

UNIVERSIDAD SIGLO 21

LICENCIATURA EN ADMINISTRACIÓN AGRARIA



Proyecto de Investigación Aplicada

***“DRONES AGRÍCOLAS EN EL MANEJO SITIO-ESPECÍFICO DE MALEZAS,
ANÁLISIS DE BENEFICIOS ECONÓMICOS”***

“Agriculture drones in site-specific weed management, profit analysis”

GIUSIANO, MONICA NOEMÍ

Asesor: Flores Kanter, Pablo

- Enero, 2017 -

Agradecimientos

En el instante que se inicia un proyecto personal, quienes nos rodean de una manera u otra nos acompañan en la persistencia diaria por conseguir el objetivo final. Hay momentos fáciles y otros no tanto en el camino, pero la confianza y apoyo incondicional de estas personas brindan las energías para perseverar y superar cada obstáculo que se presente. Por todo ello, un agradecimiento especial a mi familia, a Luciano y en general a todas aquellas personas que con sinceridad celebraron los éxitos y me soportaron en los momentos de estrés.

*“El camino es el que nos enseña la mejor forma de llegar y nos enriquece
mientras lo estamos cruzando”*

(Paulo Cohelo)

Resumen

Antecedentes. Estudios anteriores revelan los beneficios que surgen del manejo sitio-específico de malezas, siendo la obtención de imágenes la principal limitante y mostrando la eficiencia que presentan los drones para llevar a cabo esta tarea.

Objetivos. La meta es determinar la existencia de beneficios económicos originados en las modificaciones provocadas a nivel productivo, técnico y ambiental asociadas al manejo propuesto. Su utilidad pretende ser la de generar una base de información para el productor que, adaptándola a su situación, le permita decidir si incorporar drones (o no) a su práctica productiva. Se limita al departamento General San Martín (Córdoba) para cultivos extensivos tradicionales (trigo, maíz y soja).

Métodos. Se examinaron los drones y sensores remotos que pueden encontrarse en Argentina a la fecha del trabajo, se indagó en la normativa vigente respecto a su utilización y se investigó sobre las características necesarias y utilidades en agricultura y detección de malezas. Se construyeron escenarios para comparar las aplicaciones herbicidas tradicionales versus un manejo con utilización de drones, mapas de prescripción y aplicación variable de herbicidas. A su vez, se entrevistaron productores e ingenieros agrónomos de la zona para percibir su conocimiento sobre este manejo.

Resultados y Conclusiones. Se determinó que los drones disponibles en el país se ajustan a la detección de malezas pretendida en los cultivos extensivos, originando beneficios aunque se evidenció que no existe su adopción ni manejo sitio-específico de malezas en la zona de estudio y un desconocimiento casi general sobre la utilización de los primeros en agricultura extensiva. Se concluyó que la combinación de drones y aplicación sitio-específica de herbicidas aventaja económicamente a un manejo tradicional de cobertura total en la mayor parte de las situaciones planteadas.

Palabras clave: drones; maleza; manejo sitio-específico; beneficio económico.

Abstract

Background. Previous studies reveal the benefits of site-specific weed management, being imagery acquisition the main limiting factor and showing the efficiency of drones to perform this task.

Objectives. The aim is to determine the existence of profits generated by the changes performed at a productive, technical and environmental level associated to the suggested management. It is expected to be useful in the creation of a database for the farmer that, adapting it to his situation, allows them to decide to incorporate (or not) drones to their productive practice. It is limited to department General San Martín (Córdoba) for traditional field crops (wheat, corn and soybean).

Methods. Drones and remote sensors available in Argentina were examined at the time of the work, current regulation about its usage was investigated and necessary features and benefits in agriculture and weed identification were examined. Settings were created to compare traditional weed killer application against drone usage management, prescription mapping and variable weed killer application. Farmers and agronomists in the area were also interviewed to acquire their knowledge about this management.

Results and Conclusions. It was determined that the drones available in the country adapt to the weed identification expected in field crops. It brought benefits although it was demonstrated that there is no drone usage or weed site-specific management in the study area and an almost general lack of knowledge in the use of it in extensive farming. It was concluded that the combination of drones and site-specific weed killer application is more profitable than the traditional total cover management in most of the considered cases.

Key words: drones, weed, site-specific management, profit.

Índice

Introducción	8
Objetivos	13
Objetivo General	13
Objetivos Específicos	13
Marco Teórico.....	14
1. Percepción Remota.....	14
Principios generales.....	14
Sensores. Tipos de sensores.	16
Imágenes: resolución, corrección y combinación de bandas.....	17
2. Drones	18
Estructura. Clasificación.....	19
Drones, aviones tripulados y satélites.	20
Consideraciones para la identificación de malezas.	22
3. Agricultura de Precisión – Manejo sitio específico.	23
Tecnología de manejo de dosis variable.....	26
Mapas de rendimiento y zonas de manejo.....	27
4. Control de malezas	28
Conceptos generales sobre malezas.....	28
Métodos de control químico: herbicidas	30
Tolerancia y creación de resistencia.....	31
Malezas tolerantes y resistentes en el departamento General San Martín (Córdoba).	32
Manejo: monitoreo, mapas de prescripción y seguimiento.	33
5. Departamento General San Martín: cultivos y manejo de malezas.	35
6. El hombre y el medioambiente: desarrollo sustentable.....	37
7. Análisis económico	39
Costos. Métodos de costeo.	40

Margen bruto.	41
Análisis: sensibilidad, comparación de alternativas, umbrales económicos.	42
Metodología.....	44
Fuentes primarias	44
Participantes.	44
Instrumentos.	44
Procedimiento.....	45
Fuentes Secundarias	45
Estrategia de búsqueda de bibliografía.....	45
Criterios de Selección de Bibliografía.....	46
Procedimiento de Análisis de Datos.....	46
Resultados.....	49
Capítulo 1. Drones para uso agrícola disponibles en Argentina.	49
Drones y sensores disponibles en el mercado argentino.	49
Conclusiones parciales.	51
Capítulo 2. Normativa y regulación para utilización de drones.....	52
Limitaciones de operación.....	53
Requisitos para operar un dron.....	54
Responsabilidades.	56
Conclusiones parciales.	56
Capítulo 3. Beneficios técnicos, productivos, ambientales y sociales.	57
Aspectos técnicos y productivos.	57
Aspectos ambientales y sociales.....	59
Conocimiento de los entrevistados sobre los beneficios.	60
Conclusiones parciales.	61
Capítulo 4. Determinación de beneficios económicos.....	62
Resultados económicos en maíz.....	63
Resultados económicos en soja.	65



Resultados económicos en trigo.	66
Conclusiones parciales.	68
Discusión	69
Referencias.....	72

Introducción

La agricultura presenta un papel fundamental al ser el primer eslabón para la producción de alimentos, por ello ha debido avanzar acorde a las necesidades de la creciente población mundial. En la actualidad, la mecanización y las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) han permitido el nacimiento de la agricultura de precisión, que busca un uso óptimo de los recursos (plaguicidas, fertilizantes, semillas, agua, etc.) haciendo aplicación de ellos en función de la variabilidad espacial que presente el suelo y los cultivos que se manejan (Agüera Vega & Pérez Ruiz, 2013). Bongiovanni y Lowenberg (2004), como resultado de su investigación, afirman que la aplicación sitio específica de agroquímicos, utilizando como insumo externo la información, permite realizar una producción amigable con el medio ambiente, a su vez más rentable que un manejo convencional de dosis promedio proveyendo sustentabilidad a largo plazo. Esto cobra especial relevancia dado que hoy se evidencia el impacto ambiental y social negativo que los avances de la frontera agrícola y las prácticas agrarias convencionales fueron ocasionando en los ecosistemas en los cuales esas explotaciones se insertan. Argentina presenta un alto grado de adopción de la agricultura de precisión (Bragachini, 2014) pero donde presenta un mayor retraso es en la aplicación de plaguicidas en forma variable (Moltoni L., Moltoni A., Masiá, Clemares & Pino, 2015). La dificultad surge por el gran volumen de datos (a relevar, procesar, analizar y transformar en información) que se necesita para determinar la variabilidad y realizar una correcta toma de decisiones, lo que requeriría de un tiempo y un esfuerzo desmedido, haciendo que la relación costo-beneficio sea negativa. Así, es menester para los productores contar con sistemas integrados de información y uso de tecnología e instrumentos que permitan hacer este proceso lo más dinámico, eficiente, oportuno y económico posible. Con el surgimiento de los vehículos aéreos no

tripulados, comúnmente conocidos como drones, el productor cuenta hoy con una nueva herramienta de teledetección que permite relevar una gran cantidad y variedad de datos georreferenciados a campo en forma rápida y eficaz (Di Leo, 2015).

Los drones tienen una reciente aparición en la agricultura. En Argentina, Bragachini (2014) analiza la evolución de las TIC en este segmento productivo y ubica a la incorporación de los drones en el año 2007 a través del trabajo del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Es por ello que las publicaciones son pocas respecto de su uso en agronomía, sobre todo respecto al control de malezas, entre las cuales podemos encontrar a López Granados (2013), quien expone que las imágenes obtenidas por los drones son ideales para realizar relevamientos de cultivos en forma eficaz y funda tal afirmación en tres trabajos de los que la autora participó: a) la detección de malezas en maíz emergido en forma temprana, con el procedimiento utilizado la identificación tuvo una precisión entre 84% y 98% y permitió clasificar las áreas según su nivel de infestación y determinar cuáles requerían tratamiento herbicida, b) detección del estado hídrico de los viñedos para realizar un riego ajustado según subzonas determinadas en función de las necesidades y c) detección de enfermedades en plantas de olivo en forma temprana. Berrío, Mosquera y Alzate (2015) investigaron la utilidad de los drones para identificar problemas en cultivos de papa en forma precoz y determinaron que además de la precisión otorgaba ventajas tales como la disminución del tiempo y el esfuerzo en zonas extensas o lugares de difícil acceso y la detección de problemas que no podían ser visto con una observación común. Peña, Torres-Sánchez, Serrano-Pérez, I. de Castro y López-Granados (2015) muestran las ventajas y limitaciones que presentan las imágenes tomadas con drones para identificar plántulas de malezas en estadios pequeños, los requisitos de resoluciones y los momentos ideales para obtener las imágenes realizando su investigación en un campo con cultivo de

girasol donde efectuaron vuelos con dos drones equipados: uno con cámara convencional de luz visible y el segundo con cámara multiespectral (utilizando la banda de infrarrojo cercano), las imágenes se tomaron a diferentes alturas en tres fechas (con un intervalo de tiempo de una semana entre ellas) y utilizaron el método OBIA (análisis de imagen basados en objetos) para discriminar las malas hierbas; con ello determinaron que a la menor altitud (40 metros) y en la segunda fecha (50 días post-siembra) se alcanzaron los mayores niveles en efectividad de detección de malezas llegando al 91% con la segunda cámara y que a mayores altitudes (con la cámara de luz visible) en las fechas últimas los resultados fueron mejores dado el incremento del tamaño de las malas hierbas. Respecto a los errores en la detección distinguieron: no detección o subestimación de malezas en zonas infestadas y falsos positivos en los bordes de las filas del cultivo, acrecentándose este error en altitudes mayores dada la menor resolución espacial del pixel.

El interés del presente trabajo de investigación recae sobre el uso de drones para revelar la presencia de malezas (especies, distribución, desarrollo, etc.) en parcelas donde se desarrollan cultivos extensivos y realizar un control sitio-específico de las mismas, motivado por la actual problemática que presenta el manejo de las malas hierbas en el país: el uso indiscriminado en dosis promedio de herbicidas cubriendo la totalidad del lote y la falta de rotación de principios activos y modos de acción genera ineficiencias en los tratamientos y la aparición de malezas resistentes, con sus consecuentes complicaciones técnicas, ecológicas y económicas. En Argentina, el volumen de uso de herbicidas presenta un importante aumento año a año, tanto en volumen como en costos (Moltoni & Duro, 2014); se gastan aproximadamente mil trescientos millones de dólares para el control de malezas resistentes y se genera un aumento de hasta el 45% en los costos de protección (Palau, Senesi, Moggi, &

Ordóñez, 2015). En este aspecto, Moltoni *et al.* (2015), demuestra una elevada conveniencia económica al utilizar drones para generar mapas de prescripción de herbicidas en el momento de barbecho (utilizando como parámetros el precio del herbicida, el costo de obtención de la imagen a través de un servicio y el grado de presencia de malezas en el lote en la construcción de dos escenarios) manifestando la existencia de una relación positiva con el precio del herbicida y negativa respecto al nivel de malezas en el lote.

Los productores agrícolas buscan realizar sus actividades de manera eficiente y las herramientas tecnológicas son grandes aliados, es el caso de quienes desarrollan cultivos extensivos tradicionales (maíz, soja, trigo) en el núcleo productivo de la Argentina. Mientras más información tenga el productor, más acertadas podrán ser sus decisiones, pero un escollo importante (que distingue a este tipo de actividad respecto de las actividades intensivas) es la gran superficie a monitorear. Surge la consecuente problemática de cómo realizar el relevamiento y procesamiento de datos de manera eficiente para obtener información oportuna, fiable y económica y la solución aparece, en teoría, con los drones que permiten conseguir esos datos en forma rápida y georreferenciada (creando un mapa que presentará al productor de manera gráfica y simplificada la información) y con la posibilidad de evaluar la evolución de las características objeto de estudio a través del tiempo. ¿Es posible obtener beneficios económicos derivado de la utilización de drones en el relevamiento de información a campo para detectar la presencia de malezas y su seguimiento en cultivos extensivos? ¿Están disponibles estas herramientas? ¿A nivel productivo, técnico y ambiental tiene efectos positivos? Antes de tomar la decisión de incorporar esta herramienta, el productor necesita información fiable que dé respuesta a estas incógnitas y le pueda ayudar a determinar si es aplicable para su situación particular, si existe la posibilidad

de acceso a este instrumento y si es necesario contar con conocimientos o habilidades específicas para utilizarlo.

Para dar respuesta al problema de investigación planteado, teniendo en cuenta que el fin último de todo productor es el de obtener beneficios económicos y los impactos económicos (ej.: uso no eficiente de herbicidas), productivos (ej.: creación de resistencia de las malezas) y ecológicos (por ejemplo: contaminación del suelo y napas de aguas) que presenta aplicar plaguicidas a sus cultivos, el presente trabajo tiene como objetivo cuantificar la conveniencia que genera adoptar drones en el manejo de cultivos extensivos en el departamento General San Martín (provincia de Córdoba) ya que se advierte una falta de información e investigaciones al respecto.

A continuación, se presentan los objetivos que se plantean como eje para la realización de la investigación y un marco teórico que explica los conceptos centrales que se abordaran en el desarrollo, permitiendo un punto de partida de conocimiento. Luego se indica cómo será la metodología de las actividades llevadas a cabo para cumplimentar las metas propuestas anteriormente. En la sección resultados se muestran las conclusiones parciales derivadas de la investigación, que se reunirán para obtener una conclusión final en el apartado discusión. Finalmente se presenta un listado de las fuentes que sirven de sustentación a toda la investigación.

Objetivos

Objetivo General

Determinar los beneficios económicos que puede proporcionar el uso de drones agrícolas y el manejo sitio-específico de malezas en cultivos tradicionales en el Departamento General San Martín, provincia de Córdoba.

Objetivos Específicos

- a) Identificar las características y aplicaciones de drones agrícolas disponibles en Argentina.
- b) Conocer la legislación vigente que regula el uso de drones en el país.
- c) Exponer los beneficios productivos y técnicos que genera la utilización de drones en el manejo sitio-específico de malezas y la creación de mapas de prescripción.
- d) Evaluar el impacto ambiental y social del manejo sitio-específico de malezas.
- e) Indagar sobre la percepción que los productores entrevistados tienen acerca del uso de drones y herbicidas en la agricultura extensiva.
- f) Medir los beneficios económicos que proporciona el uso de mapas de prescripción y la aplicación sitio-específica en controles químicos para el productor de cultivos extensivos tradicionales (trigo, soja y maíz).

Marco Teórico

Las actividades económicas agrarias tienen una importante diferencia con las demás actividades: sus procesos centrales son biológicos, lo que implica modificar y controlar ciclos de la naturaleza que no permiten regresar al estado anterior. Esta característica hace imprescindible el monitoreo de la situación actual y control. Contar con herramientas que proporcionen un acceso rápido y económico a estos datos puede marcar una gran diferencia. Entre ellas, hoy existen los drones que actúan como dispositivos de teledetección. Las características y aplicaciones de los mismos son variadas, pero el presente trabajo se enfoca en su utilidad para la detección de malezas a campo y realización de aplicaciones de herbicidas en forma sitio-específica, que se encuadra dentro del manejo de agricultura de precisión.

