

## **CRIG: Una aplicación móvil para cálculos de fertirriego**

A. Pérez-Castro<sup>1</sup>, J.A. Sánchez<sup>2</sup>, M. Castilla<sup>2</sup>, J. Sánchez-Moreno<sup>1</sup>, M. Berenguel<sup>2</sup> y J.J. Magán<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Informática y Automática, ETS de Ingeniería Informática. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), C/Juan del Rosal, 16 Madrid. E-mail: agustinperezcastro@bec.uned.es / jsanchez@dia.uned.es

<sup>2</sup> Departamento de Informática. Grupo de Investigación de Automática, Robótica y Mecatrónica. Universidad de Almería, Campus de Excelencia Agroalimentario (ceiA3). E-mail: {jorgesanchez, mcastilla, beren}@ual.es

<sup>3</sup> Estación experimental de la Fundación Cajamar, Paraje “Las Palmerillas”, El Ejido (Almería) E-mail: juanjosemagan@fundacioncajamar.com

### **Resumen**

El objetivo de este trabajo es el desarrollo de una aplicación móvil que ayude a realizar el cálculo del aporte de fertilizantes y riego para todos los cultivos en diferentes sistemas de cultivo. Este sistema permitirá a técnicos, agricultores y estudiantes aprovechar mejor los recursos existentes para una aplicación adecuada de nutrientes y agua. La aplicación desarrollada servirá como sistema de aprendizaje y de ayuda a la toma de decisiones para un sistema tan crítico como es el fertirriego. Por lo tanto, el facilitar la accesibilidad al procedimiento utilizado para determinar los parámetros óptimos de fertirriego en cualquier explotación agrícola es un problema de vital importancia que debe ser estudiado. En este trabajo, se propone una aplicación para dispositivos móviles que estima el valor idóneo de los parámetros de fertirriego en función de las características de la explotación agrícola y el tipo de cultivo. Asimismo, permite llevar un control de varias explotaciones agrícolas de forma simultánea mediante el uso de bases de datos persistentes.

Palabras clave: aporte de fertilizantes y riego, apps

### **CRIG: A mobile application for fertirrigation calculations**

#### **Abstract**

The objective of this work is to develop a mobile application that helps with the calculation of fertilizers and irrigation supplies for all crops in different cropping systems. This system will allow technicians, farmers and students to perform a better use of the existing resources for an appropriate application of nutrients and water. The developed application will work as both a learning system and a decision making tool for fertirrigation systems. Therefore, to ease the accessibility to the methodology used to determine the optimal fertirrigation parameters of any cropping system is a problem of vital importance that should be studied. In this paper, an application for mobile devices able to estimate the suitable parameters for the fertirrigation problem as a function of both, the main characteristics of the cropping system and the type of crop, is proposed. Additionally, this application allows the user to keep a simultaneous control of several cropping systems by means of persistent databases.

Keywords: fertilizers and irrigation supplies, apps

## **Introducción y/o Justificación**

La introducción de fertilizantes y variedades de cultivos sensibles a fertilizantes allanó el camino para la revolución verde responsable de la duplicación de la producción de cultivos. Durante las últimas cuatro décadas, el uso de abonos orgánicos y el uso imprudente de fertilizantes inorgánicos plantearon serias amenazas para el medio ambiente. En este contexto, el desarrollo o la modificación de las estrategias de gestión para mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes aplicados es de suma importancia, así como la búsqueda del momento adecuado de aplicación de dichos nutrientes y el uso de prácticas de riego eficientes (Thomson et al, 2013). Un buen manejo de la nutrición mineral es fundamental pues determina en gran medida la capacidad productiva de los cultivos hortícolas. En general, la mayoría de las variedades cultivadas presentan una buena adaptación, comportamiento y alto rendimiento, por lo que requieren un alto aporte de riego y nutrientes (Sánchez et al., 2012). Con el fertirriego, los nutrientes son aplicados de forma exacta y uniforme solamente al volumen radicular humedecido, donde están concentradas las raíces activas. Esto favorece la eficiencia en el uso del agua y los fertilizantes, lo que mejora su distribución y localización. El aporte de nutrientes a los cultivos de acuerdo a la etapa fisiológica, considerando las características climáticas y del suelo, resulta en altos rendimientos y excelente calidad de los cultivos (Sánchez et al., 2012). De esta forma, el control preciso de la tasa de aplicación de los nutrientes optimiza la fertilización, reduciendo el potencial de contaminación del agua subterránea causado por el lixiviado de fertilizantes. Más concretamente, el fertirriego permite adecuar la cantidad y concentración de los nutrientes de acuerdo a la demanda de nutrientes durante el ciclo de crecimiento del cultivo. Sin embargo, la información necesaria para un buen control de riego y nutrientes es bastante complicada de usar y requiere un conocimiento considerable de los cultivos y los diferentes sistemas existentes. Por lo tanto, contar con una herramienta de software capaz de implementar un modelo de este tipo es de gran ayuda para los productores e investigadores en el proceso de toma de decisiones (Thomson et al, 2013). Estos sistemas de apoyo en la toma de decisiones (DSS) son sistemas informáticos que ayudan a la persona responsable a tomar una cierta decisión, por lo que deben permitir un acceso a toda la información disponible de forma rápida y eficiente. Estos sistemas son interactivos, y utilizan bases de datos internas y externas. Sus principales características son la flexibilidad, eficacia y capacidad de adaptación.

