

## **Supervisión y sistema de alerta por medio de fotografías digitales de un cultivo hortícola**

J.M. González-Esquiva<sup>1</sup>, D. Escarabajal-Henarejos<sup>1</sup>, J.L. Hernández-Hernández<sup>2</sup>, G. García-Mateos<sup>3</sup>, A. Ruiz-Canales<sup>4</sup> y J.M. Molina Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo I+D+i Ingeniería Agromótica y del Mar. DIAEA. Área de Ingeniería Agroforestal. ETSIA.Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. Paseo Alfonso XIII, 48, 30203 Cartagena (Murcia). jgonzalez1690@gmail.com

<sup>2</sup>Unidad Académica de Ingeniería. Universidad Autónoma de Guerrero, Av. Lázaro Cárdenas s/n, Ciudad Universitaria, Chilpancingo, Guerrero, México.

<sup>3</sup>Departamento de Informática y Sistemas. Facultad de Informática. Universidad de Murcia, Campus Universitario de Espinardo, 30100 Murcia.

<sup>4</sup>Agua y Energía para una Agricultura Sostenible. Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Universidad Miguel Hernández de Elche. Ctra. de Beniel, km 3.2, 03312 Orihuela (Alicante).acanales@umh.es

### **Resumen**

Por medio de la presente investigación se ha realizado un sistema novedoso que obtiene de forma desatendida y automática la evolución de la cobertura vegetal de una forma sencilla a partir de un sistema de visualización con fotografía digital. Esto permite calcular las necesidades hídricas del cultivo por medio de una expresión matemática y por otra parte obtener la evolución de la cobertura vegetal, alertando al sistema cuando se obtengan valores más bajos de los esperados. Para estudiar la viabilidad del sistema, se ha realizado un seguimiento de una plantación de lechuga (*Lactuca sativa* L. cv. 'Hierro'). La aplicación está realizada en PHP con la librería IMagick, lo que facilita su instalación en un servicio Cloud Computing.

**Palabras clave:** Cloud Computing, PHP, cobertura vegetal.

## **Monitoring and warning system by means of digital photographs of a horticultural crop**

### **Abstract**

With this researching work a novelty system for obtaining the evolution of the crop cover has been developed. This system includes not supervised and automated procedures from a digital photography. By means of a mathematical algorithm the crop water needs are calculated from a photograph. Moreover, the evolution of ground cover is obtained. Additionally, some warnings are sent by the system when are obtained lower values compared with the expected values. In order to study the viability of the system several data have been obtained in a lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. 'Hierro') orchard. The application is developed in PHP with the IMagick library. This allows including this system in a 'cloud computing' service.

**Keywords:** Cloud Computing, PHP, crop cover.

### **INTRODUCCIÓN**

La estimación de los requerimientos hídricos en los cultivos es la etapa principal en el diseño de un sistema de riego, siendo cada vez más precisa con el avance de la

tecnología. Entre estos métodos se encuentran los basados en la determinación de las necesidades de riego mediante el empleo de lisímetros o a partir de la fracción de cobertura vegetal ( $F_c$ ), determinándose este parámetro a partir del análisis digital de fotografías mediante técnicas que realizan la segmentación entre cultivo y terreno (Escarabajal-Henarejos, D. et al 2015).

Las técnicas utilizadas para determinar las necesidades de riego utilizan algoritmos matemáticos con variables de integración en el dominio del tiempo, pudiéndose producir un error acumulativo al ir sumando las necesidades hídricas para cada riego restando las aportaciones de agua por precipitación o lluvia así como el consumo de la planta, siendo necesario utilizar otros mecanismos para realizar una retroalimentación del sistema, para corregir posibles desviaciones.

El objetivo del presente trabajo es estudiar la viabilidad de incorporar un sistema de visión para supervisar y reajustar automáticamente los sistemas de riego gestionados por lisimetría, debido a los resultados precisos obtenidos por la evapotranspiración del cultivo a partir de la cobertura vegetal. (Fernández-Pacheco, D.G. et al 2014), así como la posibilidad de añadir una evolución del factor de cobertura vegetal.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

En cuatro subparcelas, convenientemente delimitadas, de un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L. cv. 'Hierro') se realizó un estudio para la obtención de la fracción de cobertura vegetal (Escarabajal-Henarejos et al., 2013), mediante fotografías digitales, realizándose una serie de 29 fotos para cada subparcela. La fracción de cobertura vegetal fue obtenida segmentando cada fotografía en una imagen bicolor, y calculada como la relación entre los píxeles de vegetación y los píxeles totales, por medio de un script con el algoritmo de la técnica FCM instalado en un PC AMD Quad Core Processor (2 Ghz) con servidor Apache, PHP y la librería Imagick (Studio, 2008).