1. Percepción Remota

La percepción remota (también denominada teledetección) puede definirse como las técnicas de obtención de observaciones, y su registro, de objetos con los cuales no existe contacto físico (Pérez Gutiérrez & Muñoz Nieto, 2006). Tiene origen en el sector militar y luego se fue adoptando en otras actividades como la agricultura, la catastral, industriales, etc. (Agüera Vega & Pérez Ruiz, 2013). La distancia entre el sensor y el objetivo observado puede variar desde menos de un metro a cientos de kilómetros, dependiendo de la herramienta a utilizar.

Principios generales.

La teledetección utiliza como principio fundamental las propiedades de la radiación electromagnética y su interacción con la materia. La energía electromagnética

se propaga a través del espacio en forma de ondas. Estas ondulaciones presentan dos características: longitud (distancia entre dos crestas o valles sucesivos) y frecuencia (cantidad de longitudes que se producen en una unidad de tiempo – segundo –). El espectro electromagnético abarca todas las longitudes que presenta la energía electromagnética y puede dividirse en bandas (porciones que exhiben una conducta similar) (Esser & Ortega, 2003). La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2005) menciona que en la teledetección las más empleadas son:

- Espectro Visible (0.4 a 0.7 μm). Es percibida por el ojo humano y pueden distinguirse tres longitudes de onda que generan el color azul (0.4-0.5 μm), (0.5-0.6 μm) y (0.4-0.5 μm).
- Infrarrojo Cercano (0.7 a 1.2 μm) o fotográfico.
- Infrarrojo Medio (1.3 a 8.0 μm). Se entremezclan los procesos de reflexión de la luz solar y de emisión de la superficie terrestre.
- Infrarrojo Lejano o Térmico (8.0 a 100 μm).
- Microondas (a partir de 1 mm).

Bongiovanni, Montovani, Best y Roel (2006) explican que la principal fuente de energía electromagnética en la Tierra es el sol, el cual emite energía que es alterada por la atmósfera de diversas formas e incide sobre un objeto, produciendo tres efectos: reflexión, absorción y transmisión. La proporción en que se produce la reflectancia varía con la longitud de onda y depende de sus características químicas y estructura física, cualidad conocida como firma espectral, permitiendo distinguir un objeto de otro. La tecnología de la percepción remota se basa en la recolección y análisis de la energía reflejada.

Sensores. Tipos de sensores.

Bongiovanni *et al.* (2006) define al sensor como el dispositivo que capta la radiación electromagnética reflejada por los objetos dentro de una banda determinada y la registra para generar una imagen o gráfico que pueda ser interpretado, colocados sobre una plataforma de sostenimiento. Éstos pueden clasificarse según:

- Energía que utilizan: pasivos (recogen la energía de los objetos procedente del reflejo de los rayos solares o emitida por su temperatura. Las condiciones climáticas pueden afectar la obtención de datos precisos) y activos (tienen la capacidad de emitir energía propia, la cual rebota en un objeto, y recoger su reflexión para crear imágenes de los objetos. Las condiciones climáticas no lo afectan. El radar es el más común).
- Nivel de recolección: terrestre, sub-orbital y orbital. En el nivel orbital los satélites son la plataforma de sostenimiento y los sensores pueden tener diferentes configuraciones y operar en distintas bandas del espectro electromagnético. En el nivel sub-orbital las aeronaves tripuladas eran la plataforma utilizada convencionalmente, hoy se agregan en este horizonte los vehículos aéreos no tripulados (drones).
- Forma de recolección y registro: fotográficos y no fotográficos. Los primeros hacen referencia a las cámaras que permiten obtener fotografías aéreas. Actualmente existen cámaras térmicas, multiespectrales y de alta resolución. Los no fotográficos son sistemas cuyos detectores son uniones metálicas. Normalmente, son categorizados en función de la región espectral en la que operan.

Imágenes: resolución, corrección y combinación de bandas.

El término resolución refiere a la capacidad de detalle de la información que provee un sensor. Deben considerarse cuatro aspectos de la misma: 1) resolución espacial: marca el nivel de detalle que ofrece y dependerá de que área representa cada pixel de la imagen; 2) espectral: especifica las longitudes de onda que el sensor es capaz de captar; 3) radiométrica: refiere a la sensibilidad que posee el sensor al medir las variaciones de lo que está capturando y 4) temporal: indica el período que transcurre entre cada imagen obtenida de un área particular, es de especial importancia en sensores a nivel orbital (Bongiovanni *et al.* 2006; Esser & Ortega, 2003; López Granados, 2013). Quien trabaje con estas imágenes debe tener en claro cuál es la resolución espectral y espacial con la que está operando.

Las imágenes obtenidas pueden ser procesadas para realzar algún atributo según los objetivos de análisis y facilitar la interpretación. Entre estas modificaciones podemos citar a las correcciones radiométricas, que permiten eliminar los defectos que puedan haber causado la curvatura de la tierra, relieve del lugar, algún efecto de distorsión de la atmósfera, etc. También se encuentran las correcciones geométricas o de proyección de la imagen para que luego puedan ser posicionadas según coordenadas específicas y los realces visuales (brillo, contraste, filtros, etc.) que permitirán destacar alguna característica o demarcar objetos con mayor precisión. Puede incluirse dentro de correcciones el georreferenciamiento de imágenes que no hayan sido tomadas con esta característica (Pérez Gutiérrez & Muñoz Nieto, 2006).

En el caso de haber tomado imágenes multiespectrales, podremos realizar combinaciones de bandas que nos permitan obtener nuevas imágenes que resalten objetos reales según diversos criterios ya que cada pixel tiene asociado un valor por cada banda recopilada. Si unimos las bandas del espectro visible, por ejemplo,

obtendremos una imagen natural, como lo visualizaría el ojo humano. Es de importante aplicación esta posibilidad en la agricultura ya que nos permitirá cartografiar la vegetación, diferenciarlas por especies, conocer el vigor (o estado de salud) de la vegetación, diferenciar variedad de suelos, cálculos de índices diferenciales de vegetación normalizado (NDVI), etc. (Esser & Ortega, 2003).

2. Drones

Los drones son vehículos aéreos no tripulados (VANT) que actúan como plataforma de sensores remotos, permitiendo la obtención de imágenes georreferenciadas de alta resolución y pueden encontrarse denominados además como: *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*, *Unmanned Aerial System (UAS)*, *Remotely Piloted Aircraft (RPA)*, *Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)*. Si bien existen diferencias a nivel técnico en su significado, no existe a nivel internacional reglamentación específica de su denominación y los autores de artículos y trabajos consultados no siempre tienen un criterio uniforme. En el caso del presente escrito se utiliza el término “drones” dado su generalizada difusión para el público general.

Su origen data de la ingeniería militar (Di Leo, 2015) y en un comienzo no tenían gran sofisticación (Berrío *et al.*, 2015). Con el avance de la tecnología estas herramientas fueron mejoradas y se amplió su uso a otras áreas civiles: topografía, exploración de lugares con difícil acceso, movilidad y tráfico, gestión de riesgos y desastres naturales, agricultura, etc. Para el caso de los usos agrícolas, en Argentina se introdujo recién en el año 2007 a través del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Bragachini, 2014) y representa una excelente opción en la agricultura de precisión dada su eficiente aptitud para mapeo de lotes por teledetección y su bajo impacto ambiental. Dentro de las aplicaciones en agricultura se destacan la utilización

en monitoreo de cultivos para detectar presencia de malezas, plagas, enfermedades, estrés hídrico, etc. y la variabilidad que se presente intra-lote ya que las extensiones pueden ser amplias y presentarse estos problemas en forma intensiva en determinadas estaciones o ante eventos climáticos particulares y el seguimiento de la evolución del problema luego de haber realizado alguna labor en la parcela (Di Leo, 2015).

Estructura. Clasificación.

En todos los drones pueden distinguirse dos segmentos principales: segmento de vuelo y segmento terrestre (Di Leo, 2015). El primero a su vez se compone del vehículo en sí (fuselaje, batería y carga útil, como computadora a bordo, cámaras de alta resolución, GPS, etc.) y los sistemas de recuperación (paracaídas, ruedas de aterrizaje, patines, etc.). El segmento en tierra consta de: estación de control (computadora, Tablet o teléfono inteligente, control remoto, software que envía y recibe información para controlar el vuelo) y sistema de lanzamiento para realizar el despegue (Berrío *et al.*, 2015; Di Leo, 2015).

En el presente la variedad de drones, tanto en características técnicas como usos, que existe es tan amplia que realizar una clasificación exhaustiva es tarea casi imposible, por ello Agostino, Mammone, Nelson y Zhou (2006) proponen clasificarlos según: a) especificaciones técnicas y de rendimiento, b) finalidad de la misión (combate, telecomunicación, inteligencia y vigilancia, distribución y abastecimiento, despegue vertical, multipropósito, etc.) para facilitar la elección según las necesidades del usuario. Respecto al inciso a), la categorización principal se da en base a su modo de sustentación (modelos de ala fija como aviones y ala rotatoria: helicópteros y multirrotores) (Figura 1); también podrán clasificarse según modo de propulsión, peso, potencia, velocidad, altura máxima de vuelo con escala mínima de imagen, tiempo de

autonomía en vuelo, capacidad de carga útil, etc. (Agostino *et al.*, 2006; Berrío *et al.*, 2015; Di Leo, 2015).

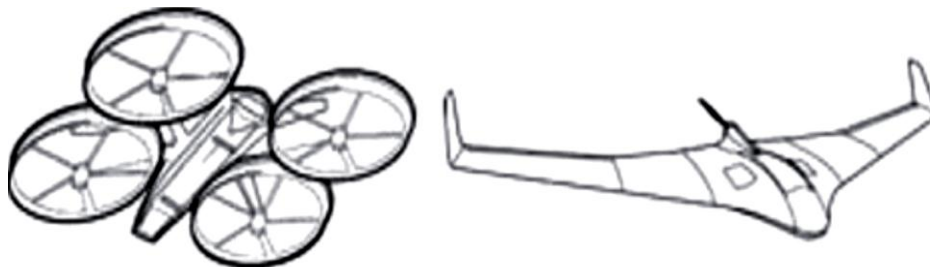


Figura 1. Tipos de drones. Izquierda: modelo de ala rotatoria, multirotor. Derecha: modelo de ala fija, avión. Fuente: Quispe (2015)

La elección del drone idóneo para utilizar en cada caso estará determinado por la finalidad, condiciones de la superficie a recorrer, sus aptitudes y una relación costo-beneficio adecuada (Peña *et al.*, 2015; Quispe, 2015). Así mismo, Berrío *et al.* (2015) establece algunas características distintivas entre los dos tipos principales de drones. Los aviones se destacan por consumir menor energía durante el vuelo y son elegidos cuando el área a recorrer es amplia, en cambio, cuando lo que se busca es la precisión al volar destacan a los multirrotores por su estabilidad; además mencionan que los segundos son más fáciles de controlar en el vuelo.

Drones, aviones tripulados y satélites.

Si bien las tres herramientas pueden complementarse para la obtención de imágenes a través de la teledetección, cada una presenta características particulares que se analizan a continuación, haciendo hincapié en el objetivo agronómico.

Los satélites presentan a su favor la superficie alcanzada por cada imagen obtenida (Esser & Ortega, 2003) pero presentan desventajas respecto a la resolución espacial ya que el tamaño de pixel generalmente no alcanza niveles submétricos (Di

Leo, 2015), en cuanto a la calidad pues cualquier objeto que se interponga entre el satélite y la superficie a fotografiar se proyecta en el mapa y si hay presencia de nubes su sombra entorpece la imagen (Krzysztof, 2011) y de resolución temporal que generalmente se ubican en torno a los quince días (Di Leo, 2015). En cuanto al costo, este va a depender de la resolución, existen imágenes gratuitas para resoluciones medias cercanas a los treinta metros (Di Leo, 20015; Esser & Ortega, 2003).

En el caso de aviones tripulados, si bien el área de cobertura es menor que la satelital, se pueden alcanzar superficies superiores a las 250 hectáreas y con resoluciones que pueden alcanzar los diez centímetros por pixel (dependiendo de la altura de vuelo). Entre sus desventajas se pueden mencionar: sombras en las imágenes, costo más elevado, requieren de personal calificado para la pilotación, presentan poca flexibilidad para trazar relevamientos, originan emisiones contaminantes debido al uso de combustibles fósiles, existen limitaciones de vuelo respecto a zonas urbanas y de altura por el ruido que producen (Berrío, *et al.*, 2015; Di Leo, 2015; Krzysztof, 2011).

Finalmente, los drones proporcionan solución a las limitaciones de las anteriores plataformas. Pueden alcanzar resoluciones de milímetros por pixel, obtener imágenes de diferentes rangos espectrales según los sensores que dispongan (Lopez Granados, 2013), alcanzar zonas de dificultoso acceso (Krzysztof, 2011) y estar disponibles en forma permanente para realizar relevamientos en el momento que se necesite (Di Leo, 2015). Además, como trabajan con generación de mapas a través de superposición de imágenes (ortofotomosaicos), permiten la eliminación automática de objetos que puedan molestar en la visualización y debido a la baja altura a la que pueden volar los días nublados no imposibilitan los relevamientos (Krzysztof, 2011; Lopez Granados, 2013). Entre las desventajas se encuentran la limitación de autonomía de vuelo, escasa capacidad de carga útil, escasa legislación y las controversias que se generan por la

posibilidad de invadir las propiedades privadas e intimidad de las personas (Berreiro Elorza & Valero Ubierna, 2014).

Consideraciones para la identificación de malezas.

Para realizar un control-sitio específico de malezas primero se debe localizar e identificar su presencia en la parcela y confeccionar un mapa. Normalmente se apunta al control de malezas en estadios tempranos y en estos momentos la mayoría de las especies vegetales (incluido el cultivo agronómico implantado) presentan aspectos y firmas espectrales parecidas, por lo que es necesario utilizar una resolución espacial adecuada. Como solución, se utilizan imágenes tomadas en espectro visible, infrarrojo cercano y luego se identifican con análisis de imagen basados en objetos (OBIA, por sus siglas en inglés de *Object-based Image Analysis*). Esta técnica es relativamente nueva y utiliza un conjunto de píxeles (al menos cuatro) para diferenciar un objeto (Lopez Granados, 2013; Peña *et al.*, 2015).

Cuando la detección de malezas se realiza en una parcela que aún no ha sido implantada o antes de la emergencia del cultivo agronómico sembrado, toda presencia de especies vegetales son consideradas malezas, por lo que los objetos mínimos a identificar pueden ser rodales (manchones, zonas) de cierta dimensión, por ejemplo, de un metro cuadrado, entonces deberemos buscar una resolución en la imagen de hasta 50 centímetros máximo (Lopez Granados, 2013). En cambio, cuando el cultivo ya emergió, la identificación de las malezas se determina por las plantas que crecen fuera de las líneas de siembra, en este momento la resolución deberá ser mucho más pequeña por el nivel de detalle requerido. Berreiro Elorza y Valero Ubierna (2014) destacan que la presencia de los rodales en las parcelas y su avance pueden estar motivados por la dirección de siembra o del viento que predomine en la región.

Según una investigación dirigida por López Granados (2013) para la detección de malezas en maíz en estadios tempranos con el objetivo realizar una aplicación sitio específica de herbicidas utilizando un dron de tipo multirrotor, la exactitud de detección de malezas y clasificación de las zonas dada por esta herramienta fue superior al ochenta por ciento alcanzando el noventa y ocho por ciento en las zonas que estaban libres de malezas. Peña *et al.* (2015) explican que, según sus investigaciones, los errores se acentúan a medida que aumentaba la altitud de vuelo pues se reducía la resolución.

Dada las limitantes de autonomía de los drones explicadas con anterioridad, la elección de la altura de vuelo será la mayor posible para lograr misiones de mapeo más cortas, pero estará limitada por la resolución necesaria, la presencia de obstáculos en la superficie y requisitos legales que limiten la distancia del suelo a la que se permita volar. En forma independiente de la altura, la precisión geométrica no se verá disminuida dada la gran cantidad de imágenes que se utilizan para generar el mapa y su superposición (Krzysztof, 2011; Peña *et al.*, 2015).