## **Material y Métodos**

El procedimiento de cálculo de las necesidades de agua y nutrientes de los diferentes cultivos consta de dos partes: i) la estimación del consumo de agua por parte de los diferentes cultivos a partir de la predicción las condiciones externas meteorológicas y la estimación de las internas, la cual se abordará en un futuro trabajo y, ii) el cálculo de la necesidad de nutrientes a partir de los análisis del agua de riego, del aporte y del suelo o drenaje (en el caso de cultivo hidropónico), del cultivo y su estado fisiológico, del sistema de riego instalado y del tipo de fertilizantes. Centrando el trabajo en el segundo cálculo, aporte de nutrientes, el objetivo de la aplicación es ofrecer al usuario una cantidad de fertilizantes a aportar durante el riego. Para ello, se partirá del análisis del agua de riego y un equilibrio de cationes y aniones preestablecido según cultivo y estado vegetativo. Una vez calculadas las necesidades nutricionales específicas del cultivo a estudio, se procede a la estimación de las cantidades de abono a introducir en el sistema. En una última etapa,

la aplicación desarrollada interpretará los análisis de gotero, del extracto saturado del suelo y/o drenaje para dar al usuario una información más completa sobre cómo se está comportando el cultivo, según el tipo de sistema y la disponibilidad de los mismos.

Para el desarrollo de la aplicación propuesta en este trabajo se ha utilizado la plataforma freeware *Google App Inventor* (<http://ai2.appinventor.mit.edu/>). Más concretamente, *App Inventor* es una herramienta software que permite la creación de aplicaciones móviles para el sistema operativo Android de forma visual. Esta herramienta permite al desarrollador diseñar la interfaz de usuario mediante una interfaz gráfica basada en Web y especificar el funcionamiento de la aplicación mediante programación basada en bloques (Wolber et al., 2014), véase Figura 1. Los requisitos necesarios para el uso de dicha plataforma son los siguientes: i) Ordenador con sistema operativo Macintosh (con procesador Intel) Mac OS X 10., 10.6; Windows XP, Windows Vista o posterior; GNU/Linux Ubuntu 8 +, Debian 5+; ii) Navegador Mozilla Firefox 3.6 o superior; Apple Safari 5.0 o superior; Google Chrome 4.0 o superior; Microsoft Internet Explorer 7 o superior; iii) Dispositivo móvil con sistema operativo Android.

## Resultados y Discusión

El caso práctico corresponde a un invernadero “*tipo Almería*” de tres hectáreas de cultivo de tomate cherry redondo variedad *genio* en perlita. El primer paso fue introducir el análisis de agua correspondiente a un pozo situado en la finca, véase Tabla 1:

Posteriormente, se ha establecido un criterio de fertirriego para toda la campaña agrícola, el cual no será modificado a no ser que se detecte algún problema en el análisis de los goteros y/o drenajes. Este equilibrio buscado se muestra en la Tabla 2 y el resultado final se puede observar en la Figura 2.d.

Para resolver el problema de fertirriego mencionado anteriormente, se ha diseñado e implementado la aplicación para dispositivos móviles CRIG, véase Figura 2.a. La aplicación desarrollada presenta grandes ventajas como por ejemplo: una interfaz sencilla e intuitiva que permite a los usuarios resolver un problema complejo en cuestión de minutos; portabilidad ya que permite acceder al histórico de tratamientos de fertirrigación de una determinada explotación agrícola desde cualquier lugar utilizando únicamente un dispositivo móvil. Además, la aplicación desarrollada permite al usuario de la misma disponer de una base de datos de agricultores (véase Figura 2.c) con sus correspondientes explotaciones agrícolas y el/los cultivos asociados a las mismas. Además, facilita la selección de los datos asociados a una determinada explotación agrícola de una forma sencilla como se puede observar en la Figura 2.b. Finalmente, los resultados del cálculo para la fertirrigación se proporcionan de forma tabulada como se muestra en la Figura 2.d.

