



La irrupción de las tecnologías electrónicas y de la información

*María Gyomar González González, Patricia Chueca,
Sergio Cubero y José Blasco*
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

1. Análisis de la situación actual

Entendemos por agricultura de precisión el conjunto de prácticas agrícolas que se centran en áreas concretas del campo en momentos particulares del tiempo. Las prácticas de manejo agrícola tradicionales, como por ejemplo el riego o la aplicación de fertilizantes o pesticidas, habitualmente se han realizado de forma uniforme en todo el campo, sin tener en cuenta la heterogeneidad intraparcelsaria, es decir, la variación natural o las diferentes necesidades que puedan existir dentro de una parcela. Los avances en nuevas tecnologías, así como el desarrollo de nuevos sensores cada vez más especializados y económicos, permiten su incorporación en el sector agrícola (Cubero *et al.*, 2016).

Uno de los principales usos y posibilidades de la agricultura de precisión es la detección temprana de plagas y enfermedades o de deficiencias nutricionales e hídricas, a partir del análisis de los datos proporcionados por los sensores sobre la energía reflejada o emitida por las plantas.

Los sensores utilizados en teledetección como las cámaras multiespectrales, hiperespectrales o térmicas permiten estimar algunos parámetros relacionados con el estado del cultivo tales como escasez de agua, clorosis e incluso la deficiencia de nutrientes como nitrógeno, fósforo o potasio, debido a la relación entre los compuestos químicos y determinadas longitudes de onda donde se absorben.

El contenido en clorofila es uno de los indicadores más utilizados para analizar el estado de las plantas, ya que esta es la encargada de absorber la luz solar para proporcionar energía química durante la fotosíntesis. Debido a este proceso se induce un efecto importante en la cantidad de energía que se refleja. Las medidas que proporcionan los sensores espectrales permiten estimar directamente la cantidad de clorofila y relacionarla con el estado de la planta. A partir de esta información es posible saber si las plantas están sometidas o no a estrés y en qué medida lo están.

Antes de que la clorofila comience a descomponerse en las plantas estresadas, la estructura celular de las hojas se ve afectada, lo que altera la reflectancia de estas en zonas del infrarrojo cercano, incluso antes de que la pérdida de clorofila cambie la reflectancia en la región visible y pueda verla el ojo humano. Esto permite detectar de forma temprana que las plantas se encuentran sometidas a estrés.



Otro de los principales indicadores del estado de la planta es la cantidad de agua que contiene. Así, cuando no tiene suficiente y está bajo estrés, no puede perder calor a través de la transpiración lo suficientemente rápido y, como resultado, la temperatura de la planta aumenta. Esto puede detectarse con cámaras térmicas. Una disminución en la tasa de evaporación y transpiración es un indicador del estrés hídrico del cultivo, pero puede ocultar otros problemas, como la presencia de una plaga o enfermedad.

El uso de la teledetección para mapear la distribución de enfermedades de las plantas o su estado hídrico y nutricional ha evolucionado considerablemente durante las últimas tres décadas y puede realizarse a diferentes escalas, dependiendo del área a monitorear, así como de la resolución espacial y espectral requerida.

La información proporcionada por los sensores equipados en algunos satélites se utiliza desde hace tiempo para obtener información del cultivo. Uno de los mayores inconvenientes de las imágenes adquiridas por satélite es la baja resolución espacial. Por ello, algunos estudios están encaminados a encontrar y delinear árboles individuales. A pesar de ello, es posible estimar algunas de las características del cultivo como, por ejemplo, la determinación de la evapotranspiración, realizar predicciones de cosecha o incluso la detección de algunas enfermedades graves como el *Huanglongbing* (HLB).

