

## Artículo de divulgación

### ***Drones: nueva dimensión de la teledetección agroambiental y nuevo paradigma para la agricultura de precisión***

**Di Leo, Néstor C.**

Manejo de Tierras

Teledetección Aplicada y Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ciencias Agrarias – UNR

ndileo@unr.edu.ar

## Introducción

La teledetección o percepción remota (en inglés Remote Sensing) es una disciplina científica que integra un amplio conjunto de conocimientos y tecnologías empleadas en la observación, el análisis y la interpretación de fenómenos terrestres y planetarios. La etimología de la palabra refiere a la adquisición de información sobre un objeto o fenómeno sin hacer contacto físico con el mismo, por tanto contrasta con la observación directa o in-situ. En el uso moderno, el término generalmente se refiere a la utilización de tecnologías de sensores montados en plataformas espaciales o aéreas que detectan y clasifican y/o fenómenos en la Tierra por medio de ondas electromagnéticas propagadas (ej: luz visible, infrarrojo, etc.).

Los orígenes históricos de esta disciplina se hallan íntimamente vinculados al desarrollo tanto de la tecnología fotográfica como de la aviación y de la industria aeroespacial. Desde las primeras fotografías aéreas tomadas desde un globo aerostático por el aeronauta Gaspar Tournachon sobre la ciudad de Paris en 1858, fue en las Guerras Mundiales del siglo XX donde la disciplina se sistematiza y consolida a partir del uso militar de la fotografía aérea, lo que a su vez luego da impulso al uso de la misma con fines cartográficos y/o topográficos (ortofotografía, fotogrametría, etc.).

Desde comienzos del tercer tercio de aquel siglo, el sensoramiento remoto vuelca su desarrollo disciplinar hacia la utilización de plataformas satelitales. Surge así la Teledetección Espacial, que aprovecha el desarrollo de la informática que ocurría en paralelo para ofrecer un sinnúmero de opciones de manejo, procesamiento y modelización de la información en formato digital captada por los sensores remotos espaciales. Como hito temporal merece destacarse el 23 de julio de 1972, fecha de lanzamiento del primer satélite de la serie Landsat, destinados a la observación terrestre y a la evaluación de los recursos naturales.

Sobre la base del desarrollo tecnológico acumulado en esta disciplina, la primera década del siglo XXI trajo consigo la disponibilidad de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANTs), UAVs (Unmanned Aerial Vehicle) o RPAs (Remotely Piloted Aircraft), popularmente conocidos como “drones”. Si bien el término “drone” originalmente hacía referencia a los UAVs militares, se ha extendido a cualquier tipología de aparato aéreo no tripulado, sea enteramente automático o pilotado por radio-control.

Al igual que en las aeronaves tripuladas, los *drones* se clasifican según su condición de sustentación (de ala fija o multirrotores), según su tipo de propulsión (eléctricos, turbohélices, a reacción, etc.), según su tiempo de autonomía, su techo de servicio (altura máxima de vuelo que se relaciona con la escala mínima de las imágenes captadas) y su alcance.



Dronemultirrotores DJI Phantom 2.0 Vision+ de 35 cm de largo (Fuente: DJI Corp. Ltd.)

---



Drone de ala fija Trimble XU-5 de 1 m de envergadura alar (Fuente: Runco SA)

---

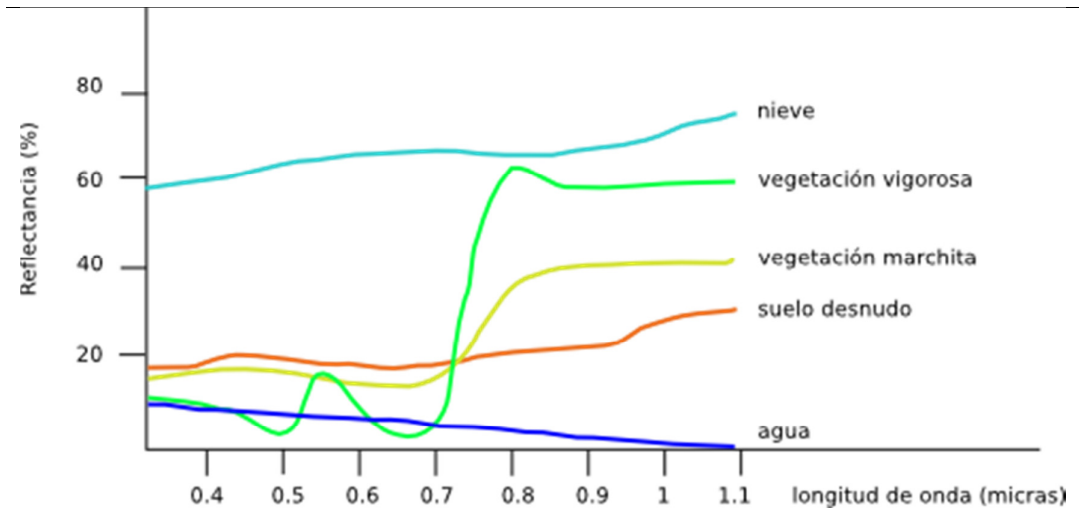
La carga útil de cualquier drone estará determinada por los objetivos de las tareas de relevamiento y/o monitoreo a realizar, pero comúnmente se hallan equipados con geoposicionadores (GPS), cámaras de alta resolución, multispectrales y/o termográficas, videocámara frontal (FFC), sensor de luminosidad incidente (ILS), equipo de radioenlace, conectividad con red de telefonía celular, etc. El conjunto funcional que planifica y controla la operación de un drone posee dos segmentos claramente definidos:

- **Segmento de aéreo:** formado por el vehículo aéreo (plataforma junto con la carga útil a bordo) y los sistemas de recuperación (aterrizaje sobre ruedas o patines, red, cable, paracaídas, etc.).

- **Segmento de terrestre:** formado por la unidad o estación de control, que es la que recibe la información enviada por el *drone* y a su vez controla su desempeño en vuelo (antenas, computadoras portátiles, software específico) y los sistemas de impulsión inicial o lanzamiento, si es que el *drone* supera cierto peso que impida impulsarlo a mano (pueden ser hidráulicos, neumáticos, tipo ballesta, etc.). Si el tamaño del aparato es pequeño y poco complejos los sensores y cámaras a bordo, el segmento terrestre puede reducirse a una tablet y/o smartphone con sistema Android.

### Nueva dimensión de la teledetección agroambiental

Como cualquier sensor remoto de tipo pasivo, la capacidad discriminante de las cámaras montadas en *drones* frente a las distintas condiciones de uso, cobertura y estado presentes en la superficie terrestre viene dada por la capacidad de relevamiento multiespectral (también hiperespectral) de la energía reflejada por los distintos objetos que se hallan presentes en la escena. Cuanto más bandas espectrales posea la cámara a bordo del *drone*, mayor será la cantidad y calidad de información, y por ende mayor será la capacidad discriminante de las distintas coberturas del terreno.




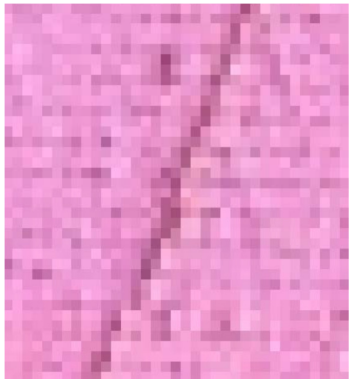

Curvas de respuesta espectral típicas de algunas coberturas terrestres (Fuente: Olaya, V.)

La teledetección a partir de sensores montados en *drones* presenta varias ventajas respecto a la fotografía aérea convencional, e incluso frente a las imágenes captadas desde plataformas satelitales en aplicaciones agrícolas que requieran escalas de detalle; pero no así para estudios zonales o regionales. Estas ventajas se circunscriben a tres aspectos fundamentales:

- Mayor resolución espacial.
- Mayor resolución temporal
- Favorable relación entre el nivel de detalle y el costo por unidad de área relevada

Respecto de la resolución espacial, los sistemas satelitales que ofrecen mejores niveles de detalle (Ikonos, Quickbird, Worldview, etc) presentan en sus cámaras multispectrales tamaños de píxel mayores al metro; las resoluciones submétricas se verifican en sus cámaras pancromáticas. Como referencia, un *drone* volando a 1000 m de altitud ofrece un píxel de aproximadamente 40 cm de lado, y de 4,5 cm si la altitud es de 120 m.