El principio de funcionamiento básico de este algoritmo es agrupar o separar los datos proporcionados en grupos llamados clusters, para formar a continuación elementos estructurantes a los cuales se le aplicarán algoritmos de morfología matemática de erosión y dilatación, obteniéndose la fracción de cobertura vegetal.

En la siguiente fase se identifican los diferentes grupos por su forma, pudiéndose enumerar el número de especímenes en la foto, obteniendo el valor de la superficie de cada verdura por separado, así como su estado de desarrollo.

Para el estudio del crecimiento de la cobertura vegetal distinguiremos dos puntos de inflexión, un primer punto de inflexión se produce cuando la planta pasa de tener las hojas con inclinación vertical a una inclinación más horizontal, y un segundo punto de inflexión cuando se produce el solapamiento de dos plantas.

Antes del primer punto de inflexión (Fig. 1) Evolución de la cobertura vegetal. En azul la fase posterior al primer punto de inflexión, En rojo la fase posterior al segundo punto de inflexión con solapamiento de plantas la evolución de la cobertura vegetal es más lenta ya que la verdura experimenta un crecimiento vertical en su mayor parte, pasando a una la segunda fase, donde las hojas tienen a estar más horizontales, produciendo una mayor pendiente de crecimiento de la cobertura de la planta hasta llegar a una tercera fase que se produce un solapamiento entre las plantas.

Para determinar los puntos de inflexión, se estudia la evolución de la planta en las dos primeras semanas, hasta que se detecta un incremento de la pendiente de crecimiento, mientras que en el segundo punto de inflexión (Fig. 2) se determina al solaparse las

plantas, pudiéndose trazar una recta sobre los grupos de selección correspondiente a planta, no existiendo ningún pixel correspondiente a suelo.

Por último todos los datos se almacenarán en una base de datos alojada en el servidor, visualizando en forma de gráfica la evolución de la planta en cada parcela y temporada. Generándose una alerta en que se detecte un crecimiento inferior al esperado.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los datos de la parcela 1 están representados en la Fig. 3, donde se puede apreciar un crecimiento marcadamente lineal en cada fase de desarrollo, fácilmente computable, reproduciéndose de una forma parecida en el resto de las parcelas estudiadas, determinándose claramente las zonas de alerta al reducirse el crecimiento por debajo de la pendiente estimada.

## **CONCLUSIONES**

El sistema es válido, detectando en las 4 parcelas las pendientes correspondientes, pudiendo alertar de posibles anomalías en el funcionamiento, detectando automáticamente una disminución en el crecimiento de la cobertura vegetal.

Por otro lado el sistema dispone de la posibilidad de identificar el crecimiento de las plantas de forma individual o en conjunto, así como la posibilidad de informar por medio de email, de cualquier alerta al disminuir el crecimiento, ya sea debido a una falta de riego o una plaga, pudiendo acceder a tiempo real a la aplicación con el histórico de datos y visualizar las diferentes fotos adquiridas. Al estar integrado con un lisímetro de pesada, se podrá calibrar el sistema automáticamente, si se repite el error de forma continuada al determinarse una evapotranspiración inferior a la calculada, siendo preciso un mayor aporte de agua.

## **REFERENCIAS**

- Escarabajal-Henarejos, D., Molina-Martínez, JM., Fernández-Pacheco, DG., Cavas-Martínez, F., García-Mateos, G. (2015) "Digital photography applied to irrigation management of Little Gem lettuce," *Agric. Water Manag.*, pp. 148–157, vol 151.
- Fernández-Pacheco, DG., Escarabajal-Henarejos, D., Ruiz-Canales, A., Conesa, J., Molina-Martínez, JM. (2014) "A digital image-processing-based method for determining the crop coefficient of lettuce crops in the southeast of Spain," *Biosyst. Eng.*, vol. 117, pp. 23–34.
- Escarabajal Henarejos, D., Martínez Garrido, P., Molina Martínez, JM, Ruiz Peñalver, L., y Ruiz Canales, A. (2013), "Estimación del coeficiente de cultivo en lechuga (*Lactuca sativa* cv. 'Hierro') mediante tratamiento digital de imágenes", VI Jornadas de Introducción a la Investigación de la UPCT, pp. 52–54.