Las imágenes de satélite ofrecen cada vez mejores resoluciones espaciales y en algunos casos, como las proporcionadas por el satélite Sentinel 2, son gratuitas. En general, las imágenes disponibles proporcionan una muy amplia cobertura espacial pero a resoluciones relativamente bajas, pese a lo cual pueden ser útiles para la detección de plantas afectadas por una enfermedad o deficiencia. Por otra parte, estas fotografías satelitales se ven afectadas por factores atmosféricos, como por ejemplo las nubes, que pueden provocar que necesiten una corrección o que imágenes capturadas en una determinada fecha no sean válidas. No obstante, las constelaciones de satélites actuales, como la perteneciente al programa Copernicus (<https://www.copernicus.eu/es>), permiten una frecuencia de adquisición de datos muy elevada, que minimiza este problema.

Los aviones tripulados son, en la actualidad, la única alternativa práctica a los satélites para obtener información de los cultivos a grandes escalas, con una resolución espacial y espectral óptima para la detección temprana de enfermedades y deficiencias nutricionales. Una de las aplicaciones habituales de estos sensores es la detección de estrés vegetativo a nivel de región o de cultivo. Algunas estimaciones del estrés fisiológico de las plantas permiten localizar la presencia de algunas enfermedades como el HLB a partir de imágenes de alta resolución (Moriya *et al.*, 2019).

La reducción de precios y la miniaturización de los sensores permiten que los vehículos aéreos no tripulados (UAV, a partir de sus siglas en inglés), como los drones (Figura 1), se utilicen cada vez más en la agricultura de precisión. Uno de los mayores inconvenientes que presenta esta tecnología es que su autonomía y carga útil siguen siendo escasas en comparación con las aeronaves tripuladas, y las regulaciones legales impuestas a este tipo de vehículos limitan las operaciones más allá de la línea de visión. A pesar de estas restricciones, la facilidad de acceso y de manejo ha convertido a estos equipos en una de las principales herramientas en la actualidad para obtener información sobre el estado del cultivo, la detección temprana de enfermedades y plagas, la predicción de cosecha o incluso la estimación de las cantidades de determinados elementos como el carbono o el nitrógeno.



Figura 1.

Dron dotado de cámaras térmica y multispectral para visualización y análisis de la plantación



No obstante, en ocasiones se necesitan obtener datos a nivel de planta o incluso de hoja. En estos casos, la información espectral se puede recopilar a alta resolución espacio-temporal, y se puede acceder rápidamente desde dispositivos de mano o usando sensores montados en vehículos o robots agrícolas (Rey *et al.*, 2019). El inconveniente de los sensores de mano es que solo permiten obtener datos puntuales y localizados del cultivo, que deben extrapolarse al resto de zonas cercanas. Los robots o vehículos terrestres agrícolas, por el contrario, posibilitan la monitorización de mayores superficies con gran resolución y de una forma relativamente rápida. Las ventajas que aportan este tipo de vehículos los hacen imprescindibles y con un enorme futuro en la agricultura de precisión. Aparte de obtener información espectral y espacial con una resolución mucho mayor, llegando a detalles espaciales cercanos al centímetro, existe la posibilidad de actuar *in situ* y en tiempo real conforme se adquiere la información, por ejemplo, en la aplicación de fitosanitarios, la recolección selectiva, la eliminación de malas hierbas, etc.

Los datos recopilados en el campo pueden ser registrados por los sensores montados en vehículos terrestres, que monitorizan el campo a medida que avanzan. Para asignar coordenadas geográficas a cada medición, los vehículos las registran con una elevada frecuencia a través de sistemas de posicionamiento global (GPS). De esta forma se puede asociar cada una de las medidas con un punto exacto de la parcela y así realizar mapas con información de la variabilidad espacial de las diferentes características del cultivo o del suelo. Precisamente, la creación de mapas del cultivo, que muestran de una forma muy visual e interactiva la información obtenida por los sensores, es una de las principales herramientas para que el agricultor pueda tomar decisiones óptimas y diseñar las estrategias más adecuadas de manejo de la plantación, e incluso sobre la comercialización posterior de la cosecha.

