

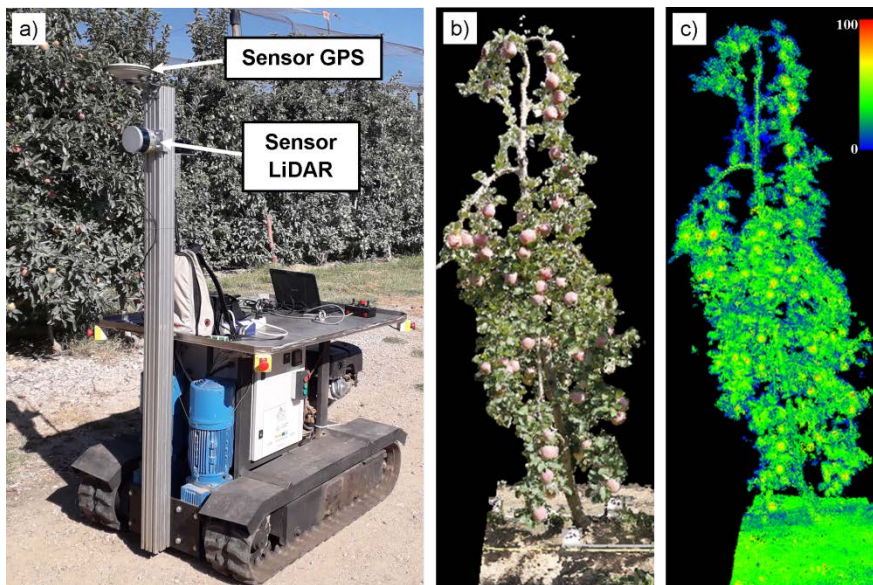
Cómo los fotones nos ayudan a contar manzanas

Autores: Jordi Gené Mola, Joan Ramon Rosell Polo, Eduard Gregorio López.

Para satisfacer las necesidades alimentarias de una población mundial creciente, será necesario [optimizar la producción agrícola](#), incrementando la eficiencia, calidad y sostenibilidad de las plantaciones.

Si queremos alcanzar estos objetivos en fruticultura, deberemos ser capaces de conocer la cantidad de frutas de cada árbol para predecir la cosecha y para saber cuáles tienen menor producción.

Contar el número de manzanas producidas por cada árbol en una plantación agrícola puede ser una tarea inviable si se hace de forma manual. Los últimos avances en sensores y en inteligencia artificial nos dan la posibilidad de escanear las plantaciones frutícolas y detectar los frutos de forma automatizada.



a) Plataforma automotriz desarrollada por el [Grupo de Investigación en AgróTICa y Agricultura de Precisión](#) para escanear plantaciones agrícolas con sensores 3D. b) Modelo 3D de un manzano escaneado con fotogrametría. c) Modelo 3D del manzano anterior escaneado con un sensor LiDAR

Los sensores que empleamos

A lo largo del tiempo, se han utilizado distintos [sensores 2D y 3D](#), siendo las cámaras fotográficas digitales las más populares. Éstas permiten adquirir imágenes de cada árbol y detectar los frutos mediante el uso de algoritmos de visión artificial basados en color, forma o textura.

La principal desventaja es su sensibilidad a las condiciones de iluminación: sombras, reflejos o imágenes a contraluz.

Otros sensores 2D, como cámaras multispectrales, hiperespectrales y térmicas, permiten explorar otras bandas del espectro electromagnético, como la infrarroja o la ultravioleta, aunque su uso es menor debido a su coste económico.



Sensores utilizados para la detección remota de frutos.

Con la evolución de la fotónica se han introducido los [sensores 3D](#). Con estos sensores se puede escanear la plantación y obtener modelos tridimensionales de cada árbol, permitiendo la detección y la posterior localización de los frutos.

Los sensores 3D más utilizados son las cámaras RGB-D, que permiten generar modelos 3D con información a color. Según su principio de funcionamiento se pueden clasificar como [estereoscópicas](#), de [luz estructurada](#) o de [tiempo de vuelo](#) (en inglés ToF, *time-of-flight*).

Otra técnica similar a la estereoscopía es *Structure-from-Motion*, la cual es capaz de modelar objetos en 3D a partir de un conjunto de imágenes 2D adquiridas desde diferentes puntos de vista.

