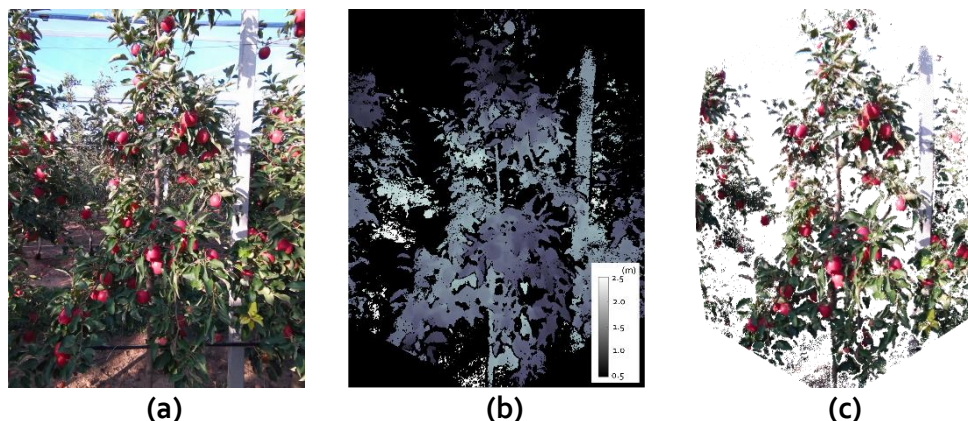


## Càmeres de profunditat RGB-D

Les càmeres de profunditat són sensors que permeten adquirir imatges on, per cada píxel, es mesura la distància entre la càmera i els objectes (blancs) fotografiats (Figura 1.b), permetent la generació d'imatges 3D (tres dimensions) en format de núvol de punts (Figura 1.c). Algunes càmeres de profunditat també proporcionen dades de color (Figura 1.a). Els dispositius que proporcionen simultàniament una imatge de color i una imatge de profunditat també són anomenats càmeres o sensors RGB-D, on RGB es refereix a la imatge de color (acrònim pels canals de cada color, de "Red, Green and Blue" en anglès) i D es refereix a la imatge de profunditat ("depth" en anglès) que en català es podria anomenar distància.

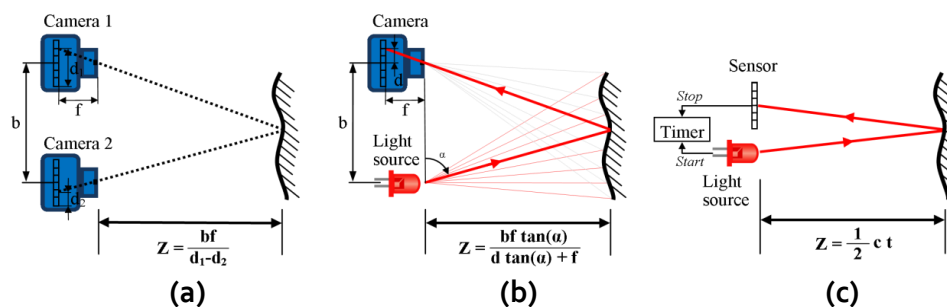
A continuació es mostra un exemple d'una imatge RGB-D i el corresponent núvol de punts 3D:



**Figura 1.** Exemple d'imatge RGB-D adquirida amb el sensor Microsoft Azure Kinect DK en una plantació de pomeres. a) Imatge de color (RGB); b) Imatge de profunditat (D); c) Núvol de punts 3D generat a partir de la imatge de profunditat.

### Tipus de càmeres de profunditat

Com es mostra a la Figura 2, segons el principi de funcionament, les càmeres de profunditat es classifiquen en: estereovisió, llum estructurada o temps de vol (ToF, "Time-of-flight" en anglès).



**Figura 2.** Representació dels principis de funcionament de les càmeres de profunditat basades en: a) estereovisió; b) llum estructurada; i c) temps de vol. (Font: <http://hdl.handle.net/10803/669110>)

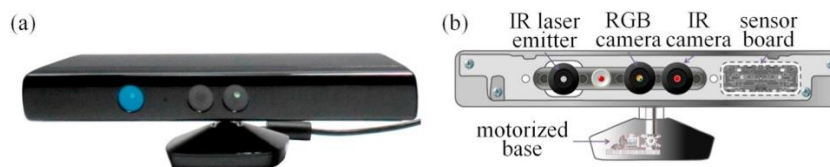
Activitat finançada a través de l'Operació 01.02.01 de Transferència Tecnològica del Programa de desenvolupament rural de Catalunya 2014-2022

L'estereovisió és una tècnica fotogramètrica inspirada en la visió humana. Els dispositius basats en estereovisió incorporen dos càmeres monofocals i calculen les distàncies fins als blancs mitjançant triangulació entre punts homòlegs en ambdues imatges. Un avantatge d'aquest tipus de sensors és que poden operar en condicions d'il·luminació elevades, permetent el seu ús a l'exterior sota l'efecte de la llum solar. Un exemple de sensor RGB-D basat en estereovisió és la càmera ZED de la firma Stereolabs (Figura 3).