2. Escenario futuro

La automatización agrícola y el uso de nuevas tecnologías, a menudo asociados con la agricultura de precisión, van a permitir optimizar la eficiencia de las explotaciones, aumentar la competitividad



mediante una reducción de costes y un menor impacto medioambiental, y mejorar la calidad de vida del agricultor. Los sensores inteligentes embarcados en robots y UAV permitirán detectar plagas y enfermedades de manera temprana, y así reducir el uso de productos fitosanitarios. De igual manera, será posible localizar malas hierbas y, por ejemplo, enviar un robot para aplicar herbicida de manera localizada usando solo la dosis precisa.

Existe un número cada vez más elevado de empresas dedicadas a la creación de sensores agrícolas para su uso en UAV, tractores autónomos, sembradoras o cosechadoras robóticas. Estos sensores se van a utilizar a medio plazo para automatizar una gran cantidad de tareas por un lado y, por otro, para obtener datos del cultivo que sirvan para planificar las campañas de una manera más eficaz, reduciendo costos y realizando un manejo más eficiente. Estos datos se presentarán al agricultor a través de aplicaciones para dispositivos móviles inteligentes capaces de visualizar mapas del cultivo (González-González *et al.*, 2020).

El uso de estas nuevas tecnologías va a permitir, entre otras aplicaciones:

- *Inspeccionar, vigilar y proteger los cultivos:* estas tecnologías proporcionan una visión general del crecimiento y del estado del cultivo, lo que da a los agricultores la oportunidad de identificar problemas vegetativos, así como la presencia de plagas o enfermedades graves de forma rápida, precisa y geolocalizada. Los datos obtenidos a lo largo de varios años se pueden almacenar y analizar de forma conjunta para realizar una mejor planificación de la campaña.
- *Optimizar el riego y la fertilización:* los datos obtenidos por sensores térmicos y espectrales permiten evaluar el vigor del cultivo en diferentes etapas de crecimiento. Esta información es muy valiosa para planificar las dosis correctas de riego y aplicación de fertilizantes, reducir el exceso de agua y abonados y, de ese modo, contribuir a mejorar el estado del cultivo, así como a optimizar la producción.
- *Planificar la cosecha:* los datos recopilados en determinadas etapas de crecimiento pueden ayudar a mejorar los modelos de predicción de cosecha, lo que permite tanto planificar el calendario de recolección del cultivo como las estrategias de comercialización. En un futuro, quizás estos equipos, junto con técnicas de inteligencia artificial, sean capaces no solo de predecir la cantidad de producción, sino su calidad incorporando a los modelos otro tipo de datos históricos de producción, climáticos, tratamientos, etc.
- *Crear mapas de tratamientos y predictivos:* todos los datos recogidos por los sensores a lo largo de la campaña sobre presencia de enfermedades o plagas, detección de estrés o necesidades de riego y fertilización, o incluso de predicción de cosecha, se presentarán a través de dispositivos móviles, en forma de mapas interactivos, donde el agricultor va a poder filtrar los datos que más le interesen en cada momento. Estos mapas se podrán consultar a lo largo del tiempo para ver la evolución del cultivo, pero también a modo predictivo para conocer qué va a pasar en el futuro si se adoptan unas u otras estrategias de manejo o se realizan determinados tratamientos.



A continuación, explicaremos los más relevantes.

1. *Sistemas avanzados para detección temprana de plagas y enfermedades*

La detección de síntomas de HLB concentra actualmente los mayores esfuerzos para conocer de forma temprana las enfermedades de cítricos. Para ello se emplean visión artificial y teledetección aérea y terrestre. Los resultados obtenidos hasta el momento son esperanzadores, pero es necesario continuar investigando en métodos que sean robustos ante la diversidad de variedades, estructuras de árboles y condiciones ambientales.

En este sentido, García-Ruiz *et al.* (2013) compararon imágenes tomadas desde una avioneta tripulada con las adquiridas por un UAV y concluyeron que las obtenidas desde el UAV producían mayor precisión en la detección, con tasas más bajas de falsos negativos, debido a su mayor resolución espacial.