Otro aspecto a tener en cuenta es la velocidad, la cual deberá ser óptima para asegurar que haya definición en las imágenes obtenidas y debe adecuarse en función del tiempo de exposición que necesite el sensor para tomarlas y el área fotografiada. Por ello la velocidad y dirección del viento será un elemento a tener en cuenta a la hora de realizar un relevamiento y evitar distorsiones (Krzysztof, 2011).

3. Agricultura de Precisión – Manejo sitio específico.

En los últimos doscientos años, la población mundial mostró un crecimiento significativo, generando un aumento en la demanda de alimentos. Para hacer frente a este escenario, la producción agropecuaria debió buscar las formas de acrecentarse de

manera eficiente. Las soluciones provendrían de los desarrollos tecnológicos que permitieran multiplicar el volumen por unidad de producción, tomando importancia en la actualidad que las actividades se realicen de forma sustentable: desarrollar actividades en el presente que nos permitan lograr los objetivos productivos y económicos sin poner en peligro las condiciones de vida de las generaciones futuras (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), 2010).

La agricultura de precisión es posible gracias a las tecnologías de la información y comunicación (TIC) y, según Agüera Vega y Pérez Ruiz (2013), refiere a un conjunto de técnicas que pueden ser divididas según el objetivo en: métodos que se orientan a buscar la homogeneidad en las labores mecanizadas y las técnicas que buscan tratar la heterogeneidad espacial del lote en forma diferenciada. Éstas últimas se basan en utilizar los insumos de manera específica según las necesidades variables que se muestran en las parcelas. Con este manejo logramos tres objetivos: productivo (expresar el potencial de cada zona de manejo y mejora de la calidad), económico (aumento ingresos y disminución de costos por menos insumos) y ambiental (reducción de impacto ambiental). Como puede deducirse, el uso de los distintos recursos serán utilizados en forma justa, evitando la sobre o sub-utilización que se produce cuando el manejo es a valores promedios, sobre todo en lotes de mayor dimensión.

Si tenemos en cuenta la producción, la variabilidad dentro de una parcela puede clasificarse en:

- Espacial: las diferencias se expresan dentro de un lote en un momento determinado –una campaña –.
- Temporal: presenta los cambios que se produjeron en un sitio a través de sucesivos momentos, es decir que lo que varía es el tiempo.

Además puede distinguirse entre variabilidad cualitativa (aquella en que las diferencias son de tipo o forma, como la presencia de dos o más capacidades de uso de suelo en un mismo lote) y cuantitativa (de carácter numérico, como puede ser el rendimiento de un cultivo o los valores de nutrientes en el suelo). Es indispensable tener en cuenta que tipo de variabilidad estamos considerando, ya que ciertas técnicas requerirán de la utilización de datos cuantitativos y otras podrán usar clases para analizar la información. Y, si bien puedan existir lotes que no presenten variabilidad espacial en un momento determinado, será esencial analizar las variables en el transcurso del tiempo, ya que depende de factores como inclemencias climáticas que harán que las diferencias espaciales se manifiesten (Bongiovanni *et al.*2006).

La agricultura de precisión puede dividirse en tres etapas o grupos según las tecnologías que implica: recolección de datos, procesamiento e interpretación de la información y aplicación de insumos (Bongiovanni *et al.*, 2006). Las tecnologías de información que hacen posible llevar a cabo este proceso son:

- Sistema de posicionamiento global (GPS);
- Sistemas de Información Geográfica (SIG);
- Percepción remota, sensores remotos;
- Tecnologías de dosis variables;
- Análisis de datos georreferenciados.

En Argentina existe una gran adopción de la agricultura de precisión, siendo, según Bragachini (2014), el segundo país a nivel mundial en la producción y adopción según lo explicita. Gran parte de ello tiene fundamento en la labor de técnicos, productores, entidades como el INTA y la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (Aapresid), proveedores de insumos de las cadena agrícola, etc. y

esencialmente dado por una gran cooperación y difusión de conocimientos e información entre ellos.

Tecnología de manejo de dosis variable

La aplicación de dosis variable puede efectuarse en varias labores agrícolas, como por ejemplo: siembra (espaciamientos entre hileras, densidad de semillas por hectárea, etc.), fertilización, encalado, riego, pulverizaciones, etc. Este tipo de manejo estará justificado dependiendo de qué grado de variabilidad presente el lote en las características que pretende corregir cada tarea y los objetivos que tenga el productor. Está claro que a mayor heterogeneidad, la aplicación de dosis variable tendrá mayores beneficios.

Las maquinarias que efectúan las aplicaciones en forma diferenciada pueden basarse en sensores ópticos incorporados a la herramienta, como el caso de pulverizadoras con sensores que a través de la teledetección localizan malezas en el suelo desnudo y aplica solo sobre ellas, o utilizar mapas con zonas diferenciadas de tratamiento que fueron previamente realizados en forma digital (Agüera Vega & Pérez Ruiz, 2013).

Al inicio de la incorporación de agricultura de precisión en Argentina, la mayor limitante para llevar a cabo este manejo eran las maquinarias para realizar esas tareas, por su elevado costo o ausencia en el país. En el presente, existen disponibles gran variedad de herramientas, cobrando importancia los desarrollos por empresas nacionales de maquinarias, instrumentos, software y sistemas integrados de información.

Mapas de rendimiento y zonas de manejo

La variabilidad espacial presente en el suelo se muestra de manera explícita en el momento de la cosecha a través de los distintos niveles de producción que se obtienen dentro de un mismo lote. Este es el punto de partida de la agricultura de precisión. Los monitores de rendimiento son instrumentos incorporados a la cosechadora que pueden medir la masa de granos que ingresa a la misma en una superficie determinada de manera georreferenciada. Los mapas de rendimiento generados representan en forma gráfica los niveles de producción obtenidos en los distintos puntos geográficos y permiten cuantificar la variación existente durante la cosecha de un cultivo dentro del lote. Bragachini, Mendez y Scaramuzza (2008) explican que esta variabilidad puede ser de origen natural, inducido o una combinación.

Para la delimitación de zonas o ambientes de manejo diferenciado (subdivisiones del lote que presentan una homogeneidad en sus caracteres y permite utilizar una misma cantidad de insumo) se utiliza la información obtenida a través de sucesivas campañas para un mismo lote, verificando patrones de comportamiento productivo y las limitantes que operan. Es importante hacerlo en base a la mayor cantidad de mapas posible ya que las condiciones climáticas particulares de un año pueden generar distintas respuestas. La cantidad de zonas a elegir dependerá de los criterios de los responsables del manejo, siempre bajo una relación costo-beneficio favorable respecto a tiempos y costos de operación. Con las zonas delimitadas se realizan muestreos de suelo (para conocer las características estructurales y nutritivas) y plantas. Esta información, al ser integrada con imágenes satelitales, cartas de suelo, relevamientos topográficos, mapas de presencia de malezas, etc., permite deducir las causas originarias de estas expresiones productivas diferenciadas y actuar en consecuencia.

4. Control de malezas

Conceptos generales sobre malezas

El término maleza hace referencia, en sentido general, a aquellas especies que crecen en forma silvestre o no deseada en áreas que entorpecen la actividad humana. Según Labrada, Caseley y Parker (1996) es un concepto de carácter relativo ya que puede referir a especies cultivables que crecen en forma indeseada en una zona de otro cultivo o especies no cultivables que tienen otros fines como el medicinal, por lo que la inclusión dentro de esta categoría dependerá de la situación específica.

Para el caso de las producciones agrícolas las malezas se caracterizan por tener un alto grado de competencia, rápido crecimiento y estar adaptadas para sobrevivir y dispersarse con facilidad (CropLife International, 2010). El autor indica que existen muchas especies que califican como malezas en las producciones y señala que se pueden agrupar según ciertos criterios:

- Ciclo de vida: anuales (el ciclo se cumple dentro de un año, pudiendo variar desde semanas a varios meses y se reproducen por semillas) o perennes (viven dos años o más, los individuos de estas especies crecen mientras las condiciones son favorables y mueren a nivel suelo por acontecimientos como heladas, pero rebrotan al mejorar las condiciones desde las raíces o restos de tallos).
- Fenotipo: dicotiledóneas u hoja ancha (sus semillas poseen dos cotiledones, tallos leñosos o semi-leñosos, sus hojas son más anchas que largas y planas, con nervaduras ramificadas, son más fáciles de exterminar cuando son jóvenes ya que algunas al madurar crean una capa que dificulta la acción de los herbicidas) y monocotiledóneas u hoja

angosta (semillas con un solo cotiledón, generalmente herbáceas, hojas alargadas con nervaduras paralelas a la central y raíces fibrosas).

- Hábito de crecimiento: rastreras (el tallo crece postrado en el suelo, pudiendo presentar raíces en entrenudos), erectas (su tallo crece verticalmente) y trepadoras.

Estas especies afectan el normal desarrollo de los cultivos desarrollados y representan el factor más importante dentro del conjunto de plagas (que incluye además insectos, ácaros, hongos, bacterias, etc.) ya que compiten por los recursos agua, luz y nutrientes y además pueden ser alojamiento de organismos e insectos dañinos, dando como resultado principalmente una reducción de la calidad de los granos y del rendimiento, afectando seriamente los ingresos del productor como también aumentando los costos de operación. El descenso en el rendimiento dado por no controlar las malezas puede superar el 80% y, si bien los productores invierten en su control y plaguicidas, las pérdidas siguen siendo importantes (Diez de Ulzurrun, 2013; Crop Life International, 2010).

Es importante, para realizar un correcto manejo de las mismas, identificar las especies que se encuentran presentes y conocer sus características biológicas, hábito de crecimiento y propagación ya que el nivel de competencia y la forma en que lo hacen varía de una especie a otra (Labrada *et al.*, 1996). Si bien la mayoría de las explotaciones agrícolas cuentan con el asesoramiento de ingenieros agrónomos, el productor puede acceder fácilmente a catálogos impresos o en versión on-line que poseen imágenes y permiten identificar de cuál especie se trata (la identificación normalmente consta de: nombre común, nombre científico y familia a la que pertenece). Además, un aspecto no menor a la hora del control es conocer cuál es el período

crítico de competencia para cada cultivo, es decir, la etapa del ciclo en el que la presencia de malezas reduce el rendimiento significativamente (Satorre *et al.*, 2010).

Métodos de control químico: herbicidas

El control de malezas busca reducir el tamaño de la población de las malezas presentes (siendo su erradicación total el objetivo ideal) y puede realizarse a través de varios métodos: preventivos (ej.: evitar la diseminación, limpieza de máquinas), culturales (ej.: rotación de cultivos, fechas de siembra, cobertura), físicos (o mecánicos), biológicos (ej.: uso de enemigos naturales) y/o químicos (SENASA, 2010). Si bien, en el marco de una agricultura consciente y enfocada al medioambiente, se hace hincapié en un manejo integrado de plagas (MIP) que reúne los métodos enumerados anteriormente, el control químico con herbicidas es el más utilizado por su efectividad.

Los herbicidas son descritos por Diez de Ulzurrun (2013) como sustancias químicas o mezcla de ellas que afectan la fisiología de la planta (la forma en que lo hacen se denomina modo de acción) llevándola a la muerte o no permitiendo su desarrollo. No existe una sola clasificación, pero tomando como referencia a Zubizarreta y Díaz Panizza (2014), pueden agruparse según sus características:

- Movilidad en la planta: sistémicos (son absorbidos por la planta y traslocados a otras zonas diferentes de donde se efectuó el contacto) o de contacto (sólo afectan las zonas de la planta en las que el producto cayó).
- Momento de aplicación: pre-siembra, preemergencia (luego de la siembra y antes que el cultivo emerja a la superficie) y post-emergencia.
- Selectividad: selectivos (solo elimina una o unas pocas especies de hierbas) y no selectivos (eliminan un gran grupo de plantas, se debe tener cuidado de no afectar a los cultivos).

- Persistencia: residuales (se aplican al suelo y forman una película tóxica que evita la propagación de malezas durante un determinado tiempo) y foliar (sólo actúan sobre las plantas ya que se degradan en un corto tiempo).
- Familia química: triazinas, cloroacetamidas, sulfonilureas y bipiridilos, etc.
- Modo de acción: inhibidores de la fotosíntesis, inhibidores de la síntesis de pigmentos, inhibición de la síntesis de lípidos, inhibición de la síntesis de aminoácidos, inhibición del crecimiento de las plántulas, reguladores del crecimiento, ruptura de la membrana celular y “desconocido”.
- Usos: barbecho (período entre cosecha del cultivo anterior y siembra del cultivo de la campaña presente), soja, maíz, trigo, etc.
- Grado de toxicidad: ligera, moderada, alta y extremada (se utilizan bandas de colores en los envases para identificar su nivel tóxico).

Diversas organizaciones han desarrollado esquemas de clasificación de herbicidas, como la Sociedad Americana de Malezas (*Weed Science Society of América* –WSSA–) y el Comité de acción de resistencia a herbicidas (*Herbicide Resistance Action Committee* –HRAC–) y pueden consultarse en sus respectivas páginas web.

Los productos a utilizar en las aplicaciones deben estar registrados y aprobados por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), en dosis y momentos adecuados y con los recaudos exigidos por las reglamentaciones vigentes.

Tolerancia y creación de resistencia.

Existen especies que no serán eliminadas con la aplicación de ciertos principios activos debido a dos conceptos: tolerancia y resistencia. El primer término hace

referencia a la capacidad natural de una especie para sobrevivir y reproducirse al ser expuesta a un agroquímico en dosis utilizadas en forma normal para controlar efectivamente a otras especies. En cambio, “la WSSA define la resistencia a herbicidas como la habilidad hereditaria que algunos biotipos dentro de una población adquieren para sobrevivir y reproducirse a determinada dosis de un herbicida, a la cual la población original era susceptible” (Diez de Ulzurrun, 2013, p.2). La diferencia principal reside en que en el segundo caso existe un proceso evolutivo de selección.

Las causas principales de la creación de resistencia a herbicidas es el uso continuo de productos con el mismo principio activo o iguales modos de acción y la sub o sobre dosificación, sumado a escasas rotaciones de cultivos. Es una problemática que afecta no solo a Argentina, sino a muchos países de Latinoamérica, Estados Unidos y otros. En nuestro país, el glifosato es el herbicida que mayor número de especies resistentes presenta, con su consecuente problema para el control. Los especialistas coinciden en recomendar la rotación de principios activos (o mezcla de ellos), modos de acción y cultivos no resistentes como también el uso de herbicidas con aplicación al suelo (barbechos). Estas prácticas ayudaran a minimizar la presión de selección sobre las malezas (Palau *et al.*2015).

Malezas tolerantes y resistentes en el departamento General San Martín (Córdoba).

La Red de Conocimiento en Malezas Resistentes (REM), mediante el trabajo combinado de entidades públicas y privadas que colaboran, brinda información actualizada y constante sobre: a) la presencia y aparición de malezas tolerantes y resistentes, b) prácticas de manejo para vencer estos inconvenientes. En su página web provee un mapa interactivo que permite ver cuáles son están malezas y filtrar según diversos criterios.

Con base en la información brindada por esta herramienta, se puede observar que para el departamento General San Martín (según la información recolectada y actualizada en 2015) las especies que reportadas son:

- Tolerantes a glifosato: Botoncito blanco (*Borreria* sp.), Grama (*Chloris* sp. / *Trichloris* sp.) y Flor de Santa Lucía (*Commelina erecta*).
- Resistentes a glifosato: Yuyo colorado (*Amaranthus hybridus* y *Amaranthus palmeri*); Rama negra (*Conyza* sp.), Pasto amargo (*Digitaria insularis*), Capín (*Echinochloa colona*); Pata de ganso (*Eleusine indica*), Raigrás (*Lolium* sp.) y Sorgo de Alepo (*Sorghum halepense*).

Se mencionan según su nombre común y entre paréntesis su nombre científico para una correcta identificación, ya que en el léxico agrario pueden existir varias denominaciones vulgares para una misma maleza o una misma denominación para más de una especie, como es el caso de “yuyo colorado”. Es de suma importancia que los productores y asesores cuenten con estos conocimientos para realizar un mejor monitoreo y efectivo control en sus lotes.

Manejo: monitoreo, mapas de prescripción y seguimiento.