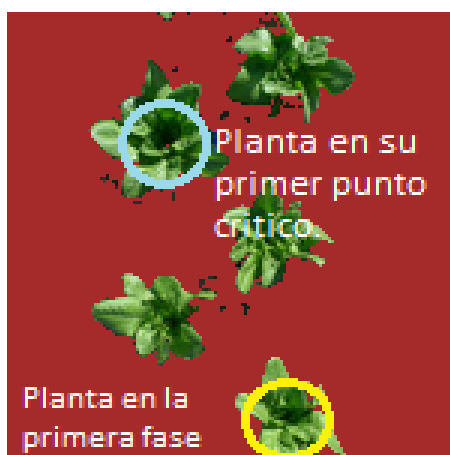


Fig. 1. Determinación primer punto de inflexión.

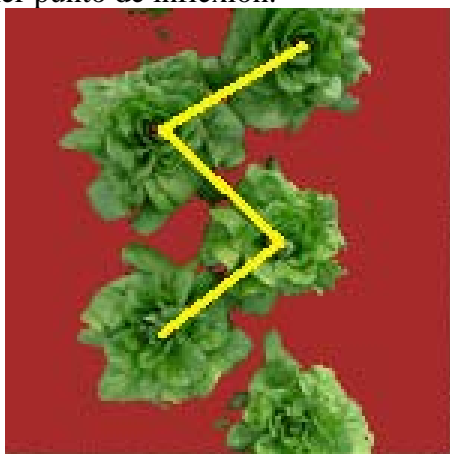


Fig. 2. Determinación segundo punto de inflexión.

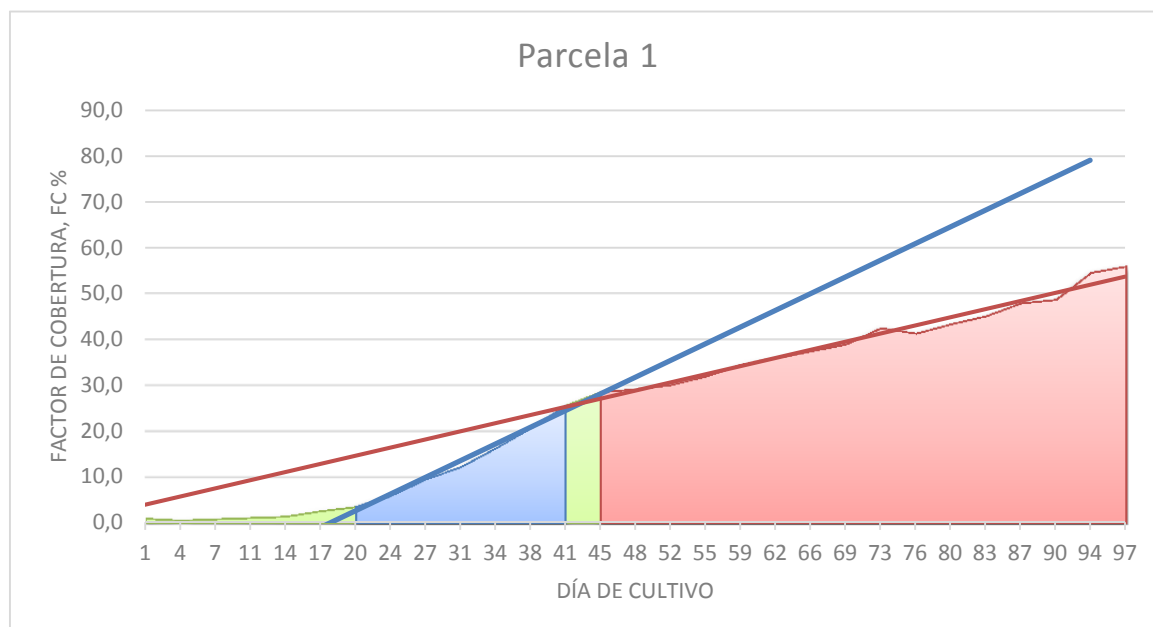


Fig. 3. Evolución de la cobertura vegetal. En azul la fase posterior al primer punto de inflexión, En rojo la fase posterior al segundo punto de inflexión con solapamiento de plantas.