemplo, índice de área foliar) obtenidos a partir de las mediciones realizadas por un sensor o aplicaciones externas.</li> </ol> </li> <li>2. Automática: posibilidad de que de forma automática se recojan las mediciones por otra aplicación en el mismo dispositivo (por ejemplo, la aplicación PocketLAI).</li> <li>3. De forma opcional: la posibilidad de subir imágenes tomadas desde el propio dispositivo, para documentar y complementar las prácticas de cultivo y el estado del campo.</li> </ol>
<b>Carga</b>	Posibilidad de cargar la información recogida al servicio LRS, de forma inmediata o cuando se disponga de conexión.
<b>Notificaciones y alertas</b>	Posibilidad de enviar mensajes con etiquetas geográficas a los operadores regionales de ERMES, con la opción de ser complementadas con imágenes, para informarles de eventos particulares, como por ejemplo, plagas.

Tabla 6: Requisitos para el SAS

## 7.2 Requisitos para los proveedores de productos

### 7.2.1 Requisitos internos para los proveedores de los productos ERMES

Con el fin de hacer posible la ejecución de los servicios, algunos de los socios son responsables de la creación de los principales productos. Con el fin de proporcionar a los socios del proyecto las herramientas para el despliegue de los productos dentro de la IDE, se definen los siguientes requisitos (Tabla 7).

<b>Requisitos generales</b>	Posibilidad de desplegar los datos espaciales en relación con los productos responsables mediante un sistema web, de acuerdo a los formatos estandarizados y predefinidos.
	Posibilidad de crear metadatos para los productos antes mencionados mediante un editor de metadatos fácil de utilizar.
	Posibilidad de desplegar los metadatos creados mediante un sistema web, permitiendo así que los usuarios finales descubran los productos.

Tabla 7: Productos disponibles en el RRS

### 7.2.2 Requisitos para el modelo de cultivo ERMES

Como ya se ha enunciado, en el proyecto se utiliza un modelo de cosecha, llamado WARM [23]. Para el correcto funcionamiento de dicho modelo, se ofrecen ciertos mecanismos que garantizan su correcto uso. Los cuales se detallan en la siguiente tabla (Tabla 8).

<b>Requisitos generales</b>	Posibilidad de iniciación del modelo WARM con el ajuste adecuado de los parámetros.
	Posibilidad de ejecutar el modelo WARM a las horas predefinidas o cuando un experto lo necesite.
	Posibilidad de actualizar automáticamente la base de datos de entrada del modelo, de acuerdo a otros productos ERMES y transformándolos al formato adecuado.
	Posibilidad de desplegar los productos generados o derivados de las ejecuciones del modelo, para que estén disponibles a los servicios RRS y LRS.
	Posibilidad de crear y desplegar los metadatos para los productos generados, para poder ser descubiertos en los servicios RRS y LRS.

Tabla 8: Productos disponibles en el RRS

## 8. DISEÑO DE LOS SERVICIOS

En ésta última sección, se mostrará el diseño de los servicios y cómo son transformados los requisitos enumerados anteriormente, para dotar a ERMES de toda la funcionalidad requerida. Para ello, se ha optado por la creación de una IDE para el desarrollo del proyecto.

En los últimos años, la tecnología de la información ha pasado a arquitecturas orientadas a servicios y a la computación distribuida. Esta tendencia se aplica a las IDEs actuales que ofrecen la posibilidad de acceder a los recursos geoespaciales distribuidos y heterogéneos. Se ha seguido esta metodología, que a la vez es la utilizada en la directiva INSPIRE. Dicha arquitectura contiene tres capas [24]: capa de contenido, capa de servicio y la capa de aplicación (Figura 6).

En la capa superior residen los usuarios y las aplicaciones (clientes). En la capa media residen todos los servicios que proporcionan la funcionalidad requerida, tales como la accesibilidad y el procesamiento de los datos. Y en la capa inferior residen los datos en sí.