El manejo convencional realiza aplicaciones promedio en todo el lote, pero la presencia de malezas en una parcela no es homogénea (Berreiro Elorza & Valero Ubierna, 2014). Exhibe variabilidad de carácter espacial dada por las diferencias en materia orgánica, textura y relieve del suelo y su interacción con los demás factores naturales y culturales y variabilidad temporal (dentro de una misma campaña según la estación y de un año a otro) (Esser, Ortega, & Santibáñez, 2002). Esto si bien simplifica de alguna manera la aplicación, desperdicia insumos y realiza sobre o sub-dosis de los

herbicidas necesarios para controlar la población pudiendo generar, como se mencionó anteriormente, resistencia a los productos utilizados.

Para realizar un control químico de malezas adecuado y preciso se pueden definir una serie de pasos o consideraciones:

- Monitoreo del lote.
- Identificación de malezas, fase de desarrollo de las mismas, densidad de población y distribución espacial.
- Creación de mapas de prescripción: indicaciones de herbicidas a utilizar y dosis según zonas delimitadas.
- Aplicación de herbicidas.
- Control de efectividad de la aplicación.

Normalmente, el monitoreo del lote se realiza con recorridas “a campo” de productores, ingenieros o quien esté a cargo de la supervisión. Si bien permite realizar una real comprobación de la especie que se presenta es casi imposible y antieconómico efectuar un monitoreo del ciento por ciento de la superficie del lote, por lo que desde un inicio estaremos basándonos en una información estimada. Para cumplir con el objetivo de precisión y lograr un relevamiento más exhaustivo es indispensable contar con herramientas de detección remota, como es el caso de los drones (Lopez Granados, 2013). Para confeccionar correctamente un mapa de prescripción, se parte de las imágenes georreferenciadas del lote y mediante un software GIS podrán delimitarse las zonas de manejo. Según el espectro de malezas presentes se determinan los productos a utilizar y, en función de su estado de desarrollo (o tamaño) y densidad, la dosis recomendada.

Con el mapa de prescripción confeccionado se procede a la aplicación propiamente dicha de los agroquímicos. Para realizar una tarea correctamente deberán

tenerse en cuenta ciertos aspectos como la calidad del agua (puede ser necesario el uso de correctores si es el caso de aguas duras, ya que ésta puede disminuir la efectividad de algunos herbicidas) y las condiciones óptimas de aplicación (temperatura ambiental, humedad relativa, velocidad del viento y dirección, etc.) (SENASA, 2010). Una vez realizada la pulverización es indispensable realizar un control para verificar que efectivamente se ha logrado el objetivo, ya que si las malezas sobreviven luego se multiplicarán, haciendo más difícil su erradicación. Un seguimiento de las poblaciones de malezas año tras año nos permitirá evaluar su evolución y conocer la dinámica de ellas en el lote, dando la posibilidad de realizar planificación de monitoreos. Un aspecto no menor a la hora del manejo es conocer cuál es el período crítico de competencia, es decir, la etapa del ciclo del cultivo en el que la presencia de malezas reduce el rendimiento de manera considerable (Satorre *et al.*, 2010).

5. Departamento General San Martín: cultivos y manejo de malezas.

El departamento General San Martín se ubica en el centro de la provincia de Córdoba y se corresponde con la zona agroeconómica homogénea ZAH IX-A Villa María (terminología adoptada por la Red de Información Agropecuaria Nacional – RIAN–) y representa el 3% de la superficie provincial. Posee un relieve plano con pendientes hacia el este menores del 0,5% y es surcado por el Río Ctalamochita de oeste a este. El clima es templado, con temperatura media anual de 17°C y el régimen de lluvias oscila entre los 750 y 800 milímetros anuales con distribución estacional de tipo monzónico, produciéndose el déficit hídrico en el verano. Los suelos presentan una moderada variabilidad de unidades y complejos de suelos, predominando los haplustoles con un 60% de la superficie, los principales cambios se dan en los bajos y zonas de anegamiento frecuente. Predominan las capacidades de uso de Clase III y IV,

con un 68% y 11% de la superficie total de la zona respectivamente, por lo que las tierras son predominantemente agrícolas (Ghida Daza & Sanchez, Zonas agroeconómicas homogéneas Córdoba, 2009).

La zona históricamente se caracteriza por la presencia predominante de explotaciones tamberas con producción de carne bovina anexa, formando parte de una importante cuenca lechera (Villa María), pero este tipo de explotaciones ha disminuido considerablemente ante el avance de la frontera agrícola y la mala situación del complejo lechero en los últimos años, que llevó al cierre de varios establecimientos. En el presente, la región exhibe un aumento del perfil agrícola extensivo, siendo los cultivos de soja, maíz y trigo los más relevantes bajo el sistema de siembra directa. En soja y maíz las variedades utilizadas son genéticamente modificadas para tolerancia a herbicidas y/o resistencia a insectos. Según información estadística obtenida del Censo Nacional Agropecuario CNA 2008, las explotaciones agropecuarias (EAPs) con una superficie entre doscientas y quinientas hectáreas son las más cuantiosas (33% del total) seguidas por explotaciones entre cien y doscientas hectáreas (23%); a nivel provincial, el régimen de tenencia de la tierra se encuentra bajo la modalidad propietarios y sucesiones indivisas en un 60% del total y un 36% bajo alguna modalidad de contrato (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INDEC, 2008).

En la zona, los cultivos que se suceden en los lotes se alternan entre soja, maíz y, no en todos los casos, trigo. Según los datos obtenidos por la Dirección de Estimaciones Agrícolas y Delegaciones y publicados en el Portal de Datos Abiertos del Ministerio de Agroindustria, para el departamento General San Martín se puede inferir un rendimiento promedio de 25,6 quintales por hectárea (qq/ha) para el cultivo de soja; 70,3qq/ha para maíz y 22,8 qq/ha para trigo (considerando como base del cálculo desde las campañas 2000/2001 hasta 2015/2016).

Como sucede a nivel general, los productores realizan controles casi exclusivamente químicos para el control de malezas, con la aplicación de pocos principios activos (principalmente glifosato) y con dosis uniformes en el total de la superficie de los lotes.

6. El hombre y el medioambiente: desarrollo sustentable.

El hombre utiliza los recursos que brinda la naturaleza para su subsistencia, pero con el correr de la historia convergen dos aspectos, el crecimiento de la población mundial y la acumulación de actividades antropogénicas, que han colocado al planeta en desequilibrio (cambio climático, pérdida de biodiversidad, agotamiento de la capa de ozono, contaminación, desertificación, etc.), deteriorando la calidad de vida del ser humano (Enkerlin Hoeflich, Cano, Garza Cuevas, & Vogel Martínez, 1997). Ante esta problemática, surge la preocupación por desarrollar actividades productivas desde una visión integradora para conservar el medioambiente. El concepto de desarrollo sustentable a nivel mundial nace en los años ochenta, se reafirma en 1992 con la cumbre de Río de Janeiro (Aparicio *et al.*, 2015) y refiere al desenvolvimiento de actividades que permitan satisfacer las necesidades actuales sin condicionar las posibilidades de las generaciones futuras (SENASA, 2010). Se considera que para lograrlo se deben tener en cuenta tres ejes: la sostenibilidad ecológica (ecología, recursos naturales), sostenibilidad social (equidad de oportunidades, tanto intra como inter generacional) y sostenibilidad económica (eficiencia) (Enkerlin Hoeflich *et al.*, 1997).

Dada la importancia de la agricultura para la provisión de alimentos y la necesidad de aumentar su nivel de producción, la aplicación de estrategias sustentables en esta actividad se hace indispensable. Aunque se base en la utilización de recursos

naturales, se modifican artificialmente los ecosistemas en los que se desarrolla y Altieri y Nicholls (2000) consideran que esta perspectiva es la adecuada porque concibe al sistema agrícola desde lo ecológico, social y económico. Normalmente quienes se dedican a la agricultura se enfocan en la máxima rentabilidad económica a corto plazo dejando de lado en el análisis de costos las externalidades que se provocan (degradación del suelo, contaminación de aguas, emisión de dióxido de carbono, etc.) (Enkerlin Hoeflich *et al.*, 1997). Estas externalidades implican a largo plazo costos económicos, pues reparar un daño siempre será más costoso y difícil que conservar el medio, además de las penalidades que puedan ser aplicadas por las autoridades en función de las leyes vigentes. Respecto al aspecto ambiental legal, en Argentina, la Constitución Nacional (1994) en su Artículo 41, incorpora el derecho colectivo del goce de un ambiente adecuado para una buena calidad de vida y la obligación de recomponer el daño ambiental que se cause. Actualmente se encuentran en vigencia a nivel nacional la Ley General de Ambiente N°25.675 (2002) que contiene los presupuestos básicos para garantizar el artículo 41 mencionado anteriormente, y en la provincia de Córdoba las leyes N°7.343 (1985) que contiene los principios rectores para el cuidado del medio ambiente de la provincia) y Ley N° 10.208 Ley de Política Ambiental (2014).

En pos del desarrollo sustentable, la agricultura conservacionista (ej.: uso de la siembra directa) y la agricultura de precisión buscan reducir los impactos ambientales como la erosión de los suelos y la contaminación, respectivamente (Bongiovanni *et al.*, 2006). La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes (Enkerlin Hoeflich *et al.*, 1997) y la agricultura contribuye a ello con emisiones de dióxido de carbono por el uso de combustibles fósiles y con la aplicación indiscriminada de plaguicidas. Cuando referimos a los efectos de los plaguicidas, se deben tener en cuenta dos puntos: a) si bien se utilizan para controlar malezas o plagas

presentes en el cultivo, impactan también sobre el suelo y pueden afectar indirectamente a otros seres vivos se encuentren allí o en el aire o agua; b) representan un riesgo para la salud de las personas, por lo que muchos países han establecido límites a la presencia de residuos en aguas y alimentos de consumo humano (Aparicio *et al.*, 2015).

Una herramienta notable para calcular el impacto ambiental de los pesticidas la proporciona Eshenaur *et al.* (1992-2015): el cociente de impacto ambiental EIQ (por sus siglas en inglés de *Environmental Impact Quotient*) de los plaguicidas, la cual fue creada para que los productores pudieran conocer los impactos sobre el ambiente y la salud de las personas y así luego pudieran contrastar diferentes plaguicidas u opciones de manejo y seleccionar aquel que resulte menos nocivo. Su utilización es simple, multiplicando el EIQ por el porcentaje de principio activo que posea el herbicida a y la dosis a aplicar se obtiene la calificación de uso de campo que permitirá las comparaciones y está disponible en la web. Este cociente abarca muchas de las preocupaciones ambientales agrícolas, agrupados en los efectos sobre el trabajador, el consumidor y componentes ecológicos (peces, aves, abejas y artrópodos beneficiosos), contemplado la movilidad y perdurabilidad de las sustancias en el agua, aire y suelo (Kovach, Petzoldt, Degni & Tette; 1992).

7. Análisis económico

Toda actividad económica se realiza en pos de obtener un beneficio y requiere de la administración eficiente de recursos escasos para maximizar la rentabilidad de la empresa. Desde este enfoque, cuando se realizan análisis de carácter económico se tienen en cuenta ingresos efectivos y teóricos (por tenencia, diferencias de inventarios, etc.) y costos explícitos e implícitos. Dentro de estos últimos se encuentran los costos

de oportunidad que representan el costo de la mejor alternativa que deja de aprovecharse por utilizar el recurso en la actividad analizada, como por ejemplo, cuando se realice un cultivo sobre una superficie propia: esa superficie podría ser arrendada y obtener ingresos, los cuales se pierden por utilizar el campo para la alternativa seleccionada (Ghida Daza, 2009; Martínez Ferrario, 1995; Pindyck & Rubinfeld, 2009).

Costos. Métodos de costeo.

El término costo indica la retribución necesaria a los factores que se utilizan y mantienen en la producción. Éstos pueden clasificarse según:

- Comportamiento ante cambios en el nivel de producción en costos variables (su magnitud varía según los niveles de actividad) y costos fijos (su magnitud no varía mientras la empresa no cierre).
- Relación al proceso productivo en directos (pueden ser lógicos y fácilmente identificados con el producto, desde la mirada económica se tienen en cuenta cuando se incorporan físicamente, se desperdician o gastan por el uso en el proceso) e indirectos (no dependen de la actividad, existen por la empresa, no por la actividad en específico, como puede ser la retribución a un capataz).
- Alcance del proceso productivo: totales (de un establecimiento o de una actividad) y parciales (solo toma en cuenta una parte del proceso o empresa).

Cuando se analizan alternativas también pueden distinguirse costos relevantes y no relevantes, distinguiéndose los primeros por presentar variaciones si optamos por una u otra opción (Ghida Daza, 2009; Martínez Ferrario, 1995).

Los métodos de costeos indican la forma en que los costos se acumulan para lograr el producto o servicio objetivo de la actividad. Básicamente pueden diferenciarse dos modos: costeo directo o variable y costeo integral o por absorción. El primero, considera a los costos variables como atribuibles al producto y a los costos fijos como costos pertenecientes al periodo siendo un método sencillo y útil cuando los costos fijos no representan un elevado nivel. El costeo por absorción agrupa todos los costos necesarios para producir específicamente ese objeto dejando de lado las erogaciones de administración, financiación, etc. y, si bien es más exacto, es más complejo que el costeo variable. La elección entre uno u otro método dependerá de la situación particular y se debe buscar que la información que brinde sea lo más fiel posible a las situaciones, oportuna y apropiada a los objetivos, teniendo en cuenta la relación costo-beneficio de obtenerla (Martínez Ferrario, 1995).

Margen bruto.

Los indicadores económicos son del tipo monetario, pues al menos una de sus unidades es una moneda (ejemplo: pesos o dólares). Dentro de ellos, uno de los más utilizados para conocer el nivel beneficio económico que reporta una actividad es el margen bruto. Según Martínez Ferrario (1995), es una versión simplificada del sistema de costeo por absorción y representa la diferencia entre los ingresos brutos generados por la actividad y los costos directos para la obtención de la producción. La magnitud positiva que presente permitirá contribuir a los demás costos que deba afrontar la organización e incluso generar una ganancia y es expresada en relación de algún factor de producción, generalmente se utiliza pesos por hectárea (\$/ha.) en las producciones agrarias extensivas pues el factor tierra es el recurso limitante en este tipo de actividades. Este análisis es de corto plazo, parcial y permite evaluar el resultado de una

actividad particular o realizar comparaciones de alternativas que compiten por un recurso escaso (Ghida Daza, 2009). Los autores antes citados coinciden en advertir que el margen bruto tiene sus limitaciones por ser parciales y no tener en cuenta costos de carácter general a la empresa al analizar las actividades por separado, pero pueden tener importantes magnitudes y transformar amplios márgenes parciales en situaciones económicamente desfavorables.

Análisis: sensibilidad, comparación de alternativas, umbrales económicos.

Cuando se producen cambios en alguna variable productiva o de mercado o se incorpora tecnología a la producción, como pueden ser los drones para el relevamiento de datos y la aplicación sitio-específica de insumos, se producen variaciones en el margen dado por modificaciones en los ingresos y costos (cambio en el margen = variaciones en los ingresos – variaciones en los costos). Identificar y cuantificar estas variaciones es el objetivo del análisis. Los cambios en los ingresos pueden estar dados por varios factores: aumento de los rendimientos, mejoras en la calidad, mejoras en la logística y comercialización, modificación del precio del producto, etc. Entre las variaciones en los costos pueden mencionarse: variación de cantidad de insumos, costos de contratistas, capacitaciones, etc. Aunque parece simple, pueden existir dificultades: hay costos que tienden a ser ignorados y los beneficios no siempre son tan evidentes ni generalizados (Bongiovanni, R et al., 2006; Moltoni *et al.*, 2015).

Los análisis a su vez presentaran diferencias en cuanto al momento en que se realicen. Durante la planificación (ex ante) la información será estimada, pudiendo tomar como referencias información histórica, proyecciones de precios, etc. Una vez concluida la actividad (ex post) la información será más exacta, pudiendo obtener datos reales, verificar las desviaciones de lo presupuestado y utilizar esta información para

realizar una nueva planificación a futuro (Ghida Daza, 2009). Para el caso de planteos a futuro y comparación de escenarios, una herramienta utilizada es el análisis incremental. Este tiene en cuenta sólo aquellas variables relevantes, es decir, que presenten cambios entre una alternativa y otra. Tiene como objeto simplificar la toma de decisiones, focalizando la atención en aquellos puntos que permitirán marcar una diferencia (Horngren , Datar & Foster, 2007).