**Figura 3.** Càmera ZED. Sensor RGB-D basat en el principi de funcionament d'estereovisió. (Font: <https://www.stereolabs.com/zed-2/>)

El principi de funcionament dels sensors de llum estructurada és similar al de l'estereovisió, però en aquest cas es basa en l'emissió (projecció) d'un patró conegut de llum infraroja (IR) sobre el blanc objecte d'estudi i la posterior captura mitjançant un receptor (càmera) del patró distorsionat per la superfície del blanc. Un inconvenient d'aquests sensors és que les mesures de profunditat es veuen afectades en condicions d'il·luminació elevades, limitant el seu ús en condicions d'interior o en franges horàries amb poca il·luminació solar. Un exemple de sensor RGB-D basat en llum estructurada és el sensor Kinect v1 de Microsoft (Figura 4).



**Figura 4.** Sensor Kinect v1. Sensor RGB-D basat en el principi de funcionament de llum estructurada. (Font: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.03.003>)

Els sensors basats en el principi de temps de vol també incorporen un emissor i un receptor de llum IR. En aquest cas, la distància es calcula a partir del temps requerit pel pols de llum emès en completar la trajectòria d'anada i tornada entre el sensor i el blanc mesurat. Altres sensors de temps de vol emeten ones de llum modulades en amplitud i calculen la distància a partir de la diferència de fase entre l'ona de llum emesa i l'ona rebuda pel receptor (ona que retorna del blanc). El rendiment d'aquests sensors també es veu afectat en condicions d'il·luminació elevades, però aquesta afectació és menor quan es mesuren blancs a prop del sensor, permetent el seu ús en condicions exteriors quan es capturen dades des de distàncies curtes. Un exemple de sensor RGB-D basat en temps de vol (ToF) és el sensor Azure Kinect DK de Microsoft (Figura 5).

*Activitat finançada a través de l'Operació 01.02.01 de Transferència Tecnològica del Programa de desenvolupament rural de Catalunya 2014-2022*





**Figura 5.** Sensor Azure Kinect DK. Sensor RGB-D basat en el principi de funcionament de temps de vol. (Font: <https://azure.microsoft.com/es-es/products/kinect-dk>)

## Aplicacions a l'agricultura de precisió

Les càmeres de profunditat i sensors RGB-D s'han utilitzat per a la caracterització geomètrica de les plantacions, així com per la identificació i mesura d'òrgans vegetatius (fruits, fulles, etc.). Malgrat que els sensors LiDAR s'han emprat més per la caracterització geomètrica gràcies a la seva robustesa en condicions d'il·luminació elevades, els sensors RGB-D tenen l'avantatge de ser més econòmics i proporcionar dades de color. A més, els avenços tecnològics han permès que cada cop siguin menys sensibles a les condicions d'il·luminació.

Les seves principals aplicacions en l'agricultura de precisió són:

- Caracterització geomètrica: monitoratge del creixement i identificació de zones amb problemes de desenvolupament.
- Identificació i mesura d'elements vegetatius: troncs, branques, etc.
- Detecció i mesura automàtica de fruits per l'estimació de collita i mapes de producció.
- Ajust de la dosi de recursos agrícoles a les dimensions del dossier foliar: pesticides, fertilitzants, regs, etc.
- Maneig de la capçada en operacions de poda.
- Identificació de males herbes.

## Més info i referències

Gregorio, E., Llorens, J. (2021). Sensing Crop Geometry and Structure. In: Kerry, R., Escolà, A. (eds) Sensing Approaches for Precision Agriculture. Progress in Precision Agriculture. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-78431-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-78431-7_3)

Publicacions científiques del Grup de Recerca en AgròTICa i Agricultura de Precisió:  
<http://www.grap.udl.cat/ca/publicacions/Publicacions-cientifiques>

L'autoria d'aquest document és del **Grup de Recerca en AgròTICa i Agricultura de Precisió** i ha estat elaborat per Jordi Gené, Eduard Gregorio i Jordi Llorens amb la coordinació d'Àlex Escolà i el suport de Carla Román.



Aquesta obra està sota una llicència de Creative Commons Reconeixement-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

*Activitat finançada a través de l'Operació 01.02.01 de Transferència Tecnològica del Programa de desenvolupament rural de Catalunya 2014-2022*