Por otra parte, Li *et al.* (2015) investigaron la viabilidad de utilizar imágenes multispectrales de satélite con una resolución espacial de 2 m para detectar campos infectados con HLB. En este caso, las capturas de satélite produjeron mejores resultados, lo que apunta al uso de estas imágenes como una posible solución a medio plazo, especialmente en lugares donde la afección de la enfermedad se da en zonas extensas, que son más difíciles de inspeccionar por robots o UAV.

Asimismo, Pourreza *et al.* (2015) desarrollaron un sistema portátil de detección de HLB, capaz de separar la infección causada por esta destructiva enfermedad de las hojas con deficiencia de zinc, que presenta síntomas parecidos.

Más recientemente, el uso de dispositivos móviles, como los teléfonos inteligentes, está entrando con fuerza en el ámbito de la agricultura de precisión (Figura 2). Estos elementos están al alcance de cualquier agricultor y por ello se convierten en poderosos aliados a la hora de tomar decisiones. Por ejemplo, permiten obtener fotos y enviarlas a un servidor para que identifique posibles plagas o enfermedades. En este sentido, ya se han desarrollado las primeras aplicaciones que son capaces de analizar fotografías de las hojas y, mediante unos algoritmos de inteligencia artificial, determinar si el árbol está afectado por HLB (Berger *et al.*, 2019).

Además del HLB, otras enfermedades se están empezando a identificar por medio de la teledetección, como por ejemplo la cancrrosis de los cítricos. Abdulridha *et al.* (2019) han utilizado recientemente imagen hiperespectral adquirida desde un UAV para detectar árboles afectados, con una tasa de acierto superior al 95 %.

**Figura 2.**

Uso de teléfonos inteligentes para obtener información del estado de los cítricos



2. *Identificación de frutas en el árbol. Estimación de la cosecha y recolección automática*

El método tradicional para obtener información sobre la cosecha es la realización de modelos basados en encuestas y ensayos en el campo, como los desarrollados por el Servicio de Estadística y el Departamento de Agricultura de EE. UU.

Uno de los objetivos de identificar los frutos en los árboles mediante visión artificial es realizar estimaciones tempranas de la cosecha. Esta información es clave tanto para las agencias gubernamentales como para los productores en la planificación del manejo del cultivo y posterior almacenamiento, transporte y comercialización. Cuanto antes esté disponible dicha información, menor será el riesgo económico, lo que se traducirá en una eficiencia superior y un mayor retorno de las inversiones.

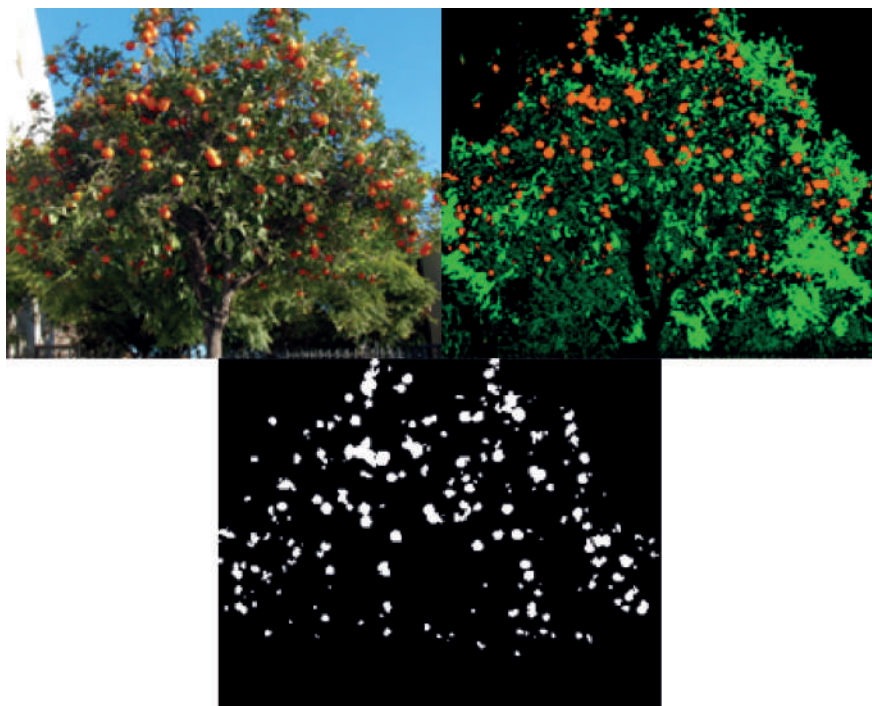
La forma natural de identificar de manera automática las frutas en los árboles es mediante cámaras y algoritmos de visión artificial (Figura 3). Inspeccionar los cultivos en el campo utilizando la visión artificial es especialmente difícil debido a la diversidad de iluminación y a la complejidad de las escenas, lo que requiere el desarrollo de métodos y algoritmos robustos capaces de adaptarse a las diferentes condiciones naturales. Una de las mayores dificultades con las que se encuentran los sistemas automáticos de detección cuando los frutos aún son inmaduros es que su color es idéntico al de las hojas que los rodean. Asimismo, los frutos se encuentran a distintas distancias de las cámaras y a menudo se observan parcialmente, o están tapados por otros. En este sentido, sería conveniente utilizar técnicas de conducción como las espalderas, que podrían facilitar la detección de las frutas en el árbol, y la mecanización de otras operaciones de cultivo como los tratamientos fitosanitarios o la recolección.