Cuando analizamos los distintos escenarios posibles y las variaciones que se producen es importante identificar cuáles son los umbrales económicos, es decir, en que situaciones la relación costo-beneficio se torna negativa. En el caso del manejo de malezas podemos ejemplificar con dos casos: cuando la pérdida causada por la presencia de malas hierbas es menor que el costo de una aplicación de herbicidas o cuando la presencia porcentual en el lote es tan alta y uniforme que no justifica realizar un mapeo y manejo sitio específico. Pese a esto, Labrada *et al.* (1996) explican que la decisión final de realizar o no el control depende también de otros factores, como por ejemplo la posible expansión del rodal de malezas o la creación de tolerancia a futuros manejos por su tamaño.

Metodología

Fuentes primarias

Participantes.

Se entrevistaron un total de diez personas, compuestas por ocho productores agrícolas (de los cuales seis realizan sólo agricultura, uno agricultura e invernada y uno agricultura y tambo) y dos ingenieros agrónomos, el rango de edades estuvo comprendido entre los 25 y 65 años. Los mismos fueron seleccionados a través de un muestreo no probabilístico intencional (Hernández, Fernández-Collado & Baptista, 2006; Morán & Alvarado, 2010) dentro del Departamento General San Martín.

Instrumentos.

Para obtener información, se utilizó una entrevista semiestructurada (Hernández *et al.*, 2006) orientada principalmente en dos temas principales: drones y aplicación de herbicidas. Respecto al primer tema se utilizaron preguntas disparadoras: ¿tiene conocimiento de los usos de los drones en agricultura?, ¿conoce los beneficios potenciales de estas herramientas para la gestión agrícola?, ¿utiliza drones en su explotación o explotación/es en que interviene?, ¿le interesaría conocer los beneficios que aportan?. En cuanto a la aplicación de herbicidas las consultas centrales fueron: ¿cómo monitorea el crecimiento de malezas?, ¿realiza aplicación de herbicidas en forma uniforme o variable?, ¿cuáles son los principales herbicidas que utiliza?, ¿cuáles considera que son los beneficios del uso variable de herbicidas para el control de malezas?.

Procedimiento.

Basada en un diseño fenomenológico (Hernández et al., 2006), se buscó conocer la percepción y conocimiento de los participantes sobre los temas involucrados. Para ello, se contactó vía telefónica a los sujetos seleccionados y se realizaron entrevistas en forma personal a través del diálogo verbal. Con los datos obtenidos, se procedió a determinar: a) utilización drones: qué grado de conocimiento, respecto a su utilización en agricultura, existe por parte de los principales actores involucrados en el manejo de los cultivos, si existe un interés real por conocer y adoptar la tecnología; b) control de malezas: forma de monitoreo, tipo de aplicaciones realizadas, principales productos utilizados. La información generada se unió a la recabada por fuentes secundarias para dar cumplimiento a los objetivos planteados.

Fuentes Secundarias

Estrategia de búsqueda de bibliografía.

La búsqueda de bibliografía se dirigió a: a) organismos nacionales: INTA, Administración Nacional de Aviación Civil e internacionales: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés: *Food and Agriculture Organization*), CropLife, etc.; b) revistas técnicas; c) trabajos de investigación previos en el uso de drones y aplicación sitio-específica de herbicidas; d) normativa a nivel nacional y provincial sobre regulación de uso de drones; d) literatura relevante; e) sitios web de empresas que comercializan drones y sensores en Argentina.

Criterios de Selección de Bibliografía.

Las fuentes utilizadas se seleccionaron según su pertinencia al objeto de estudio. Como el uso de drones en agricultura es relativamente nuevo, se tuvieron en cuenta también aquellas de origen internacional que permitieran servir de fundamento para el caso investigado.

Procedimiento de Análisis de Datos.

Para esta investigación de tipo exploratoria (Morán & Alvarado; 2010), se realizó un análisis cualitativo de la bibliografía. En la confección del marco teórico se delimitaron los conceptos centrales que se abordan en los objetivos, se realizó un análisis de contenido y se construyó una referencia que permita comprender la terminología utilizada. Luego, para dar cumplimiento a las metas se procedió a identificar las características de drones agrícolas disponibles en Argentina, para ello se catalogaron aquellos vehículos y sensores que están disponibles en el país y se analizó si permiten lograr la identificación de malezas en los cultivos extensivos. Seguidamente, para conocer la legislación que regula el uso de drones en el país, se indagó en la reglamentación vigente de los diferentes niveles gubernamentales (a nivel provincial se tomó la provincia de Córdoba) para determinar cuáles son los requisitos para su tenencia y vuelo y si existe alguna normativa específica para la actividad agrícola. A continuación, se integró la información obtenida de fuentes secundarias y primarias para deducir cómo el uso de drones integrado al manejo sitio-específico genera beneficios a nivel de mejoramiento productivo, gestión de recursos e información y demás aspectos técnicos así como los cambios en los impactos (en forma positiva o negativa) ambientales de este manejo versus un manejo tradicional de monitoreo y aplicación de herbicidas.

Con el fin de determinar los beneficios económicos que proporcionan el uso de drones, mapas de prescripción y la aplicación sitio-específica en controles químicos para el productor de cultivos tradicionales se construyó un escenario característico para cada cultivo (trigo, maíz y soja) basado en las recomendaciones proporcionadas por la bibliografía consultada sobre aplicaciones herbicidas para la zona geográfica en estudio, reducido a los productos que utilizan en forma cotidiana los productores entrevistados. Debido a que la aparición y evolución de malezas en un lote no puede ser predicha con exactitud ni tampoco los fenómenos climáticos que puedan afectarlas (como así también a los cultivos y por consecuencia su interacción) y que el presente informe pretende servir de base adaptable para las situaciones particulares, se optó por simplificar el esquema de aplicaciones a tres momentos: barbecho, presembrado y preemergencia. Luego, sobre las situaciones raíz de cobertura total, se establecieron diferentes escenas hipotéticas para el caso de realizar monitoreo con drones y aplicación sitio-específica de herbicidas, tomando como variables independientes el grado de enmalezamiento del lote y el precio de obtención de la imagen. Las situaciones planteadas, traducidas en términos económicos, se compararon en tres condiciones de enmalezamiento posible, para mostrar los cambios en el margen bruto que se producen entre el no control de las malezas, un tratamiento tradicional y un manejo con mapas de prescripción y aplicación variable; siendo el análisis de carácter incremental, se tomaron solo las variables relevantes (Horngren *et al.*, 2007) y se determinó en qué situaciones se hace justificable la incorporación de esta tecnología desde el punto de vista meramente económico. Como unidad de costeo se tomó la hectárea (ha.), dado que es el factor limitante en los cultivos extensivos y como moneda el dólar estadounidense (US\$) pues los productos finales (granos de trigo, maíz y soja) son commodities y su valor se determina principalmente a nivel internacional, así como los agroquímicos se

comercializan en esta moneda y se evitan distorsiones producidas por la fluctuación del tipo de cambio desde la fecha de elaboración del presente trabajo. El estudio se limitó:

a) geográficamente al departamento General San Martín de la provincia de Córdoba, área que presenta cierta homogeneidad en características climáticas, manejo productivo, cultivos realizados y malezas presentes y resistentes. b) Para el caso de productores y/o establecimientos que contraten los servicios de aplicación de agroquímicos y teledetección a través de drones.

Resultados

Capítulo 1. Drones para uso agrícola disponibles en Argentina.

Este capítulo muestra (en una lista no exhaustiva, dado el constante desarrollo de nuevos dispositivos tanto nacionales como importados) los principales drones con aplicabilidad agrícola que están disponibles en el mercado argentino. Se presentan las características esenciales que son de importancia a la hora de decidir cuál será el más adecuado a cada caso particular o si, en defecto, no es útil al objetivo agronómico buscado (en este caso, la detección de malezas).

Esta herramienta tiene un amplio espectro de utilidades, dentro y fuera de la agricultura, y la variedad ofrecida en el mercado es tan diversa que resulta necesario, como primer paso, identificar si dadas sus cualidades podremos detectar la presencia de malezas en un lote con destino al cultivo extensivo y luego realizar mapas que nos permitan aplicar en forma sitio-específica los herbicidas. Como explica Juan Pablo Vélez (integrante del equipo de Agricultura de Precisión del INTA) en la nota “*Drones para el Agro*”, los productores ante la diversidad de opciones deben saber que dron será conveniente y si realmente representa un beneficio su utilización. (Alonso, 2015).

Drones y sensores disponibles en el mercado argentino.

Partiendo de lo explicitado en la sección Marco Teórico, se analizaron las características principales de los drones a los cuales se puede acceder en Argentina. Respecto a los vehículos se identificó: autonomía de vuelo, su peso, capacidad de carga, velocidad alcanzada y otras características que lo distinguen. En la Tabla 1 se exponen las plataformas de ala fija y en la Tabla 2 los multirrotores.

Tabla 1.
Plataformas de ala fija presentes en Argentina.

	Explorer	eBee SQ	Trimble UX5	Asesor/5	Lancaster 5
Origen	Argentina	Suiza	Estados Unidos	Argentina	Estados Unidos
Tipo	Avión	Avión	Avión	Avión	Avión
Autonomía de vuelo (minutos)	40	55	50	50	45
Velocidad (km/h)	70	40-110	80	55	43-57. Máx: 79
Peso (kg)	3,5	1,1	2,5	-	2,4
Capacidad de carga	Múltiples cámaras	Una cámara	Una cámara	-	Múltiples cámaras, hasta 1,15 kg.
Otras características	Fuselaje desmontable.	Alas desmontables	-	Cobertura: hasta 450 has. En un vuelo	-

Fuente: Elaboración propia a partir de Estudio G&D (www.estudiogyd.com.ar), Runco (www.runco.com.ar/), FotoAérea (www.fotoaerea.com.ar), Taguay (taguay.com.ar/es), Goesistemas (www.geosistemassrl.com.ar), SenseFly (<https://www.sensefly.com/>).

Tabla 2.
Plataformas multirrotor presentes en Argentina.

	Vader X4	Mavrik X4	Phantom 4Pro	Trimble Z5
Origen	Sudáfrica	Sudáfrica	China	Estados Unidos
Hélices/rotores	4	4	4	6
Autonomía de vuelo (minutos)	< 50	<24	30	20
Velocidad (km/h)	72	65	72	-
Peso (kg)	10,2	2,95	1,4	2,7
Capacidad de carga	4 kg	1,5 kg		2,3
Otras características				Estable con vientos hasta 36 km/h

Fuente: Elaboración propia a partir de Estudio G&D (www.estudiogyd.com.ar), Runco (www.runco.com.ar/), FotoAérea (www.fotoaerea.com.ar), Taguay (taguay.com.ar/es), Goesistemas (www.geosistemassrl.com.ar).

Para el caso de los sensores (Tabla 3) se determinó la resolución espacial, espectral y velocidad de captura que presentan las cámaras más comúnmente utilizadas con objetivo agronómico.

Tabla 3.
Sensores fotográficos.

	Parrot Sequoia	Sony a6000	MicaSense Red Edge
Origen	Suiza	Importado	Estados Unidos
Resolución espectral	Multiespectral (Infrarrojo cercano, límite rojo, rojo, verde) y RGB	Luz visible	Multiespectral (Verde, Azul, Rojo, Rojo Edge, de infrarrojo cercano)
Resolución espacial	11 cm/píxel a 120 metros altura	-	8 cm/píxel a 120 metros altura
Velocidad captura	1 captura / segundo	11 capturas / segundo	1 captura / segundo
Peso (gramos)	107	344	150
Otras características	Multiespectral: 1,2 megapíxeles RGB: 16 megapíxeles	24,3 megapíxeles.	-

Fuente: Elaboración propia a partir de FotoAérea (www.fotoaerea.com.ar), Goesistemas (www.geosistemassrl.com.ar).

Dadas las características de los sensores, la combinación con la altura y velocidad de vuelo, permite inducir la calidad de las imágenes y rendimientos del vuelo. Por ejemplo: utilizando un vehículo eBee SQ equipado con una cámara Sequoia se pueden cubrir 200 hectáreas en un vuelo con resoluciones de 3,1 cm por píxel en RGB (altura 120 metros); en el caso de un avión Trimble UX5 equipado con una cámara Red Edge (configurada con un 70% de superposición de imágenes) se pueden monitorear en un vuelo 170 hectáreas a una altura de 120 metros y obtener píxeles de 8,2 cm., bajando la altura a 90 metros la superficie se reduce a 120 hectáreas pero la resolución aumenta a 6,1 cm/píxel. (SenseFly: <https://www.sensefly.com/drones/ebec-sq.html>; Runco: <http://www.runco.com.ar/Trimble-UX5-Multiespectral.html>).

Conclusiones parciales.

Se concluye que el productor cuenta en Argentina con una gama versátil de drones para elegir de acuerdo a su necesidad y es posible lograr condiciones de vuelo (altura y velocidad) y resoluciones suficientes como para detectar malezas aún en estadios pequeños. Los vehículos de ala fija presentan en general una autonomía y

velocidad de vuelo mayores, permitiendo una cobertura más extensa de superficie (importante en el caso de cultivos extensivos) aunque las alturas de vuelo son superiores que la de multirrotores y si la cámara no presenta una resolución espacial adecuada, la detección de malas hierbas se verá afectada (sobre todo en estadios tempranos donde las malezas son pequeñas y más fácilmente erradicables). Por parte de los multirrotores, serán esenciales a la hora de mapear lugares que presenten obstáculos e impidan el libre vuelo de los modelos de ala fija.

Capítulo 2. Normativa y regulación para utilización de drones.

La aparición de los UAS en el espacio aéreo y sus singulares características han hecho necesario elaborar una normativa para regular su presencia y coexistencia con los aparatos de aviación tripulada existentes en espacios no segmentados y aeródromos.

A nivel internacional, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) aún está en proceso de elaboración de normas y metodologías recomendadas. Esta entidad incluye, según su nomenclatura, dentro de los sistemas de aeronaves no tripuladas a: a) aeronaves que se pilotan a distancia (RPA), b) aeronaves plenamente autónomas, c) combinación de las anteriores e indica que solamente las primeras podrán incorporarse al sistema de aviación civil en un futuro cercano.

En el país, la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC) ha desarrollado, dadas sus facultades, un Reglamento Provisorio a través de la Resolución 527/2015 (B.O. 15/7/15 N°33171) originada en la ausencia de normativa internacional a la cual alinearse y a la necesidad imperiosa de proveer un ordenamiento interno ante el avance de la industria, comercialización y uso de los drones (a nivel mercantil y recreativo). Este reglamento (Anexo de la resolución mencionada) alcanza a todo el territorio nacional (incluidas aguas y espacio aéreo sobre la cual el Estado Argentino

tenga jurisdicción) y aplica a todos los vehículos aéreos no tripulados, las personas que los operen (o formen parte de la tripulación remota) y realicen tareas de mantenimiento y reparación de los mismos. La norma distingue entre: VANT autónomos (su vuelo opera sin intervención de piloto), VANT pilotados a distancia y sistemas de vehículos aéreos pilotados a distancia (comprende al complejo de elementos: vehículo, estaciones de piloto remoto y componentes que se requieran durante el vuelo) y los clasifica según su peso vacío en: pequeños (hasta diez kilogramos), medianos (entre diez y ciento cincuenta kilogramos) y grandes (más de ciento cincuenta kilogramos).

Limitaciones de operación.

Las actividades de operación deben llevarse a cabo en espacios aéreos segregados autorizados por la ANAC, en horario diurno (se considera, a los efectos del reglamento, al período comprendido entre el comienzo del crepúsculo civil matutino y el final del crepúsculo civil vespertino –cuando el centro del disco solar se halle 6° debajo del horizonte en ambos casos– u otro período entre la salida y puesta del sol que estime la autoridad que corresponda), en condiciones meteorológicas que permitan una operación segura y manteniendo la visibilidad directa continuada con el vehículo. En cuanto a las distancias la normativa establece:

- Altura máxima: 122 metros (400 pies) sobre el nivel del suelo en áreas autorizadas y no comprendidas en otros supuestos. En el caso de espacios controlados o en un radio de cinco kilómetros del centro geométrico de pistas de aeródromos, la altura se reduce a 43 metros (140 pies).

- Lateral mínimo: un kilómetro del límite lateral de corredores para operaciones con reglas de vuelo visual y de helicorredores; 500 metros en caso de helipuertos.

Dentro de las prohibiciones se encuentran:

- a) Operación de vehículos exclusivamente autónomos, cualquiera sea su fin.
- b) Operación en espacios controlados, helicorredores, corredores visuales, áreas sensibles a ruidos, zonas restringidas, zonas peligrosas, zona de influencia de sendas de aeródromo, zonas densamente pobladas o muchedumbre.
- c) Operación nocturna.
- d) Realización de vuelos acrobáticos.
- e) Operación simultánea de más de un vehículo desde una estación pilota remota.
- f) Transporte de personas o carga, exceptuada aquella carga que fuera imprescindible para realizar la actividad autorizada (ejemplo: cámara fotográfica).