Recientemente, también se ha estudiado el uso de [sensores LiDAR](#) (del inglés *Light Detection and Ranging*) basados en el principio de [tiempo de vuelo](#), que combinados con un sistema de posición GNSS (como los GPS), permiten el escaneo 3D de las plantaciones.

Además, estos sensores miden la cantidad de luz infrarroja reflejada por los objetos escaneados. Esta capacidad radiométrica ha sido utilizada para poder [detectar manzanas](#), ya que éstas presentan valores de reflectividad superiores a los elementos de su entorno (hojas, ramas y troncos).

El papel de los algoritmos

Tradicionalmente, los algoritmos de visión artificial se han basado en características como el color, textura, forma o intensidad, que permiten diferenciar los frutos respecto al entorno en imágenes 2D o en nubes de puntos 3D.

Recientemente, los avances en [inteligencia artificial](#) han supuesto un progreso notable en el campo de la visión por ordenador y, en consecuencia, en la detección remota de frutos.

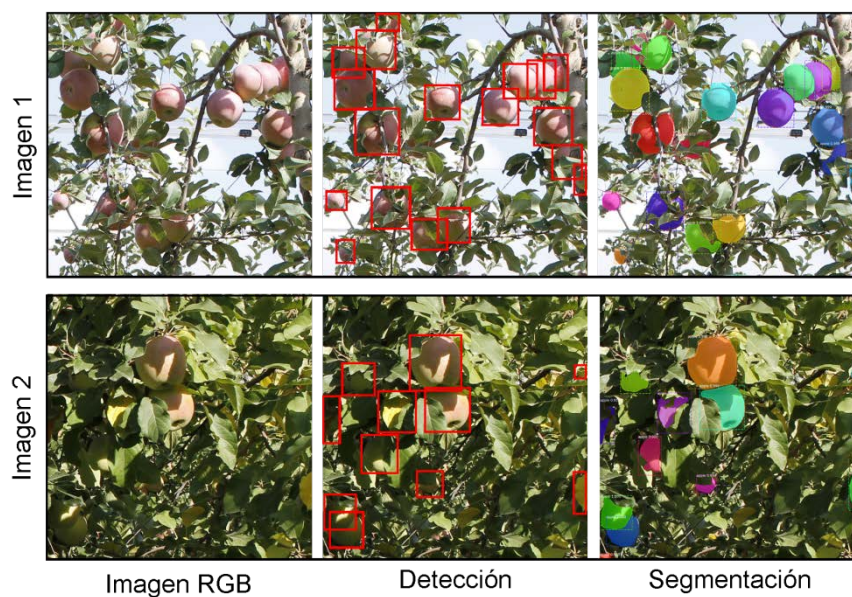
Con la introducción de algoritmos de aprendizaje automático (en inglés *Machine Learning*), se han desarrollado sistemas capaces de detectar más del 90 % de los frutos.

Los algoritmos de aprendizaje automático utilizados para la detección de frutos se basan en [redes neuronales artificiales](#) de detección de objetos y de segmentación.

Como se observa en la figura siguiente, las redes neuronales de detección de objetos nos indican en qué regiones de una imagen se localizan los frutos, mientras que las de segmentación realizan esta localización píxel a píxel.

En una región donde hay una manzana parcialmente ocluida por una hoja, la red neuronal de segmentación nos indicará qué píxeles son manzana y cuáles no.

En el siguiente [enlace](#) se observan los resultados de un sistema de detección basado en la combinación de redes neuronales de segmentación y modelos 3D generados con técnicas de *Structure-from-Motion*.



Resultados de detección y segmentación de manzanas

Aplicaciones de esta tecnología

Las principales aplicaciones de los sistemas de detección de frutos son las que siguen:

- La predicción de cosecha permite al agricultor planificar mejor la campaña de recolección, el almacenamiento y las estrategias comerciales.
- El mapeo de la producción ayuda al agricultor a encontrar las áreas menos productivas de la plantación, descubrir las razones de esta menor producción y proponer soluciones.
- La detección de frutos y los sistemas de localización 3D también se están empezando a utilizar en el desarrollo de [robots de recolección](#).

Actualmente estamos asistiendo al desarrollo de sensores fotónicos con mejores prestaciones, cada vez más económicos y miniaturizados. Esto hace prever que, si bien a día de hoy los sistemas de detección de fruta están aún en fase de investigación, en un futuro no muy lejano serán una realidad en nuestros campos.