La fotografía aérea convencional puede ofrecer resoluciones espaciales aproximadas a las de los *drones*, pero con costos operativos sustancialmente mayores y mucha menor flexibilidad en la planificación del trabajo de relevamiento. En cuanto al costo, cabe consignar que solo las misiones satelitales resoluciones espaciales medias (del orden de los 30 m, ej. Landsat 8) son gratuitas; a partir de este umbral aumenta la cantidad de misiones satelitales privadas, cuyas imágenes son costosas

| <i>Satélite</i>   | <i>Avión tripulado a más de 2130 m de altitud</i>                                     | <i>Drone a 61 m de altitud</i>  |
|---|---|---|
| Píxel de 5 m<br><i>Ninguna información acerca de la distribución de objetos a nivel sub-píxel</i> | Píxel de 30 cm<br><i>Mejor apreciación de la distribución de objetos en la escena</i> | Píxel de 2 cm<br><i>Adecuada visualización de la distribución espacial de los objetos</i> |
|                 |     |       |

Comparación de imágenes según altitud de vuelo. En la de mayor resolución se aprecia claramente la respuesta espectral del suelo en la entrelínea del centro de la imagen (Fuente: Boeing Corp.)

Sin dudas, en el aspecto donde los *drones* presentan ventajas más contundentes en cuanto a la resolución temporal. Desde los períodos de re-visita casi quincenales del Landsat 8, sumado a la obvia vulnerabilidad de cualquier misión satelital ante la presencia de cobertura nubosa sobre la escena, los *drones* presentan una disponibilidad casi permanente ya que pueden capturar imágenes aún en días nublados sin inconvenientes.



**Falso color real (RGB: Rojo, Verde, Azul)**



**Falso color Infrarrojo cercano (710 nm)**



**Falso color Infrarrojo cercano (810 nm)**

Imágenes de 6 cm de tamaño de píxel, obtenidas por un *drone* volando a 100 m de altitud, captadas por debajo de una cobertura nubosa densa (Fuente: Aurea Imaging SRL)

### **Nuevo paradigma para la Agricultura de Precisión**

Tanto a nivel experimental como operativo, dentro del ámbito civil los *drones* ya se emplean en múltiples actividades como:

- Inspección y monitoreo de instalaciones y obras de infraestructura
- Investigaciones atmosféricas
- Topografía y cartografía temática

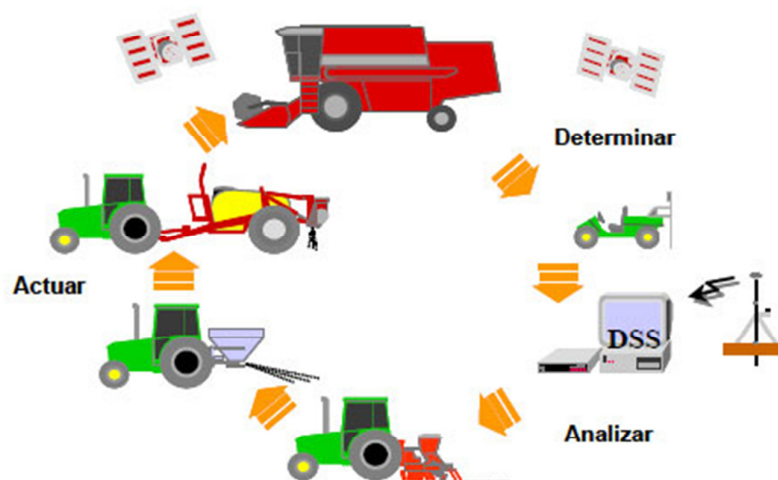
- Geología y prospección petrolífera y gasífera.
- Gestión de riesgos y desastres naturales (incendios, inundaciones, etc.)
- Exploración de lugares de difícil acceso, salvamento y rescate
- Cinematografía y fotografía comercial, artística y/o deportiva
- Control medioambiental
- Limnología y oceanografía
- Investigaciones sobre conservación de la biodiversidad
- Medios de comunicación y entretenimiento
- Movilidad, tráfico y logística en general.
- Actividades agrícolas y pecuarias

Según un estudio realizado por la Asociación Internacional para Sistemas de Vehículos No Tripulados (AUVSI), de este listado no exhaustivo, las actividades agrícolas y pecuarias (sobre todo aplicaciones vinculadas a Agricultura de Precisión), junto con la vigilancia y seguridad públicas, implicarán aproximadamente el 90% del mercado potencial de servicios públicos y privados conformados a partir del empleo de *drones*.

La Agricultura de Precisión es a la vez una tecnología de información y un concepto agronómico de gestión de parcelas agrícolas. Se basa en el geoposicionamiento de las labores culturales y/o de aplicación de insumos, las cuales son determinadas por las condicionantes edafo-ambientales que existen a nivel intra-lote. Implica el empleo de geotecnologías (GPS, SIGs, teledetección), junto con maquinaria agrícola desarrollada tecnológicamente a tales efectos (monitores de rendimiento, tecnologías de dosis variable, etc.), bajo el enfoque agronómico de Manejo Sitio-Específico de la relación suelo-planta-atmósfera.