Recientemente, se han empleado imágenes hiperespectrales en el visible e infrarrojo cercano para diferenciar entre hojas y frutas a partir de sus firmas espectrales. Por ejemplo, Okamoto y Lee (2009) utilizaron una cámara hiperespectral sensible en el rango 369-1.042 nm para adquirir

imágenes de frutas verdes de tres variedades de cítricos ('Tangelo', 'Valencia' y 'Hamlin'). Las pruebas de detección de frutos revelaron que el 80-89 % de la fruta que era visible se identificó correctamente, aunque muchas frutas ocluidas fueron registradas incorrectamente.

Figura 3.

Identificación de frutos en el árbol para predicción de cosecha o recolección mecanizada



Asimismo, se emplean técnicas alternativas como el tratamiento de imágenes térmicas. Las cámaras termográficas son capaces de detectar pequeñas variaciones de temperatura en la escena. A primeras horas del día, el árbol se va calentando a la vez que el sol asciende. Sin embargo, la velocidad a la que los frutos y las hojas adquieren temperatura es desigual. Estas diferencias se pueden detectar con este tipo de cámaras. Algo similar ocurre al atardecer. Bulanon *et al.* (2009) utilizaron una combinación de imágenes térmicas y visibles para detectar frutas inmaduras en cítricos. Más recientemente, la técnica se ha perfeccionado por Gan *et al.* (2018) logrando un elevado número de detecciones correctas de cítricos inmaduros en el árbol.

Para detectar frutos parcialmente ocluidos se utilizan algoritmos de reconocimiento geométrico, que buscan diferencias en la forma en que las hojas y los frutos reflejan la luz. Por ello, se han desarrollado algoritmos que buscan objetos circulares en las escenas, observando el patrón de reflexión de los objetos.

También se están empleando sensores que dan información tridimensional del cultivo. Las cámaras de tiempo de vuelo o los sensores de profundidad emiten una matriz de rayos infrarrojos y calculan el tiempo de retorno para componer una imagen de distancias. El



láser escáner (LiDAR) emite un rayo láser de una frecuencia concreta y calcula el tiempo de retorno para obtener información sobre la distancia al objeto. Las cámaras estereoscópicas, simulando al ojo humano, calculan la distancia a un punto de la escena a partir de las diferencias que se observan en las imágenes obtenidas por dos cámaras situadas a una distancia conocida.

