

ABRE NUMEROSAS POSIBILIDADES A CORTO PLAZO EN EL CAMPO DE LA PRODUCCIÓN E INVESTIGACIÓN

Algunos usos de la **visión artificial** y su aplicación en la horticultura protegida

Las tecnologías de la información y comunicación (TICs) son una realidad incuestionable, presente en la cultura tecnológica que nos rodea (Iribarne *et al.*, 2009). Es por ello, que su uso no pasa desapercibido en los distintos ámbitos, como es el caso de la agricultura en invernaderos, donde la utilización de las nuevas tecnolo-

gías ha aumentando de forma significativa en los últimos años. Dentro de las mismas, una de las más destacables es la incorporación de lo que se ha denominado **visión artificial**, que permite una **vigilancia en tiempo real** de los cultivos, mediante **tele-seguimiento** y **tele-supervisión**.

Noelia Fernández Bregón¹, Miguel Urrestarazu¹ y Diego Luis Valera².

¹ Dpto. Producción Vegetal. Universidad de Almería.

² Dpto. Ingeniería Rural. Universidad de Almería.

El funcionamiento de los sistemas de visión artificial (**figura 1**), permite obtener un control total sobre los cultivos y capturar imágenes en las distintas etapas de los mismos para su posterior análisis e interpretación. De esta manera, la visión artificial tiene una escala de actuación muy amplia, desde la toma de imágenes de plántulas de semillero (Álvaro *et al.*, 2011) hasta la inspección de la calidad de la producción (Chen *et al.*, 2002).

El incremento de la implantación de los distintos sistemas de visión artificial ha sido posible gracias a una disminución drástica del coste de los componentes de estos sistemas (como cámaras o procesadores) y al aumento espectacular de las prestaciones de los mismos (Blasco *et al.*, 2010). De esta forma, los sistemas de visión artificial se vienen utilizando cada vez más en la industria de alimentos y de productos agrícolas, entre otros, con fines de inspección y evaluación, ya que proporcionan una valoración rápida y objetiva, a la vez que económica (Sun, 2000).

Los equipos a instalar en los invernaderos deben ajustarse a las metas y objetivos perse-

guidos, ya que las características de las imágenes obtenidas van a cambiar en función de las cámaras que se empleen en los distintos sistemas e infraestructuras para la captación de las mismas. En el mercado existen multitud de cámaras que pueden cumplir la función requerida, algunas de ellas diseñadas de forma específica para la horticultura protegida (**foto 1**). Éstas capturan imágenes con alta o baja resolución que permitirán el control y seguimiento de los cultivos tanto de especies hortícolas como de ornamentales.

Cámaras ópticas

Las cámaras ópticas forman parte de los sistemas de visión artificial y poseen varias aplicaciones para seguir e interactuar en prácticamente toda la vida del cultivo y en cada una de sus fases.

Una de estas funciones es la toma de imágenes de alta resolución y el seguimiento y control de las plantas durante las 24 horas del día, combinando y complementando éstas con otros datos microclimáticos y con su respectivo análisis realizado por el ordenador (**foto 1**). De esta forma se puede hacer, por ejemplo, el uso de gráficas de déficit de presión de vapor con el aspecto visual de turgencia o marchitez. Estas funciones se hacen con software específicos que también deben ajustarse y elegirse en función de los objetivos perseguidos por la

visión artificial. Algunas cámaras son de baja resolución, pero si por ejemplo solo se necesitan unas imágenes de evolución de la cobertura vegetal pueden resultar muy útiles, ya que nos permiten un seguimiento en tiempo real de esta cobertura y realizar un análisis de la velocidad de crecimiento vegetal (**foto 2**) con un programa de tratamiento de imágenes que mida una dirección del espacio, o bien que sencillamente determine la superficie existente del color verde en imágenes sucesivas, por lo que puede resultar muy útil y sencillo en investigación.

Esta nueva herramienta sustituye a tediosas horas de trabajo de campo donde el operario necesitaba horas y días para disponer de valiosos datos que hoy quedan registrados de forma automática. Así, las cámaras que utilizan estos sistemas toman detalladamente las imágenes de las plantas y las almacenan, posibilitando una posterior visión de éstas, desde cualquier lugar del mundo y con total nitidez en los detalles (**foto 3**) que puede permitir el diagnóstico desde un mal riego a una deficiencia nutricional mediante una imagen en tiempo real. La **foto 2** ilustra un claro ejemplo en el que a través de la sucesión rápida de imágenes se pueden obtener películas cortas en las que se observen las 24 horas de grabación de los cultivos. Con el grado de detalle conseguido puede incluso realizarse un buen programa de polinización de flores de tomate con abejas



Foto 1: Diferentes cámaras que se usan en la horticultura protegida.

Primera fila: cámara media-baja resolución a la derecha un ejemplo de la imagen que proyecta. Es una cámara web óptica que resulta muy económica, con escasa resolución, sin zoom, pero con control variable del ángulo de visión de entre 80 y 35° que permite un gran campo de visión. Ejemplo de una imagen de una porción de invernadero que controla (<http://panasonic.net/pcc/products/netwcam/lineup/bl-c30/index.html>).