Así, las decisiones acerca de cómo abordar las distintas operaciones agrícolas se toman conociendo la localización de las zonas en las que hay o no infestaciones de malezas, en las que existe o no necesidad de aumentar la dosis de determinado fertilizante, o en las que se requiere ajustar otras prácticas de manejo en función de las condiciones topográficas a nivel intra-lote, entre muchos otros aspectos involucrados en el manejo de los cultivos.

A nivel conceptual, se puede mencionar que el enfoque de manejo sitio-específico implica 4 etapas o fases: Monitoreo de la variabilidad espacial nivel intra-lote>Análisis y toma de decisiones agronómicas en función de la variabilidad espacial relevada y los de los objetivos de la empresa rural >Operaciones a campo que ejecuten la planificación agronómica adoptada > Evaluación de los resultados cuantitativos y cualitativos obtenidos, formulación de reajustes y redefinición de los planes operativos para la campaña siguiente.



Esquema conceptual de la agricultura de precisión (Fuente: Márquez-Delgado, L.)

En este contexto, el desarrollo y empleo de *drones* se ha consolidado como una opción importante en la Agricultura de Precisión, ya que la teledetección basada en este tipo de plataformas aéreas se constituye en una herramienta sumamente eficaz para cartografiar las diferentes variables espaciales que determinan el crecimiento y desarrollo de un cultivo. Además, el uso y aplicación de conocimientos precisos en cuanto a variables productivas clave en el sector rural, ayuda al productor a identificar estrategias para aumentar la eficiencia en la gestión de la agricultura, mejorando la rentabilidad de los cultivos y minimizando los impactos ambientales negativos a través de la eficientización del uso de fertilizantes y pesticidas.

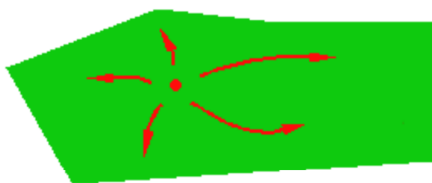
A modo no exhaustivo, es posible realizar un listado de las aplicaciones concretas que tiene y/o puede tener el uso de *drones* en el contexto del manejo sitio-específico y la Agricultura de Precisión:

- Controles directos en cultivos: a efectos del control de subvenciones y/o créditos agrarios, o para el monitoreo y gerenciamiento ajustado en empresas rurales que se hallan dispersas geográficamente.
- Detección de stress hídrico en cultivos: válido en esquemas de secano para realizar ajustes prospectivos de rendimientos físicos esperados, como también para el control de la calidad y/o cantidad de aplicación de riego.
- Detección de estrés nutricional en cultivos: permite el empleo óptimo de fertilizantes sólo en las zonas en las que es necesaria su aplicación a efectos de maximizar rendimientos.
- Monitoreo y detección ajustada de enfermedades, malezas y plagas insectiles: en este aspecto el empleo de *drones* promete incidir decisivamente en esta tarea, que se torna crítica e intensa en determinados momentos del año. El uso de *drones* permitiría controlar una mayor superficie de cultivos con similar cantidad

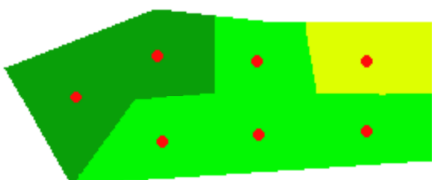
de personal.

- Índices relativos a calidad en cultivos y estimación de rendimientos: por ejemplo a partir del análisis multiespectral y el empleo de distintos índices de vegetación, es posible estimar contenidos de proteína en cultivos, así como otros parámetros cualitativos similares. Algunos índices de vegetación muestran a la vez correlaciones robustas con componentes de rendimiento, lo que permite la realización de inferencias.
- Relevamiento e inventario de áreas de cultivos: si bien la capacidad de relevamiento diario de un *drone* en términos de ha/día puede ser acotada, el uso de artefactos de mayor porte y/o a mayores altitudes permite ampliar el tamaño de la faja de terreno relevada. Lo anterior junto con la capacidad de operar todo el tiempo (también en días nublados), hace que sean adecuados para realizar inventarios, mucho más si se trata de cultivos semi-extensivos o intensivos.
- Supervisión de áreas tratadas con productos fitosanitarios: el *drone* puede entrar al cultivo que ha sido recientemente pulverizado y verificar si el control de las plagas ha sido adecuado, sin riesgos para la salud de ninguna persona.