## Conclusiones

La herramienta desarrollada proporciona información sobre el cálculo del fertirriego en función de las condiciones iniciales de calidad de agua de riego y equilibrio teórico requerido. Esta herramienta permite optimizar el aporte de fertilizantes al sistema, con un análisis profundo de las entradas y salidas del mismo, dando información al usuario de cuáles deben ser las cantidades de abono, del comportamiento del agua de riego y de la absorción por parte del cultivo. El DSS fue desarrollado usando una metodología orientada a objetos, lo que facilita la reutilización, modificación o extensión de cada uno de sus componentes.

## Agradecimientos

Esta investigación ha sido realizada dentro del proyecto “Controlcrop” P1O-TEP-6174 financiado por el Ministerio de Economía, Innovación y Ciencia de Andalucía, y los proyectos del Plan Nacional DPI2011-27818-C02-01, DPI2011-27818-C02-02, DPI2014-56364-C2-1-R y DPI2014-55932-C2-2-R del Ministerio de Economía y Competitividad y Fondos FEDER y las becas FPI englobadas en los mismos.

## Referencias

Sánchez, J.A., Rodríguez, F., Guzmán, J.L., Arahál, M.R., 2012. Virtual sensors for designing irrigation controllers in greenhouses. *Sensors*, 12, 15244–15266.

Thompson, R.B., Gallardo, M., Rodríguez, J.S., Sánchez, J.A., Magán, J.J. 2013. Effect of N uptake concentration on nitrate leaching from tomato grown in free-draining soilless culture under Mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae* 150: 387-398.

Wolber, D., Abelson, H., Spertus, E. y Looney, L. 2014. *App Inventor 2. Create your own Android Apps*. O’Reilly Media.

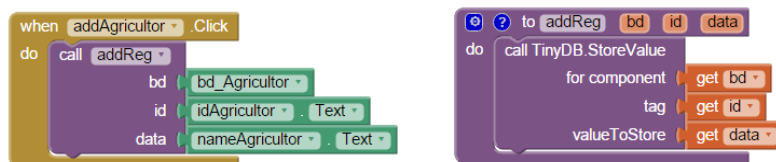
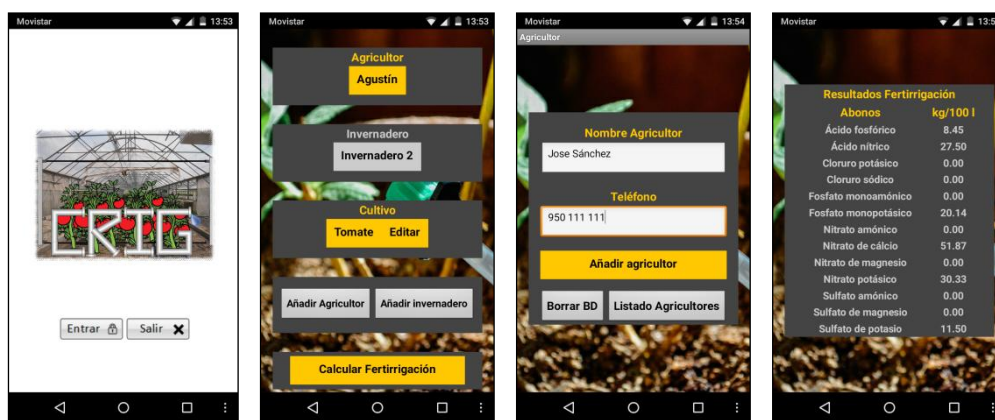


Figura 1. Ejemplo programación basada en bloques



a. Pantalla principal    b. Selección datos    c. Añadir agricultor    d. Resultados cálculo

Figura 2. Capturas de pantalla aplicación CRIG

Tabla 1. Análisis del agua de riego en el caso práctico

HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	CE (dS/m)
4.80	0.00	0.70	0.00	0.20	1.60	1.90	1.30	6.20	4.90	1.17

Tabla 2. Equilibrio teórico del caso práctico

HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	CE (dS/m)	pH
0.50	0.00	12.00	1.50	6.00	4.00	1.50	1.50	0.00	0.00	3,5	5,5