Otras aproximaciones para obtener estimaciones del rendimiento de los cultivos de cítricos se basan en imágenes aéreas o de satélite. En este caso, se intenta relacionar de forma empírica el cálculo de determinados índices vegetativos con el rendimiento previsto. Para ello es necesario que en el pasado se haya establecido una relación entre estos índices y el rendimiento del cultivo. Además, siempre hay que tener en cuenta que se trata de estimaciones aproximadas y que es necesario combinarlas con informaciones auxiliares, como datos meteorológicos, prácticas agrícolas, propiedades del suelo, etc. Por ejemplo, Ye *et al.* (2008) encontraron que el índice de vegetación de dos bandas (TBVI), derivado a partir de imágenes hiperespectrales tomadas desde el aire, proporcionaba información sobre el rendimiento en los cítricos, pero que la predicción mejoraba al añadir al modelo el tamaño de la copa del árbol.

3. *Confeción de mapas y planificación de la actuación*

La combinación de sistemas GPS y de información geográfica (SIG) consigue ofrecer al agricultor, de una manera sencilla y visual, mapas que muestran diferentes características del suelo, de la vegetación espontánea y del estado del cultivo, y que posibilitan la actuación de forma localizada donde es necesario.

De estos mapas se pueden inferir importantes actuaciones. Por ejemplo, a partir de los mapas de rendimiento se consiguen definir patrones de fertilización e irrigación optimizados y con los de vegetación planificar diversas estrategias para el control de la flora espontánea o para detectar árboles estresados que estén potencialmente afectados por plagas o enfermedades. También se han desarrollado mapas de cantidades de fruta caída, para ayudar a identificar con mayor precisión las causas del desprendimiento.

Entre las investigaciones más recientes destacan: las realizadas para la creación de mapas que muestran la variabilidad espacial de la susceptibilidad de cítricos a sufrir daños por heladas o las que relacionan la enfermedad causada por la leprosis de los cítricos con la presencia de potenciales vectores.

4. *Evolución de las características organolépticas*

En la actualidad, se están desarrollando sensores que, acoplados a las frutas, pueden estudiar su crecimiento y la evolución de sus características organolépticas. Existen prototipos que van a permitir en un futuro enviar alertas al teléfono de los agricultores en el momento en que las frutas alcancen su madurez comercial y estén listas para la recolección.

Una vez resueltos los problemas de identificación de frutos en el árbol, los robots serán capaces de automatizar esta tarea, recopilando a la vez información sobre la calidad de



la fruta recolectada. Esto permitirá conocer de manera exacta en qué zonas del cultivo se están produciendo frutas de más tamaño, mayor calidad o dónde están más afectadas por la presencia de plagas o enfermedades.

3. Recomendaciones

El desarrollo de las nuevas tecnologías incorporadas en satélites, drones, robots e incluso dispositivos móviles, a través de sensores y *software*, permite realizar tareas agrícolas en menos tiempo y con mejor resultado. Un análisis adecuado de la información que proporcionan sobre la plantación posibilita el ahorro de suministros, recursos y tiempo, con el objetivo de mejorar la calidad de los cultivos y reducir las consecuencias en el medioambiente, así como un mayor beneficio y calidad de vida para el agricultor.

Aunque algunas de estas tecnologías ya están disponibles, la mayoría se encuentran en fase de investigación en laboratorios y empresas derivadas. A pesar de ello, cada vez un mayor número de explotaciones agrícolas adoptan la automatización agrícola en sus procesos, pero existen todavía retos por abordar en la citricultura española.

Para que la adopción de estas tecnologías sea posible de manera efectiva, quedan diversos problemas que solucionar y algunos retos que afrontar. Entre ellos se encuentra la adaptación del cultivo y especialmente de los marcos de plantación, para permitir un grado de mecanización adecuado. Las máquinas necesitan espacio para trabajar y los sensores cierta distancia hasta el cultivo para obtener datos fiables. Los marcos de plantación estrechos impiden la realización de una mecanización y, por lo tanto, de una automatización adecuada. Asimismo, la forma globular de los árboles a menudo complica la adopción de estas tecnologías.

Por otro lado, es necesaria una educación en agricultura digital, dotando al agricultor de herramientas sencillas, estandarizadas y fáciles de usar, que le permitan obtener todo el partido que las nuevas tecnologías ponen a su alcance.