En caso de los incisos b), c) y d), la autoridad aeronáutica competente puede otorgar permisos especiales según las necesidades particulares de operación y las medidas de seguridad provistas.

Requisitos para operar un dron.

El reglamento provisorio establece que para operar se deben cumplir con tres requisitos:

- a) Inscripción del vehículo aéreo no tripulado en el Registro Nacional de Aeronaves. Según la Disposición 175/2015 (B.O. 24/11/15 N°33.263), las reglas para su registración serán iguales a las estipuladas para aeronaves convencionales y se establece el formulario modelo para declarar la propiedad. Una vez inscripto se debe fijar una placa identificativa al dron y estación de piloto remota que lo controle.
- b) Autorización como miembro de tripulación remota (operador u observador). Se requiere ser mayor de edad, presentar certificado de aptitud psicofisiológica (incluida: visual, auditiva y motricidad fina, renovación cada dos años), y demostrar conocimientos pertinentes a la reglamentación y aptitud para la pericia en el manejo del vehículo a través de exámenes que disponga la autoridad aeronáutica.
- c) Autorización de operación con vehículos aéreos no transportados. Para obtenerla es requisito contar con: manual de operaciones, sistema de gestión de riesgos (que deben cumplimentar mínimamente con la información detallada en el Art. 14 del Reglamento Provisional) y un seguro de responsabilidad por daños a terceros (cobertura mínima de riesgo: dos mil argentinos oro para vehículos de hasta una tonelada, equivalentes a \$9.420.740,00 para el cuarto trimestre de 2016, según cotización obtenida del sitio web del Banco Central de la República Argentina BCRA)

Cuando se trate de vehículos pequeños y cuyo fin sea recreativo o deportivos (por entretenimiento, goce, pasatiempo, con fines terapéuticos y sin ninguna otra motivación. Excluye la fotografía, filmación, observación no consentida o molestia a terceros o de sus bienes o pertenencias y la realización de tareas análogas al trabajo

aéreo con o sin fines de lucro) y se opere a una altura de hasta 10 metros sin la presencia de personas ajenas a la tripulación en un radio de 30 metros, se establecen algunas excepciones: la edad necesaria para operar se reduce a 16 años (debe contar con supervisor responsable mayor de edad), no es necesaria la inscripción del dron en el registro especial ni la cobertura de riesgos, tampoco el manual de operaciones y sistema de gestión de riesgos.

Responsabilidades.

Las responsabilidades por la acción del vehículo aéreo no tripulado y cumplimiento de las normas vigentes recaen sobre quienes lleven a cabo las actividades o sean facilitadores. En el caso de causar algún daño debe ser reparado por los responsables según el derecho común y en caso de faltas o infracciones, se aplica el régimen de faltas aeronáuticas que se encuentre vigente. Como consecuencia de cometer alguna infracción al Reglamento, este régimen contempla la multa e inhabilitación preventiva y temporal y, sin perjuicio de ello, en caso de haber algún damnificado, éste puede iniciar acciones judiciales contra el titular y/u operador del dron.

Conclusiones parciales.

A nivel provincial y municipal no hay reglamentación respecto a la utilización de drones, la actividad queda sujeta a las disposiciones nacionales y lineamientos de la ANAC y la OACI. Un tema importante sobre el cual deberá trabajarse es respecto a la autonomía de los drones, ya que su uso actualmente está limitado por la normativa.

Dados los requisitos de la reglamentación y el objetivo agronómico que pretende analizar el presente trabajo, puede inferirse que en el sentido técnico y operacional, la limitación de altura de vuelo no presenta mayores problemas (pues

pueden operar dentro de la altura permitida) y la posibilidad de molestias o daños a terceros es mínima ya que los vuelos se realizan en espacios rurales (a excepción de establecimientos adyacentes a zonas urbanas o aeródromos), como contrapunto, se debe tener especial atención con la autonomía de vuelo del dron a utilizar, verificando que en un vuelo programado el piloto remoto pueda tomar el control ante cualquier contingencia. En el sentido económico, un punto crucial es el requerimiento del seguro (con una cobertura por un monto de casi 9,5 millones de pesos) que puede elevar los costos de mantenimiento en forma significativa para un productor pequeño o mediano, haciéndose más justificable en el caso de un prestador de servicios que intensifica su uso y licúa el costo de este concepto.

Capítulo 3. Beneficios técnicos, productivos, ambientales y sociales.

Cuando se incorpora una nueva tecnología en el proceso productivo, si bien tiene una principal finalidad económica, existen cambios en otros aspectos que merecen y deben ser contemplados para la toma de decisiones aunque sean difíciles de cuantificar, los cuales se abordan en este capítulo. Como se ya se comentó, la toma de decisiones en agricultura debe enfocarse en un plazo que abarque más de una campaña productiva para lograr la sustentabilidad del sistema y que a su vez no representen tareas dificultosas de realizar, tal es el caso de la obtención de los mapas de malezas (Moltoni *et al.*, 2015) que se realiza a través de muestreos a campo (Leguizamón, 2012).

Aspectos técnicos y productivos.

Dentro de los aspectos técnicos, se encontró que el uso de drones para realizar monitoreos de cultivos presenta una principal ventaja que es el ahorro de tiempo, ya que

permite obtener datos precisos de grandes extensiones en un vuelo y hacerlo a demanda (aún en días nublados), definiendo las resoluciones según las necesidades en cada caso (Berreiro & Valero, 2014; Berrío *et al.*, 2015; DiLeo, 2015), siendo hasta el momento según Moltoni *et al.* (2015) el principal factor por el cual en Argentina no se realiza la aplicación sitio-específica de herbicidas. Por otra parte, la detección de malezas a través de las imágenes generadas tiene un alto porcentaje de eficiencia, superiores al 80%, según los trabajos realizados por López Granados (2013), algo que resulta difícil de alcanzar con recorridas a campo ya que los efectos de las malezas no se detectan rápidamente porque los daños no son tan evidentes como en el caso de las plagas o enfermedades (Leguizamón, 2012) y se necesitaría de un exhaustivo monitoreo que dejaría de ser oportuno, más aun cuando se trate grandes extensiones y con el cultivo emergido. A razón de lo evidenciado, esta herramienta permite realizar un monitoreo rápido y eficaz, siendo viable planificar un diagnóstico temprano y la posibilidad de tomar las medidas para erradicar las malezas en forma oportuna y eficiente a través de las aplicaciones sitio-específicas de herbicidas, sobretudo en épocas críticas del año (DiLeo, 2015; SENASA, 2010). Una vez logrados los mapas de prescripción, se facilita la aplicación de herbicidas en la superficie afectada con malezas. Este tratamiento en forma variable presenta beneficios: reduce la superficie de barrido, el tiempo que requiere la labor es menor, se reduce el consumo de combustibles, agua y herbicidas con su consecuente disminución en los costos. A su vez, Leguizamón (2012) expresa que las malezas son un inconveniente que va más allá de una campaña agrícola, por ello utilizar la dosis correcta y solo donde es necesario reduce la generación de resistencia, evitando un manejo más agresivo en un futuro (Bongiovanni *et al.*, 2006; Berrío *et al.*, 2015). Un beneficio importante del control de malezas se muestra cuando el cultivo llega a cosecha limpio: es más fácil su recolección, limpieza y secado (ya que

la presencia de malezas retrasa la disminución de humedad del grano) permitiendo que la calidad final de lo producido sea mayor (Satorre *et al.*, 2010; Bongiovanni *et al.*, 2006). La obtención de imágenes y los tratamientos herbicidas realizados permiten crear historial de cada lote (Agüera Vega & Pérez Ruiz, 2013), siendo una base de información fundamental para conocer la evolución de los rodales de malezas, futuros monitoreos y tomas de decisiones.

A nivel productivo, el correcto tratamiento de las malezas permite evitar las pérdidas que éstas producen en el cultivo, tanto en el rendimiento como en la calidad del grano y por consecuencia, en el resultado económico (Satorre, 2010). Este es un punto de difícil cuantificación, ya que las pérdidas potenciales por la presencia de malezas dependen del nivel de recursos disponibles, la o las especies que se traten, su densidad y el cultivo implantado (Satorre, 2010; Leguizamón, 2012).

Aspectos ambientales y sociales.

Los aspectos ambientales no han sido tenidos en cuenta por parte de los productores agrícolas hasta que el impacto que sus actividades causan fue evidente y se conocieron estudios y ensayos que lo demostraron. Ante el aumento del interés de la sociedad por el cuidado del medioambiente y su salud, se han creado conflictos sociales (Moltoni *et al.*, 2015). Con el manejo propuesto en este trabajo, pueden considerarse varias ventajas. El uso de los drones permite obtener las imágenes sin utilización de combustibles fósiles ya que funcionan con baterías que se cargan eléctricamente y con un nivel de ruido muy bajo (Berrío, *et al.*, 2015; Di Leo, 2015; Krzysztof, 2011). En cuanto a la aplicación variable de herbicidas el principal beneficio está dado por la reducción del nivel de agroquímicos liberados al medioambiente, ya que (a diferentes niveles) todos los agroquímicos producen un impacto ambiental (Leguizamón, 2012;

Bongiovanni *et al.*, 2006; Moltoni *et al.*, 2015) y la menor emisión de contaminantes por la reducción del uso de combustibles al realizar las aplicaciones. Si además de utilizar menos herbicidas se buscan productos y programas que posean un EIQ menor, a largo plazo podrá llegarse a un manejo de malezas que sea neutro en el medioambiente (Kovach *et al.*, 1992). Con un manejo más racional, sustentable a largo plazo e inocuo para la seguridad y salud humana podrán disminuirse los constantes conflictos sociales que hoy se desatan por los efectos (directos e indirectos) de las aplicaciones de pesticidas en la salud de las personas.

Conocimiento de los entrevistados sobre los beneficios.

De la totalidad de los entrevistados ninguno utiliza actualmente drones en su explotación (o explotaciones en que participa en el caso de los ingenieros agrónomos) aunque todos expresaron conocer la herramienta dada la amplia difusión que tiene en los eventos sociales para filmación y fotografía (especialmente drones multirrotores). Respecto al uso que tiene en agricultura, y específicamente en el monitoreo de malezas, sólo algunos presentaron una idea aproximada de la utilidad que brinda, aunque se notó una percepción general de que la posibilidad de acceder al uso o contratación del servicio resulta oneroso, además de la ausencia de prestadores en la zona cercana. En cuanto al manejo de malezas, realizan aplicaciones de cobertura total en tres momentos claves (barbecho, pre-siembra y post-emergencia) y se suman otras en el caso de años climáticamente particulares o ante el escape de algunos ejemplares de malas hierbas. El total de los entrevistados manifestó conocer los impactos de los agroquímicos y dedujo como principal beneficio de la aplicación variable la reducción del volumen de productos a utilizar e infirió que mermaría los problemas sociales, mayormente aquellos que poseen establecimientos cercanos a las zonas urbanas. Así mismo, pronunciaron

que el obstáculo que impide realizar este tipo de aplicaciones es el mapeo de malezas, pues relevar un lote (recorriéndolo a campo) en forma íntegra se torna engorroso y prolongado en el tiempo y como la evolución de los manchones de malezas es difícil de estimar, deberían realizarse todas las campañas. Finalmente, mostraron gran interés en conocer todos los beneficios y posibilidades que brinda la incorporación de la tecnología al manejo en cultivos extensivos, fundamentalmente desde el aspecto económico.

Conclusiones parciales.

El análisis realizado permitió observar que son múltiples los beneficios por la utilización de drones y la aplicación sitio específica de herbicidas en cultivos extensivos. El uso de drones para la obtención de mapas de malezas facilita la tarea, lo hace en tiempos breves para dar lugar a toma de decisiones oportunas y certeras (dada la alta precisión que puede obtenerse en la detección de malezas aun en cultivos emergidos) y sin generar impactos ambientales notorios. Además, al realizar aplicaciones en forma específica se reducen los herbicidas liberados al ambiente a lo justo y necesario para combatir las malezas presentes, disminuyendo la presión selectiva y por consiguiente la creación de resistencias (lo que a través del tiempo requeriría un manejo más agresivo y costoso) conjuntamente a la merma del impacto ambiental que se produce. A nivel productivo se reducen las pérdidas de rendimiento que pueden ocasionar las malezas y llegar a final del ciclo del cultivo con una parcela limpia, permitiendo realizar la labor de cosecha en forma más eficiente y lograr una calidad final mejor. Finalmente, a través del tiempo, la información obtenida en las sucesivas campañas crea un historial del lote, proporcionando una excelente base para

los manejos y decisiones futuras apuntando a la búsqueda de lograr la sustentabilidad de la explotación.

Es relevante destacar que si bien presenta muchos beneficios el manejo planteado respecto al manejo tradicional, existe una escasa información por parte de los entrevistados respecto al uso de drones en agricultura extensiva y una dificultad de acceder al servicio de las imágenes al no poseer prestadores del mismo en la cercanía. Esto último es crucial dado que, sin el mapa de prescripción será difícil la aplicación variable de herbicidas.

Capítulo 4. Determinación de beneficios económicos.

Una vez identificados los beneficios y variaciones en términos productivos, técnicos y ambientales que produce el uso de drones para generar mapas de prescripción de herbicidas y la aplicación variable de los productos en el lote, se tradujo a términos económicos los cambios que se ocasionan respecto al tratamiento tradicional (cobertura total) de malas hierbas en la zona de estudio. En este examen económico no se han contemplado los impactos ambientales, dada su dificultad de determinar, mucho más a rasgos generales, pues dependerá de cada situación particular. Para el análisis, partiendo de un manejo tradicional de cobertura total para cada cultivo en un año de características climáticas normales, se tomaron como variables independientes el precio de la obtención del mapa de prescripción y el grado de enmalezamiento del lote y se realizó un análisis de sensibilidad que permitiera ver como influían las variaciones de éstas en los costos del tratamiento total de malezas para una campaña, comparando ambos manejos y las pérdidas de rendimiento que se producirían si no se controlaran las malezas. Se muestra también como cambia el margen bruto en cada caso para tres escenarios diferentes.

Resultados económicos en maíz.

Partiendo de una situación de manejo de malezas ejemplo para tres momentos del ciclo de cultivo de maíz (Tabla 4), se calculó el costo total del tratamiento (U\$S/ha) para comparar cuatro opciones: aplicaciones de cobertura total (TCT) y tratamiento sitio específico de malezas con obtención de mapas de prescripción por servicio de drones, dándole a este último tres valores de referencia (TV1= U\$S1/ha., TV2= U\$S2/ha. y TV3= U\$S3/ha.) en función de lo estipulado por Moltoni *et al.* (2015) y valores en el mercado en otras regiones del país (Figura 2).

Tabla 4.

Situación base para control de malezas en cultivo de maíz: herbicidas y dosis por hectárea.

	Barbecho	Presiembra	Post emergencia
Glifosato 66%	1,6	2	2
Atrazina 90%	2		2
2,4D	0,5		
DiCamba		0,15	

Fuente: Elaboración propia a partir de Eyherábide (2012) y entrevistas realizadas.