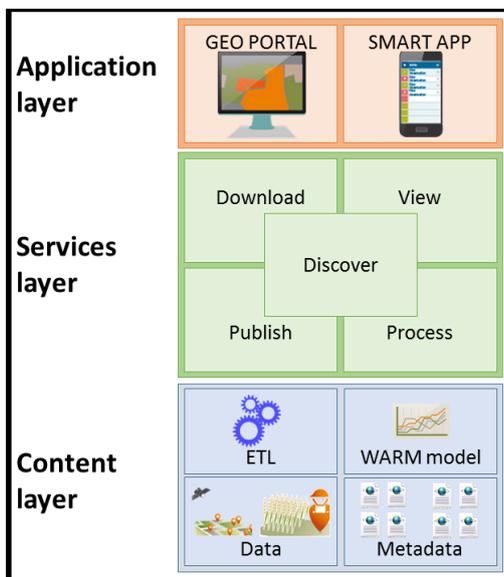


Figura 6: Arquitectura general del sistema

Como muestra la Figura 6, de forma general, el sistema se distribuye en las tres capas anteriormente descritas. En la capa de contenido, almacena los diferentes productos ERMES (EO y EI), los metadatos asociados a los productos, el modelo WARM y un proceso de transformación de los productos necesario para interactuar con el modelo. En la capa de servicios, se ofrecen los diferentes servicios que INSPIRE requiere para el cumplimiento de la normativa. Estos son: descarga, visualización, publicación, procesamiento y descubrimiento, que además son utilizados en la siguiente capa de la arquitectura. En la última capa, la capa de aplicación, se dispone de los clientes

para consumir los servicios de la capa anterior. Como ya se ha nombrado, el proyecto ofrece dos aplicaciones, un geoportal para un uso local y regional y una aplicación móvil para un uso local. Seguidamente se detallarán cada una de las capas de la arquitectura mostrada.

### 8.1 Capa de contenido

Dentro de la capa de contenido, se encuentra una de las partes más importantes del proyecto, siendo ésta la recolección e integración de diferentes fuentes de datos. Fuentes de diferentes naturalezas, desde datos provenientes de satélites, hasta datos de sensores in-situ e incluso datos creados por los propios usuarios, con sus prácticas en el campo. Esto realmente se convierte en un hándicap dentro del proyecto, ya que ERMES tiene que adaptarse a cada una de las naturalezas y comprenderlas desde su significado.

Esto, trasladado al diseño de los servicios, debe de comprenderse como uno proceso de integración de diferentes fuentes, para poder normalizar cada uno de ellas y almacenarlas dentro de las bases de datos del proyecto. Para ello se definen diferentes BBDD, para las diferentes naturalezas de datos, además de las herramientas de transformación necesarias.

La Figura 7 detalla que ocurre dentro de cada capa. Dentro de la capa de datos, hay diferentes módulos, uno de ellos es el de datos, donde se encuentra las diferentes BBDD. La primera base de datos almacena todo tipo de datos auxiliares que el proyecto necesita para el funcionamiento de todos sus servicios, como pueden ser los datos de usuarios con sus diferentes roles y datos agregados.