El mejor aprovechamiento de las imágenes capturadas por satélites, cada vez con mejor resolución y mayor frecuencia de paso, se puede convertir en una herramienta imprescindible para el establecimiento a gran escala tanto de políticas de prevención y vigilancia frente a plagas y enfermedades como para las de uso sostenible del suelo.

El desarrollo de UAV, robots y máquinas inteligentes va a suponer, sin lugar a dudas, una optimización de los recursos en las explotaciones.

Referencias bibliográficas

ABDULRIDHA, J.; BATUMAN, O. y AMPATZIDIS, Y. (2019): «UAV-Based Remote Sensing Technique to Detect Citrus Canker Disease Utilizing Hyperspectral Imaging and Machine Learning»; *Remote Sensing* 11(11); pp. 1373.



BERGER, J.; PREUSSLER, C. y AGOSTINI, J. P. (2019): *Identificación de síntomas de Huanglongbing en hojas de cítricos mediante técnicas de deep learning*. X Congreso de Agrolinformática (CAI)-JAIIO 47 (CABA, 2018).

BULANON, D. M.; BURKS, T. F. y ALCHANATIS, V. (2009): «Image fusion of visible and thermal images for fruit detection»; *Biosystems engineering* 103(1); pp. 12-22.

CUBERO, S.; LEE, W. S.; ALEIXOS, N.; ALBERT, F. y BLASCO, J. (2016): «Automated systems based on machine vision for inspecting citrus fruits from the field to postharvest-a review»; *Food and Bioprocess Technology* 9(10); pp. 1623-1639.

GAN, H.; LEE, W. S.; ALCHANATIS, V.; EHSANI, R. y SCHUELLER, J. K. (2018): «Immature green citrus fruit detection using color and thermal images»; *Computers and electronics in agriculture* 152; pp. 117-125.

GARCÍA-RUIZ, F.; SANKARAN, S.; MAJA, J. M.; LEE, W. S.; RASMUSSEN, J. y EHSANI, R. (2013): «Comparison of two aerial imaging platforms for identification of Huanglongbing-infected citrus trees»; *Computers and Electronics in Agriculture* 91; pp. 106-115.

GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, M. G.; GÓMEZ-SANCHIS, J.; BLASCO, J.; SORIA-OLIVAS, E.; CHUECA, P. (2020): «CitrusYield: A Dashboard for Mapping Yield and Fruit Quality of Citrus in Precision Agriculture»; *Agronomy* 10; pp. 128.

LI, X.; LEE, W. S.; LI, M.; EHSANI, R.; MISHRA, A. R.; YANG, C. y MANGAN, R. L. (2015): «Feasibility study on Huanglongbing (citrus greening) detection based on WorldView-2 satellite imagery»; *Biosystems engineering* 132; pp. 28-38.

MORIYA, É. A. S.; IMAI, N. N.; TOMMASSELLI, A. M. G.; BERVEGLIERI, A.; HONKAVAARA, E.; SOARES, M. A. y MARINO, M. (2019): «Detecting citrus huanglongbing in brazilian orchards using hyperspectral aerial images»; *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 42(2/W13).

OKAMOTO, H. y LEE, W. S. (2009): «Green citrus detection using hyperspectral imaging»; *Computers and electronics in agriculture* 66(2); pp. 201-208.

POURREZA, A.; LEE, W. S.; EHSANI, R.; SCHUELLER, J. K. y RAVEH, E. (2015): «An optimum method for real-time in-field detection of Huanglongbing disease using a vision sensor»; *Computers and Electronics in Agriculture* 110; pp. 221-232.

REY, B.; ALEIXOS, N.; CUBERO, S. y BLASCO, J. (2019): «Xf-Rovim. A Field Robot to Detect Olive Trees Infected by Xylella Fastidiosa Using Proximal Sensing»; *Remote Sensing* 11(3); pp. 221.

YE, X.; SAKAI, K.; ASADA, S. I. y SASAO, A. (2008): «Application of narrow-band TBVI in estimating fruit yield in citrus»; *Biosystems Engineering* 99(2); pp. 179-189.