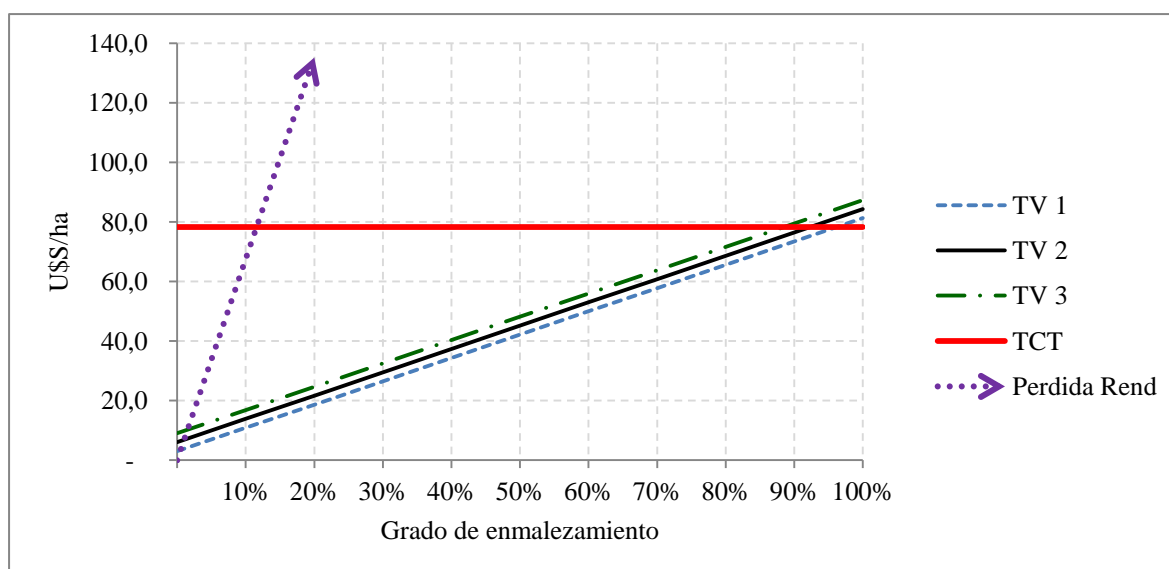


Figura 2. Comparación de costos en cultivo de maíz. Fuente: Elaboración propia a partir de entrevista a productores, Mercosur.com (<https://www.mercosur.com/es/precios-de-referencia/>), Bolsa de Comercio de Rosario (2016) y Leguizamón (2012).

Para el cálculo se tuvo en cuenta el costo de herbicidas (según principio activo), servicio de aplicación agroquímicos (U\$S5/ha.) y obtención de imágenes según se

requiera en cada caso según el grado de enmalezamiento. En la Figura 2 puede apreciarse que en casi todas las situaciones conviene realizar un tratamiento variable a pesar de tener el costo de la obtención de la imagen, igualándose cuando la presencia de malezas es igual o superior al 90% de la superficie. Además se muestra una comparación con las pérdidas económicas ocasionadas por la disminución de rendimiento dada por el no tratamiento de malezas, partiendo de un 65% de pérdidas para el caso de una infestación total de malezas (Leguizamón, 2012) y suponiendo una relación lineal entre pérdidas y grado de enmalezamiento (Palau *et al.*, 2015). Para un precio de referencia de 14,8 U\$\$/qq y un rendimiento promedio de la zona de 70,3qq/ha, desde el punto de vista solamente económico se justificaría realizar un tratamiento de cobertura total a partir del 10% de enmalezamiento y en todas las situaciones un tratamiento variable.

Tabla 5.

Margen bruto para cultivo de maíz según tipo de tratamiento y grado de enmalezamiento.

	Grado enmalezamiento (%)		
	20	50	80
Sin tratamiento	905	702	499
Cobertura Total	962	962	962
Tratamiento variable 1	1.022	998	975
Tratamiento variable 2	1.019	995	972
Tratamiento variable 3	1.016	992	969

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5 se muestra como el margen bruto se relaciona negativamente con el nivel de malezas presentes y que las situaciones más positivas son la de realizar un tratamiento variable (con el menor costo de obtención de imagen) en cualquiera de los escenarios propuestos. A su vez, las diferencias serán más notorias a favor de los tratamientos variables si el valor del grano, de los herbicidas o ambos es superior y en contra si el valor del servicio de drones y obtención del mapa es el que aumenta.

Resultados económicos en soja.

Partiendo de una situación de manejo de malezas ejemplo para tres momentos del ciclo de cultivo de soja (Tabla 6), se calculó el costo total del tratamiento y se comparó procediendo de la misma manera que para el cultivo de maíz (Figura 3).

Tabla 6.

Situación base para control de malezas en cultivo de soja: herbicidas y dosis por hectárea.

	Barbecho	Presiembra	Post emergencia
Glifosato 66%	1,6	2	2
Atrazina 90%	2		
2,4D	0,5		
Flumioxazin		0,15	
Dicamba		0,15	
Lactofen			0,15

Fuente: Elaboración propia a partir de INTA (1997a) y entrevistas realizadas.

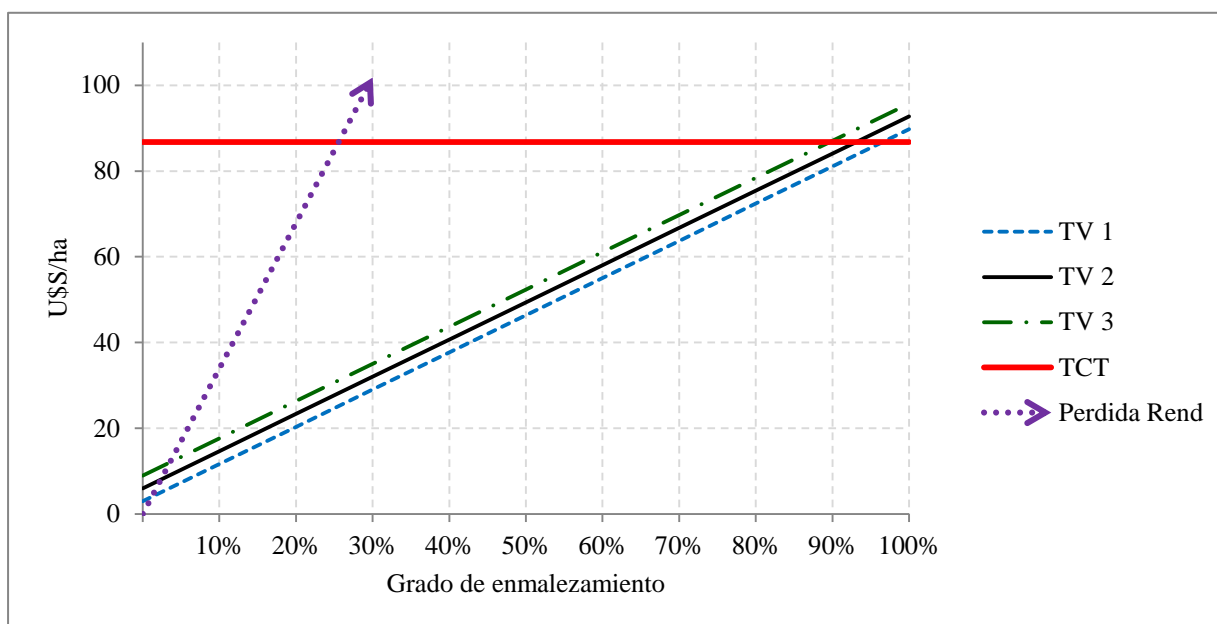


Figura 3. Comparación de costos en cultivo de soja. Fuente: Elaboración propia a partir de entrevista a productores, Mercosur.com (<https://www.mercosur.com/es/precios-de-referencia/>), Bolsa de Comercio de Rosario (2016), Leguizamón (2012) y Palau *et al.* (2015).

En la figura 3 puede apreciarse que, como en el cultivo anterior, los costos al usar mapas de prescripción y aplicación sitio-específica de herbicidas son menores a un tratamiento tradicional en grados de enmalezamiento de hasta 90%-95% (según el valor de la imagen). En cotejo con las pérdidas económicas por la mengua del rendimiento,

partiendo de un 50% de pérdidas para el caso de una alta infestación de malezas (Satorre *et al.*, 2010; Palau *et al.*, 2015), un precio de referencia de 26,5 U\$/qq y un rendimiento promedio de la zona de 25,6qq/ha, desde el punto de vista solamente económico se justificaría realizar un tratamiento de cobertura total a partir del 25% de enmalezamiento y en todas las situaciones un tratamiento variable.

Tabla 7.

Margen bruto para cultivo de soja según tipo de tratamiento y grado de enmalezamiento.

	Grado enmalezamiento (%)		
	20	50	80
Sin tratamiento	611	509	407
Cobertura Total	592	592	592
Tratamiento variable 1	658	632	606
Tratamiento variable 2	655	629	603
Tratamiento variable 3	652	626	600

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7 se muestran las mismas relaciones que para el caso del cultivo de maíz, verificando mejoras en el margen bruto de ente U\$63, U\$37 y U\$11 por hectárea (según grado de enmalezamiento, respectivamente) utilizando un tratamiento variable con valor medio de obtención de imagen en razón a un tratamiento tradicional de cobertura total.

Resultados económicos en trigo.

En la Tabla 8 se muestra una situación de manejo de malezas ejemplo para dos momentos del ciclo de cultivo de trigo (en este caso solo se presentan dos momentos dado que con el barbecho no es necesaria la aplicación de herbicidas en presiembra) se calculó el costo total del tratamiento y se comparó procediendo de la misma manera que para los cultivos precedentes (Figura 4).

Tabla 8.

Situación base para control de malezas en cultivo de trigo: herbicidas y dosis por hectárea.

	Barbecho	Post emergencia
Metsulfuron	4,0	3,0
Glifosato 66%	1,6	
2,4D	0,5	0,5

Fuente: Elaboración propia a partir de INTA (1997b) y entrevistas realizadas.

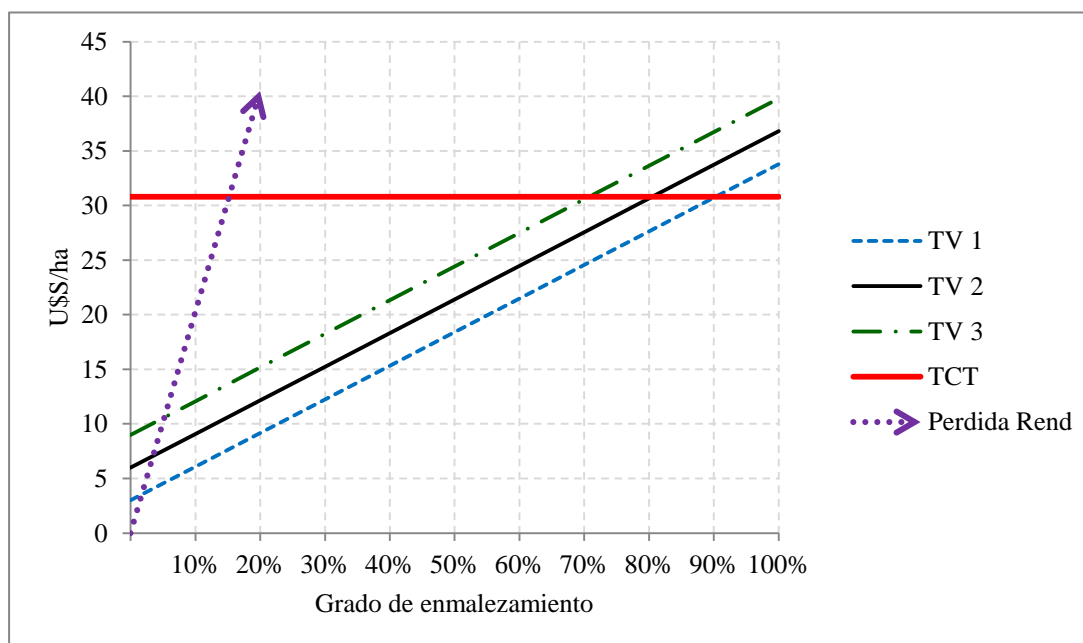


Figura 4. Comparación de costos en cultivo de trigo. Fuente: Elaboración propia a partir de entrevista a productores, Mercosur.com (<https://www.mercosur.com/es/precios-de-referencia/>), Subsecretaría de Mercados Agropecuarios del Ministerio de Agroindustria de la Nación Argentina (<http://www.minagri.gob.ar/>) y Palau *et al.* (2015).

En el caso del cultivo de trigo, dado el menor costo de los principios activos utilizados, los niveles a partir de los cuales es conveniente el uso de drones y aplicación sitio-específica de herbicidas bajan a 70 – 90% de enmalezamiento y hay una diferenciación mayor entre las situaciones variables planteadas (según costo de obtención de la imagen). Respecto a las pérdidas ocasionadas en el rendimiento por no tratar de erradicar las malezas presentes, con un un precio de referencia de 14,8 U\$S/qq y un rendimiento promedio de la zona de 22,8 qq/ha, desde el punto de vista solamente económico se justificaría realizar un tratamiento de cobertura total a partir del 15% de enmalezamiento y de un 0 a 5% en el caso de los tratamientos variables.

Tabla 9.

Margen bruto para cultivo de trigo según tipo de tratamiento y grado de enmalezamiento.

	Grado enmalezamiento (%)		
	20	50	80
Sin tratamiento	297	236	175
Cobertura Total	307	307	307
Tratamiento variable 1	328	319	310
Tratamiento variable 2	325	316	307
Tratamiento variable 3	322	313	304

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 9 se identifican mejoras en el margen bruto más pequeñas que para los cultivos analizados anteriormente, constatando que a niveles de 80% de enmalezamiento utilizando un tratamiento variable con valor medio de obtención de imagen en razón a un tratamiento tradicional de cobertura total el margen no varía.

Conclusiones parciales.

Para los casos analizados, se muestra una gran conveniencia económica de la utilización de drones para obtener mapas de prescripción y la aplicación sitio-específica de herbicidas. Teniendo en cuenta a Moltoni *et al.* (2015), raramente se observan enmalezamientos superiores al 80%, menos aún si las campañas anteriores han sido tratadas las malezas, por lo que se demuestra que este manejo es mejor en términos económicos que un tratamiento de cobertura total como realizan los productores en la actualidad. Es importante destacar que las situaciones planteadas sirven a modo de ejemplo y luego cada productor deberá realizar un análisis ajustado a su realidad (productos utilizados y precios conseguidos, rindes alcanzables de su explotación, especies de malezas presentes, etc.).

Discusión

El presente trabajo consideró un objetivo principal: la determinación de beneficios económicos al incorporar drones para obtener imágenes de calidad suficiente como para mapear malezas en cultivos extensivos y realizar un control sitio-específico de herbicidas. Los resultados obtenidos permitieron ir cumpliendo con los objetivos parciales y arribar a una conclusión general positiva respecto a las ventajas económicas que presenta este manejo.

En primera instancia se determinó que tanto drones (de ala fija y rotatoria) como sensores fotográficos requeridos para llevar a cabo el relevamiento se encuentran presentes en el mercado argentino y con las características necesarias. Esto permite obtener imágenes con resoluciones espaciales centimétricas en múltiples espectros y monitorear con precisión mayor al 80% más de 100 hectáreas en un vuelo. Su utilidad es significativa, ya que el relevamiento de malezas en cultivos extensivos no se realiza actualmente en la zona de estudio por el gran esfuerzo y tiempo que supone el muestreo (que además presenta un margen de error alto dado que la distribución de malezas en un lote no está distribuida en forma uniforme y su evolución de un año a otro está dado por muchos factores que el productor no puede controlar). Luego se corroboró que las leyes vigentes a la fecha de investigación son de alcance nacional (no hay reglamentaciones provinciales o municipales) y permiten utilizar los drones para el fin agronómico buscado siempre y cuando se registre el vehículo y el piloto esté autorizado para volarlo. Respecto a lo operacional, existen limitaciones de altura de vuelo (120 metros) y de cercanía a zonas urbanas o aeródromos, lo que no presenta mayores inconvenientes pues estas herramientas pueden operar a elevaciones menores que la permitida y se realizan los trabajos en espacios rurales, pero si será importante verificar

que el piloto remoto pueda interferir en el vuelo en cualquier momento ya que los vuelos totalmente autónomos están restringidos.

Como se probó la disponibilidad y posibilidad de incorporar esta herramienta al manejo de los cultivos extensivos para generar mapas de malezas y así aplicar herbicidas en forma sitio-específica, se expuso cuáles son los principales beneficios a nivel técnico, productivo, ambiental y social que pueden obtenerse en pos de realizar producciones agrícolas cada vez más sustentables. La reducción de herbicidas, agua y combustibles utilizados al aplicar según las necesidades, sumado a la rapidez de la obtención de imágenes y así tomar decisiones oportunas con información eficiente se muestran como las principales ventajas técnicas y que se derivan en beneficios ambientales al disminuir la emisión de contaminantes al ecosistema en el presente y evitar la necesidad de realizar controles de malezas más agresivos por la generación de resistencias a los principios activos en el futuro. Desde el punto de vista productivo, se evitan las pérdidas tanto en cantidad como en calidad de los granos cosechados por la competencia y la presencia de cuerpos extraños respectivamente. Obtener más alimento para la población humana en constante aumento, con mejor calidad e inocuidad para la salud y menor impacto ambiental orienta a reducir los actuales problemas sociales por realización de actividades agrícolas con objetivos principalmente económicos.