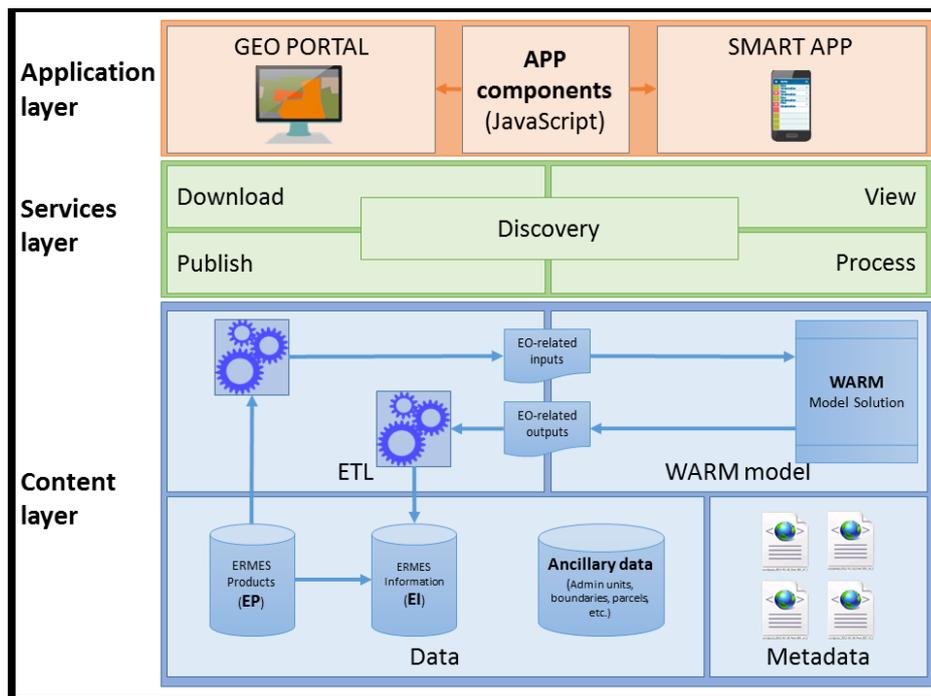


Figura 7: Arquitectura detallada del sistema

La segunda base de datos almacena los EP que son los datos que los socios encargados tendrán que suministrar para el funcionamiento del modelo. La tercera base de datos sirve para almacenar los EI. Los EI, como vemos en la figura (Figura 7), son generados por el modelo y algunos de ellos pueden ser extraídos directamente de los EP.

Otra de las piezas del proyecto es la integración del modelo de cultivo WARM [23]. Dicho modelo ha de desplegarse dentro del proyecto y ofrecer las diferentes conexiones para interactuar con él, además de conectar con los datos de entrada necesarios para su ejecución. Como muestra la Figura 7 el modelo tiene como entradas los EP almacenados en su BD. Para que los EP sean válidos para el modelo deben ser convertidos mediante procesos *Extract, Transform and Load* (ETL) para adaptarse

a los requisitos del modelo y del sistema. Las salidas del modelo también deben ser convertidas mediante procesos ETL para posteriormente ser almacenadas en la correspondiente BD.

Finalmente, se encuentran los metadatos, que deben ser creados por los propios proveedores de los productos. Estos serán necesarios para poder localizar los productos relacionados a cada usuario. Dichos metadatos serán generados siguiendo la normativa INSPIRE correspondiente.

## **8.2 Capa de servicios**

Para poder nutrir la capa de aplicaciones del proyecto se ofrecen diferentes servicios interoperables para acceder a la información almacenadas en las BBDD. Como ya se ha indicado, ERMES cumple con INSPIRE, por lo que todos los servicios que ofrece cumplen con dicha normativa.

Para poder dotar de plena capacidad a las aplicaciones que el proyecto ofrece, se provén los diferentes servicios OGC para la descarga, la visualización, la publicación, el procesamiento y el descubrimiento.

## **8.3 Capa de aplicaciones**

La tercera y última capa de la arquitectura de del proyecto, la capa de aplicaciones, ofrece los clientes necesarios para cumplir con los requisitos de los servicios RRS, LRS y SAS. Como se ha detallado anteriormente, se ofrece un geoportal para abastecer a los servicios RRS y LRS, y un aplicación móvil para el servicio SAS.

Las tecnologías que se utilizadas para desarrollar dicho geoportal y aplicación móvil, ofrecen la agilidad necesaria para poder ser ejecutadas, tanto en navegadores de escritorio como en navegadores móviles. Por lo que utilizan ciertos componentes comunes para tareas que comparten, como puede ser el acceso a la capa de servicios.

Además, tanto en el geoportal, como en la aplicación móvil se utilizan tecnologías web (JavaScript), las cuales podrán ser ejecutadas en cualquier ambiente y plataforma, cosa que favorece la reutilización de las mismas.