Segunda fila: Cámara con casi 360° de campo y gran poder de zoom. **Tercera fila:** Cámara de alta resolución y capacidad de zoom (<http://www.hortimax.es/4/2/58/es/productos/manejo-y-analisis/cropview.html>). **Cuarta fila:** cámaras térmicas. Imágenes de detalle de macetas y plantas en un invernadero con paneles húmedos.

(foto 4), de forma que podemos diagnosticar si las abejas están realizando correctamente su labor sin necesidad de una visita física al invernadero.

Las características aquí descritas se hacen evidentes en los denominados ensayos de variedades. Ésta es una labor eternamente repetida por todas las casas comerciales de semi-

llas, debido a que permite una validez del uso del tiempo muy importante y por tanto es de una clara utilidad práctica. Cuando los genetistas realizan una primera obtención de potenciales variedades comerciales su número es enorme. Esto implica que por necesidades de tiempo y espacio en los ensayos se eliminan un número importante de variedades que no llegarán a comercializarse, con las repercusiones económicas que esto implica. Son los denominados *screening*, que no es otra cosa que un cribado inicial, detección o selección precoz.

Si se determinan correctamente una serie de parámetros de crecimiento vegetal (diámetro del tallo, longitud de entrenudos, altura, velocidad de crecimiento del ápice principal, etc.) se puede establecer una clara correlación con el índice de cosecha. Estos datos son analizados de forma automatizada incluso en tiempo real, y por tanto se multiplica el número de variedades a ensayar de forma significativa. Consecuentemente permiten un mejor criterio de esta selección precoz, que puede justificar la inversión en infraestructura y software. Esta técnica es parte de la denominada biometría informática y está siendo aplicada a multitud de ciencias y tecnologías en la actualidad, tanto en áreas de biología y agronomía como en medicina, constituyendo una herramienta que es un claro ejemplo de validez de los términos eficacia y eficiencia, en este caso del uso del tiempo aplicado a los ensayos de variedades.

Cámaras térmicas

Las cámaras térmicas que usan imágenes en longitud en torno al infrarrojo han demostrado ser unas herramientas especialmente útiles tanto en el control climático en los invernaderos (Álvaro *et al.*, 2011), como en la detección de problemas de estrés individual de las unidades de cultivo cuando se producen errores en la distribución de fertirriego en las plantas (Urrestarazu, 2012).

Por otro lado, algunos de estos sistemas de visión artificial pueden combinarse con la toma de datos climáticos que ayudan a trabajar de forma sencilla con un ordenador. La combinación de imágenes en tiempo real, programas de interpretación y análisis, con la posibilidad de seguirlo y controlarlo desde cualquier parte del mundo, constituye sin duda una nueva herramienta de la que aún no se está extrayendo toda su utilidad práctica potencial (foto 5).



Foto 2. Cuatro fotogramas de un vídeo que permite la medida y control del crecimiento vegetal.



Foto 3. Detalle del seguimiento de un cultivo de rosas.



Foto 4. Detalle del seguimiento de un cultivo de tomate sobre la polinización.

Ubicación de las cámaras

La ubicación de las cámaras en el interior del invernadero es también un factor muy importante. Una vez más depende de los objetivos

planteados. Tenemos varias posibilidades. La primera es obtener imágenes manualmente con infraestructuras portátiles, o incluso disponiéndola en trípodes más o menos temporales. Obviamente éstas nos permitirán usarlos con distintos ángulos y en distintos lugares de una forma más

convencional. La segunda opción es la de tener un punto fijo, que puede mostrar imágenes ortogonales u oblicuas que generalmente deben mostrar una visión de la totalidad del invernadero, sobre todo si están motorizadas permitiendo una visión de hasta 360° en la variación del ángulo de campo de la cámara. La tercera es la de disponer la cámara sobre una plataforma móvil que permita un tren de imágenes de la superficie de cultivo. ●



Foto 5. Al fondo antena wi-fi que conecta las cámaras de visión a internet con seguridad y placa solar que suministra la energía necesaria para mantener todo el equipo de control y seguimiento de la visión artificial.

Bibliografía ▼

Álvarez, J.E., Valera, D.L. y Urrestarazu, M., 2011. Nuevas herramientas de control y diagnóstico mediante cámaras multispectrales en la horticultura protegida. *Agrícola Vergel*. Octubre, 2011.

Blasco, J., Cubero, S., Gómez-Sanchís, J. y Moltó, E., 2010. Avances en visión artificial automática de productos hortofrutícolas. *Horticultura Global*, n° 288.

Chen, Y.R., Chao, K. and Kim, M.S., 2002. Machine vision technology for agricultural applications. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36, 173-/191.

Iribarne, L., Ayala, R., y Torres, J.A. 2009. A DPS-based system modelling method for 3d-structures simulation in manufacturing processes. *Simulation Modelling, Practice and Theory*, 17, 935-954.

Sun, D.W., 2000. Inspecting pizza topping percentage and distribution by a computer vision method. *Journal of Food Engineering* 44, 245-249.