Finalmente, se tradujeron los beneficios anteriores a términos económicos. Planteando situaciones ejemplo de las aplicaciones que realizan los productores en estudio, se construyeron escenarios que permitieran comparar la práctica tradicional de cobertura total (sin mapeo de malezas) con el manejo de malezas en forma específica (mapeo de malezas con drones y aplicación variable de herbicidas) para los tres cultivos extensivos principales (maíz, soja y trigo), lo que demostró ventajas de la segunda opción en niveles de hasta 90% de enmalezamiento para maíz y soja y 70-90% en trigo.

Respecto a los márgenes brutos, para un 50% enmalezamiento, un tratamiento variable con valor de obtención de imágenes medio (2U\$\$/ha) muestra mejoras de 33U\$\$/ha, 37U\$\$/ha y 9U\$\$/ha para maíz, soja y trigo (respectivamente) en relación a una cobertura total. En cuanto los valores del grano, el servicio de aplicación de agroquímicos y/o los herbicidas aumenten, será más favorable realizar tratamiento variable y dejará de serlo a medida que el nivel de malezas en el lote y/o el precio de obtención de la imagen se acrecienten.

En paralelo, de las entrevistas realizadas, se dedujo un exiguo conocimiento respecto a las posibilidades (técnicas y económicas) que brinda un dron en cultivos extensivos y en el mapeo de malezas y que existe disponibilidad en el mercado argentino de estas herramientas en forma variada. Como no hay información suficiente y estamos refiriéndonos a innovaciones tecnológicas, se figura como algo costoso de implementar. La investigación presente permite mostrar cuánto aleja de la realidad la falta de datos para la evaluación de alternativas y toma de decisiones en pos de mejorar la gestión de la actividad realizada. Si bien es importante destacar que las situaciones planteadas son versiones simplificadas y sirven a modo de mero ejemplo, cada productor podrá realizar un análisis que se ajuste a su realidad (productos utilizados y precios conseguidos, rindes alcanzables de su explotación, especies de malezas presentes, etc.) dándole mayor precisión.

Con el correr del tiempo y ante la posibilidad de conocer mejor este tipo de tecnologías a través de muestras, trabajos de investigación y productores que se animen a utilizar drones, sumado a la presión (social y normativa) creciente a la que se enfrentan quienes se dedican a las actividades primarias para realizar sus actividades en forma más amigable con el medioambiente y la salud humana se espera que haya una adopción mayor de estos manejos que apuntan a la sustentabilidad del sistema.

Referencias

Defensa del Ambiente Ley Provincial N°7343. (27 de Septiembre de 1985). Recuperado

de Legislación Provincial, Gobierno de la Provincia de Córdoba:

<http://web2.cba.gov.ar/web/leyes.nsf/0/49475DE2735678FC83257643005D659F?OpenDocument&Highligh>

Constitución de la Nación Argentina Ley N° 24.430. (15 de Diciembre de 1994).

Recuperado de Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de La Nación

Argentina - InfoLEG: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/804/norma.htm>

Ley de Política Ambiental Nacional N° 25.675. (6 de Noviembre de 2002). Recuperado

de Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de la Nación Argentina -

InfoLEG: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/75000-79999/79980/norma.htm>

Ley de Política Ambiental Provincial N° 10.208 . (27 de Junio de 2014). Recuperado de

Boletín Oficial, Gobierno de la Provincia de Córdoba:

http://boletinoficial.cba.gov.ar/wp-content/4p96humuzp/2014/08/270614_BOcba_1s.pdf

Disposición 172/2015: Reglas para registración de Vehículos Aéreos No Tripulados.

(16 de Noviembre de 2015). Recuperado de Administración Nacional de

Aviación Civil - Dirección Nacional de Seguridad Operacional - InfoLEG:

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do;jsessionid=04A5706F743AAF578C88EC24CBB6BD29?id=255587>

Resolución 527/2015: Reglamento Provisional de los Vehículos Aéreos No Tripulados.

(10 de Julio de 2015). Recuperado de Administración Nacional de Aviación

Civil - InfoLEG:

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=249159>

AAPRESID (s.f.). *Red de conocimientos en malezas resistentes REM*. Recuperado de

Aapresid: <http://www.aapresid.org.ar/rem/mapas-rem/>

Agostino, S., Mammone, M., Nelson, M., & Zhou, T. (2006). *Classification of Unmanned Aerial Vehicles. Report for Mechanical Engineering class.*

Recuperado de University of Adelaide, Adelaide, Australia:

http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/29666442/group9.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1477449261&Signature=kqZE3bpfB8F%2BRB8SqQJ6%2BH%2BGIGY%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DClassification_of_Unmanned_Aerial_

Agüera Vega, J., & Pérez Ruiz, M. (Diciembre de 2013). Agricultura de precisión, hacia la integración de datos espaciales en la producción agraria. *Revista Ambienta, 105*, 16-27. (A. y. Secretaría General Técnica Ministerio de Agricultura, Ed.) España.

Alonso, M. (10 de Junio de 2015). *Drones para el Agro*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2016, de Tecnología Sur-Sur de la Universidad Nacional de San Martín: <http://www.unsam.edu.ar/tss/drones-para-el-agro/>

Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2000). Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. *Programa Naciones Unidas para el medioambiente*. México DF, México.

Aparicio, V., De Gerónimo, E., Hernández Guijarro, K., Pérez, D., Portocarrero, R., & Vidal, C. (2015). Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente. (J. L. Costa, & A. Andriulo, Edits.) Argentina: Ediciones INTA.

- Berreiro Elorza, P., & Valero Ubierna, C. (2014). Drones en la agricultura. *Tierras de Castilla y León: Agricultura*(220), 36-42. España: Gestora de Comunicaciones de Castilla y León.
- Berrío, V. A., Mosquera, J., & Alzate, D. F. (2015). Uso de drones para el análisis de imágenes multiespectrales en agricultura de precisión. *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 13(1), 28-40.
- Bolsa de Comercio de Rosario. (2016). *Bolsa de Comercio de Rosario: cotizaciones*. Recuperado de <http://www.bcr.com.ar/Pages/Granos/Cotizaciones/default.aspx>
- Bongiovanni, R. Montovani, E. Best, S & Roel, A. (2006). *Agricultura de Precisión: Integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable*. Montevideo: PROCISUR/IICA.
- Bongiovanni, R., & Lowenberg, J. (2004). Precision Agriculture and Sustainability. *Journal of Precision Agriculture*(5), 359-387.
- Bragachini, M. (Octubre de 2014). *Rol de las TICs y de la agricultura y ganadería de precisión en el desarrollo del sector agroalimentario y agroindustrial de Argentina*. Recuperado de INTA: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_a1-_rol_de_las_tics_y_de_la_agricultura_y_ganade.pdf
- Bragachini, M., Mendez, A., & Scaramuzza, F. (2008). La Agricultura de Precisión, una herramienta tecnológica para luchar con alta competitividad por el recurso tierra. *Jornada Técnica Soja-Maiz 2008, 2 de septiembre de 2008*. Manfredi, Córdoba: INTA.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (Junio de 2005). Percepción remota. Fundamentos de teledetección espacial. México, México.

- CropLife International. (Octubre de 2010). *Implementacion del manejo integrado de malezas para los cultivos tolerantes a herbicidas*. Recuperado de CropLife: <http://croplife.org/wp-content/uploads/2014/04/Implementing-Integrated-Weed-Management-for-Herbicide-Tolerant-Crops-Spanish.pdf>
- Di Leo, N. (Mayo de 2015). Drones: nueva dimensión de la teledetección agroambiental y nuevo paradigma para la agricultura de precisión. *Agromensajes*, 1(41), 7-17. (Secretaría de Extensión Universitaria, Ed.) Rosario: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario.
- Diez de Ulzurrun, P. (2013). *Manejo de malezas problema: Modos de accion herbicida*. Rosario, Argentina: REM - AAPRESID.
- Enkerlin Hoeflich, E., Cano, G., Garza Cuevas, R., & Vogel Martínez, E. (1997). *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*. México: International Thomson Editores.
- Eshenaur, B., Grant, J., Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., & Tette, J. (1992-2015). *A method to measure the environmental impact of pesticides*. Recuperado de New York State Integrated Pest Management Program, Cornell Cooperative Extension, Cornell University: <https://nyspm.cornell.edu/eiq>
- Esser, A., & Ortega, R. (Julio de 2003). Uso de percepción remota o teledetección para el manejo sitio-específico de viñedos. *Revista agronomía y forestal*, 1(20), 14-19. Centro de agricultura de precision, Universidad de Chile.
- Esser, A., Ortega, R., & Santibáñez, O. (2002). Nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia productiva en viñas. *Revista agronomía y forestal*, 1(15), 4-9. Centro de agricultura de precisión, Universidad de Chile.

- Eyherávide, G. (2012). *Bases para el manejo del cultivo de maíz*. Argentina: Ediciones INTA.
- Ghida Daza, C. (2009). Indicadores económicos para la gestión de empresas agropecuarias. Bases metodológicas. *Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales(11)*. Buenos Aires: INTA.
- Ghida Daza, C., & Sanchez, C. (Marzo de 2009). Zonas agroeconómicas homogéneas Córdoba. *Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales(10)*. Buenos Aires, Argentina: INTA.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación* (4ª ed.). México: McGraw Hill Interamericana.
- Horngrén Charles T.; Datar Srikant M.; Foster George. (2007). *Contabilidad de costos. Un enfoque gerencial* (12ª ed.). México: Pearson Educación.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INDEC. (2008). *Censo Nacional Agropecuario 2008*. Recuperado de INDEC:
http://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=3&id_tema_2=8&id_tema_3=87
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. (1997a). *Guía práctica para el cultivo de soja: Información actualizada y compaginada de la Biblioteca del Productor de Cambio Rural*. Buenos Aires: Ediciones INTA.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. (1997b). *Guía práctica para el cultivo de trigo: Información actualizada y compaginada de la Biblioteca del Productor de Cambio Rural*. Buenos Aires: Ediciones INTA.

- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., & Tette, J. (1992). *A method to measure the environmental impact of pesticides*(139), 1-8. New York's Food Life Sciences Bulletin.
- Krzysztof, B. (2011). *Secrets of UAV photomapping*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2016, de <http://s3.amazonaws.com/DroneMapper.../pteryx-mapping-secrets.pdf>
- Labrada, R., Caseley, J., & Parker, C. (1996). *Weed management for developing countries* (Vol. 120). Roma: Food & Agriculture Org. (FAO).
- Leguizamón, E. (Enero de 2012). Competencia de malezas. *Revista técnica especial: Malezas Problema*, 69-76.
- Lopez Granados, F. (Diciembre de 2013). Uso de vehículos aéreos no tripulados UAV para la evaluación de la producción agraria. *Revista Ambienta*(105), 40-52. (A. y. Secretaría General Técnica Ministerio de Agricultura, Ed.) España.
- Martinez Ferrario, E. (1995). *Estrategia y administración agropecuaria*. Buenos Aires, Argentina: Troquel.
- Ministerio de Agroindustria. (s.f.). *Portal de Datos Abiertos del Ministerio de Agroindustria*. Recuperado de <https://datos.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>
- Moltoni, L.; Moltoni, A.; Masiá, G.; Clemares, N. y Pino, N. (Marzo 2015). Analisis economico del uso de drones para la generacion de mapas de prescripcion de malezas. *Economía y Desarrollo Agroindustrial*, 3 (3); 1-8. IIR/INTA.
- Moran Delgado, G., & Alvarado Cervantes, D. (2010). *Métodos de investigación*. Mexico: Pearson Educación.

- Palau, H., Senesi, S., Mogni, L., & Ordóñez, I. (Abril de 2015). Impacto económico macro y micro de malezas resistentes en el agro argentino. Adama - FAUBA.
- Peña, J. M., Torres-Sánchez, J., Serrano-Pérez, A., I. de Castro, A., & Lopez-Granados, F. (2015). Quantifying Efficacy and Limits of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Technology for Weed Seedling Detection as Affected by Sensor Resolution. (15), 5609-5626. (G. Pajares Martinsanz, Ed.) Córdoba, España: Institute for Sustainable Agriculture, IAS-CSIC.
- Pérez Gutiérrez, C., & Muñoz Nieto, Á. L. (2006). *Teledetección: nociones y aplicaciones* (3ª ed.). España.
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2009). *Microeconomía* (7ª ed.). Madrid, España: Pearson Educacion.
- Quispe, O. C. (2015). Análisis de GSD para la generación de cartografía utilizando la tecnología drone, huaca de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. *Revista del Instituto de Investigación RIGEO*, 18(36), 21-26. Perú.
- Satorre, E., Benech, R. L., Slafer, G. A., de la Fuente, E. B., Miralles, D. J., Otegui, M. E., y otros. (2010). *Producción de granos: bases funcionales para su manejo* (3ª ed.). Buenos Aires: Editorial Facultad Agronomía.
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). (2010). *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas*. Buenos Aires: SENASA.
- Subsecretaría de Mercados Agropecuarios. (2016). *Subsecretaría de Mercados Agropecuarios: Granos*. Recuperado de Ministerio de Agroindustria de la Nación Argentina: <http://www.minagri.gob.ar/new/0-0/programas/dma/granos/granos.php>

Zubizarreta, L., & Díaz Panizza, L. (2014). *Guía de reconocimiento de malezas*.

Buenos Aires, Argentina: Syngenta.

Páginas web consultadas

Agricultura Consciente – www.agriculturaconsciente.com

Estudio G&D - www.estudiogyd.com.ar

FotoAérea - www.fotoaerea.com.ar

Goesistemas - www.geosistemassrl.com.ar

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – www.inta.gob.ar

Mercosur: Precios de referencia - <https://www.mercosur.com/es/precios-de-referencia/>

Red de Buenas Prácticas Agrícolas- <http://www.redbpa.org.ar/>

Runco - <http://www.runco.com.ar/>

SenseFly - <https://www.sensefly.com/>

Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria - <http://www.senasa.gov.ar/>

Taguay – www.taguay.com.ar/es

Weed Science Society of America (Sociedad Americana de Malezas) - <http://wssa.net/>

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR Y DIFUNDIR TESIS DE POSGRADO O GRADO A LA UNIVERIDAD SIGLO 21

Por la presente, autorizo a la Universidad Siglo21 a difundir en su página web o bien a través de su campus virtual mi trabajo de Tesis según los datos que detallo a continuación, a los fines que la misma pueda ser leída por los visitantes de dicha página web y/o el cuerpo docente y/o alumnos de la Institución:

Autor-tesista <i>(apellido/s y nombre/s completos)</i>	GIUSIANO, MÓNICA NOEMÍ
DNI <i>(del autor-tesista)</i>	33.512.663
Título y subtítulo <i>(completos de la Tesis)</i>	Drones agrícolas en el manejo sitio-específico de malezas, análisis de beneficios económicos.
Correo electrónico <i>(del autor-tesista)</i>	monicagiusiano@gmail.com
Unidad Académica <i>(donde se presentó la obra)</i>	Universidad Siglo 21
Datos de edición: <i>Lugar, editor, fecha e ISBN (para el caso de tesis ya publicadas), depósito en el Registro Nacional de Propiedad Intelectual y autorización de la Editorial (en el caso que corresponda).</i>	La Laguna, Mónica Giusiano, 30 de marzo de 2017.

Otorgo expreso consentimiento para que la copia electrónica de mi Tesis sea publicada en la página web y/o el campus virtual de la Universidad Siglo 21 según el siguiente detalle:

Texto completo de la Tesis <i>(Marcar SI/NO)^[1]</i>	SI
Publicación parcial <i>(Informar que capítulos se publicarán)</i>	

Otorgo expreso consentimiento para que la versión electrónica de este libro sea publicada en la en la página web y/o el campus virtual de la Universidad Siglo 21.

Lugar y fecha: LA LAGUNA, 30 de marzo de 2017

GIUSIANO, MONICA N.

Firma autor-tesista

Aclaración autor-tesista

Esta Secretaría/Departamento de Grado/Posgrado de la Unidad Académica:

_____certifica que la tesis adjunta es la aprobada y registrada en esta dependencia.

Firma Autoridad

Aclaración Autoridad

Sello de la Secretaría/Departamento de Posgrado

^[1] Advertencia: Se informa al autor/tesista que es conveniente publicar en la Biblioteca Digital las obras intelectuales editadas e inscriptas en el INPI para asegurar la plena protección de sus derechos intelectuales (Ley 11.723) y propiedad industrial (Ley 22.362 y Dec. 6673/63. Se recomienda la NO publicación de aquellas tesis que desarrollan un invento patentable, modelo de utilidad y diseño industrial que no ha sido registrado en el INPI, a los fines de preservar la novedad de la creación.