## **9. CONCLUSIONES**

En la presente comunicación se pretende dar a conocer los primeros avances en el proyecto europeo ERMES, perteneciente al programa séptimo marco (FP7). El objetivo de ERMES es mejorar el cultivo del arroz y servirá de ayuda, tanto a las autoridades regionales de cada uno de los países donde se establecerá, como a los agricultores y empresas privadas que estén asociadas al proyecto.

A lo largo de la comunicación se presentan cuáles son los requisitos del proyecto para dar funcionalidad a los diferentes ámbitos de uso que el proyecto pretende. Estos son: el RRS, el LRS y el SAS. Dichos ámbitos de uso son ofrecidos mediante un geoportal y una aplicación móvil, los cuales están enmarcados dentro de la capa de aplicación en la arquitectura de capas. Dichas aplicaciones utilizan diferentes servicios estándares, pertenecientes a la capa de servicios, que ofrecen la interoperabilidad necesaria para acceder a los productos ERMES (EP y EI), correspondientes a la capa de contenido. Con dicha arquitectura, se establece la distribución necesaria para crear una IDE y la mejora del cultivo del arroz.

Como ya se ha anunciado, ERMES se encuentra en el primer medio año de ejecución, en el que se han definido los requisitos del proyecto y se está trabajando en el diseño de los servicios. Tras dicho diseño se pasará a la implementación de ellos.

## REFERENCIAS

- [1] Sinclair T. R., Seligman N. G.: Crop Modeling: From Infancy to Maturity. *Agronomy Journal*, vol. 88(5), pp. 698-704 (1996)
- [2] Battesea G. E., Harterb R. M., Fullerc W. A.: An Error-Components Model for Prediction of County Crop Areas Using Survey and Satellite Data. *Journal of the American Statistical Association*, vol. 83(401), pp. 28-36 (1988)
- [3] Pinter Jr. P.J., Hatfield J.L., Schepers J.S., Barnes E.M., Moran M.S., Daughtry C.S.T., Upchurch D.R.: Remote Sensing for Crop Modeling. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 69(6), pp.647-664, (2003)
- [4] J.A. Richards: *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Springer, (1999)
- [5] Schowengerdt R.A.: *Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing*. Elsevier Inc., (2007)
- [6] <http://faostat.fao.org/> [Accedido 14/10/2014]
- [7] Clampett W.S., Williams R.L., Lacy J.M.: Major achievements in closing yield gaps of rice between research and farmers in Australia, *Proceedings of the Expert Consultation held in Rome, Food and Agriculture Organisation (FAO), Roma*, (2001)
- [8] Nguyen V.N.: Productive and environmentally friendly rice integrated crop management systems, *IRC Newsl.*, pp. 25-32, (2002)
- [9] Takashima S.S., Oyoshi K., Okumura T., Tomiyama N., Rakwatin P.: Rice crop yield monitoring system prototyping and its evaluation result, *First International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics)*, pp.1-4, (2012)
- [10] Chen C., Mcnairn H.: A neural network integrated approach for rice crop monitoring, *International Journal of Remote Sensing*, vol. 27, pp. 1367-1393, (2006)
- [11] Yangil P., Jengchung V. C.: Acceptance and adoption of the innovative use of smartphone, *Industrial Management & Data Systems*, vol. 107, pp. 1349-1365, (2007)
- [12] Balasubramanian V., Sie M., Hijmans R.J., Otsuka K.: Increasing Rice Production in Sub-Saharan Africa: Challenges and Opportunities, In: Donald L. Sparks, Editor(s), *Advances in Agronomy*, Academic Press, vol. 94, pp.55-133, (2007)
- [13] Mariano M.J., Villano R., Fleming E.: Factors influencing farmers' adoption of modern rice technologies and good management practices in the Philippines, *Agricultural Systems*, vol. 110, pp. 41-53 (2012)
- [14] Antonopoulou E., Karetos S.T., Maliappis M., Sideridis A.B.: Web and mobile technologies in a prototype DSS for major field crops, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 70, pp. 292-301, (2010)
- [15] Kumar V., Dave V., Nagrani R., Chaudhary S., Bhise M.: Crop cultivation information system on mobile devices, *Global Humanitarian Technology Conference: South Asia Satellite (GHTC-SAS)*, IEEE, pp. 196-202, (2013)
- [16] Lomotey R.K., Yiding C., Ahmed A.K., Deters, R.: Distributed mobile application for crop farmers, *Distributed Mobile Application for Crop Farmers, MEDES '13*, pp. 135-139, (2013)
- [17] Lomotey R.K., Yiding C., Jamal, S., Deters, R.: MobiCrop: Supporting Crop Farmers with a Cloud-Enabled Mobile App, *IEEE 6th International Conference on Service-Oriented Computing and Applications (SOCA)*, pp. 182-189, (2013)