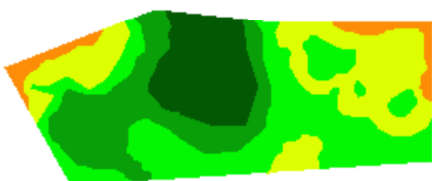
Las ejemplificaciones posibles de enumerar y describir son muy numerosas.



**Mapa de fertilización basado en una sola muestra analítica y extrapolada al lote entero**



**Mapa de fertilización basado en varias muestras distribuidas en el lote, luego interpoladas a toda la superficie.**



**Mapa de fertilización basado en una imagen multiespectral del lote, sin toma de muestras.**

Esquema que ilustra los enfoques posibles para atender la variabilidad intra-lote, a partir del uso de *drones* (Fuente: Aurea Imaging SRL)

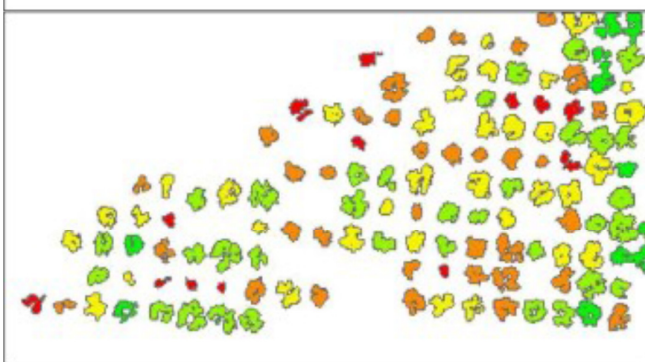




**Olivar captado por cámara multispectral a bordo de *drone***



**Mapa de actividad fotosintética del olivar**



**Mapa del índice de área folia del olivar**

Relevamiento multispectral sobre un olivar. Se obtiene información de cada árbol individual gracias a la alta resolución espacial (Fuente: Aurea Imaging SRL)

Más allá de las tareas de relevamiento y/o monitoreo de las condiciones de variabilidad espacial y/o estado del cultivo, es válido mencionar que también existen *drones* que realizan labores y operaciones de campo de tipo activas. Es el caso, por ejemplo, del *drone*-helicóptero pulverizador que la empresa japonesa Yamaha fabrica y comercializa desde hace algunos años. Pesa unos 90 kg y posee un motor naftero de dos tiempos de 250 cm<sup>3</sup>. Puede pulverizar líquidos (16 litros de capacidad de tanque) o esparcir granulados (26 litros de volumen) en base a mapas de prescripción georreferenciados.

Es de esperar que en un futuro próximo la cantidad de aplicaciones y posibilidades de uso de esta tecnología se incremente sustancialmente en el ámbito agropecuario.



*Drone-helicóptero Yamaha RMAX Type II G aplicando fitosanitarios (izquierda), y en tierra (derecha) (Fuente: Yamaha Australia)*

### Referencias bibliográficas

- Alonço, A. dos S. et al. (2005) Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado (VANT) para utilização em atividades inerentes à agricultura de precisão. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola 35.Canoas. Anais... Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, .
- Austin, R. (2010). Unmanned aircraft systems : UAVS design, development and deployment. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. UK. 332 p.
- Bongiovanni, R.; Lowenberg-DeBoer, J. (2004).“Precision Agriculture andSustainability.” Precision Agriculture, 5, p. 359-387.
- DoD – USA (Departamento de Defensa de EEUU). (2005). Unmaned Aircraft Systems Roadmap 2005 - 2030
- Fundéu BBVA. (2013). Dron, adaptación al español de drone». En-línea: [<http://www.fundeu.es/recomendacion/dron-adpatacion-al-espanol-de-drone>]. Consultado el 14 de febrero de 2015.
- Jenkins, D.; Vasigh, B. (2013).The Economic Impact of Unmanned Aircraft Systems Integration in the United States.Association of Unmanned Vehicle Systems International (AUVSI). Arlington, VA, USA. 38 p.
- Nonami, K.; Kendoul, F.; Suzuki, S.; Wang, W.; Nakazawa, N. (2010).Autonomous Flying Robots: Unmanned Aerial Vehiclesand Micro Aerial Vehicles. Springer. Tokyo. 329 p.

Tschiedel, M.; Ferreira, M. (2002) Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. *Ciência Rural*, v.32, n.1, p.159-163, 2002.