[18] Lantzos T., Koykoyris G., Salampasis M.: FarmManager: An Android Application for the Management of Small Farms, *Procedia Technology*, vol. 8, pp. 587-592, (2013)

[19] Delgado J.A., Kowalski K., Tebbe C.: The first Nitrogen Index app for mobile devices: Using portable technology for smart agricultural management, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 91, pp. 121-123, (2013)

[20] Confalonieri R., Foi M., Casa R., Aquaro S., Tona E., Peterle M., Boldini A., De Carli G., Ferrari A., Finotto G., Guarneri T., Manzoni V., Movedi E., Nisoli A., Paleari L., Radici I., Suardi M., Veronesi D., Bregaglio S., Cappelli G., Chiodini M.E., Dominoni P., Francone C., Frasso N., Stella T., Acutis M.: Development of an app for estimating leaf area index using a smartphone. Trueness and precision determination and comparison with other indirect methods, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol 96, pp. 67-74, (2013)

[21] Yao Y., Miao Y., Cao Q., Wang H., Gnyp M., Bareth G., Khosla R., Yang W., Liu F., Liu C.: In-Season Estimation of Rice Nitrogen Status With an Active Crop Canopy Sensor, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, In press.

[22] Intaravanne Y., Sumriddetchkajorn S.: BaiKhao (rice leaf) app: a mobile device-based application in analyzing the color level of the rice leaf for nitrogen estimation, *Optoelectronic Imaging and Multimedia Technology II*, (2012)

[23] Confalonieri R., Bellocchi G., Bregaglio S., Donatelli, M., Acutis M.: Comparison of sensitivity analysis techniques: A case study with the rice model WARM, *Journal of Ecological Modelling*, vol. 221(16), pp. 1897-1906, (2011)

[24] Community, E. (2007). Directive 2007/2/ec of the european parliament and of the council of 14 march, 2007 establishing an infrastructure for spatial information in the european community (inspire).

## AUTORES

<b>Sergi TRILLES</b> strilles@uji.es INIT Univesitat Jaume I	<b>Sven CASTELEYN</b> sven.casteleyn@uji.es INIT Univesitat Jaume I	<b>Carlos GRANELL</b> carlos.granell.canut@gmail.com INIT Univesitat Jaume I
<b>Ignacio GUERRERO</b> gguerrer@uji.es INIT Univesitat Jaume I	<b>Joaquín HUERTA</b> huerta@uji.es INIT Univesitat Jaume I	<b>Gloria BORDOGNA</b> bordogna.g@irea.cnr.it IREA Consiglio Nazionale delle Ricerche
<b>Monica PEPE</b> pepe.m@irea.cnr.it IREA Consiglio Nazionale delle Ricerche	<b>Lorenzo BUSETTO</b> busetto.l@irea.cnr.it IREA Consiglio Nazionale delle Ricerche	<b>Mirco BOSCHETTI</b> boschetti.m@irea.cnr.it IREA Consiglio Nazionale delle Ricerche