

# Asociación Argentina de Economía Agraria

## TITULO:

### Uso de drones para la generación de mapas de prescripción de malezas: un análisis económico

Categoría: Comunicación A

**Moltoni, Luciana Andrea**<sup>1</sup>  
moltoni.luciana@inta.gob.ar

**Masiá, Gerardo**<sup>1</sup>  
masia.gerardo@inta.gob.ar

**Duro, Sebastián**<sup>1</sup>  
duro.sebastian@inta.gob.ar

**Fiorini, Julio**<sup>1</sup>  
fiorini.julio@inta.gob.ar

**Moltoni, Andrés Fernando**<sup>1</sup>  
moltoni.andrés@inta.gob.ar

**Clemares, Nicolás**<sup>1</sup>  
clemares.nicolas@inta.gob.ar

**Gorandi, Ezequiel**<sup>1</sup> gorandi.ezequiel@inta.gob.ar

---

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería Rural (IIR), Centro de Investigaciones de Agroindustria (CIA), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Las Cabañas y de los Reseros s/n, Castelar. Provincia de Buenos Aires. Argentina. Teléfono: 54 11 4665 0450

# Asociación Argentina de Economía Agraria

## Uso de drones para la generación de mapas de prescripción de malezas: un análisis económico

### RESUMEN

En Argentina la aplicación de herbicidas se realiza habitualmente en la totalidad del campo. No obstante, el grado de enmalezamiento no es homogéneo, sino que puede aparecer en forma de “manchas”, provocando un uso poco eficiente de los productos. En este sentido, el uso de RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) o drones puede ser una herramienta rápida y accesible para la obtención de imágenes aéreas y su posterior utilización en la confección de cartografía temática, como base de prescripción para la aplicación de herbicidas en la instancia de barbecho. El objetivo del presente trabajo radica en analizar la conveniencia económica del uso de este tipo de tecnología. Su conveniencia dependerá de tres variables: del grado de enmalezamiento del lote a tratar, del precio del agroquímico y del precio de la imagen tomada por el dron. Se construyeron dos escenarios de análisis considerando dos precios diferentes del agroquímico (convencional y Premium). Los resultados arrojados para el año 2017 sugieren que el uso de este tipo de herramientas es conveniente. Estos umbrales rondan, según el tipo de herbicida empleado, entre 66% y 80% de enmalezamiento del lote. Es decir, por debajo de esos valores el uso de estas tecnologías generaría ahorro.

**PALABRAS CLAVE:** Drones – aplicación variable de herbicida – nuevas tecnologías

### SUMMARY

Uniform spraying is widely used in herbicide applications in Argentina. On the other hand, the distribution of weeds is often “patchy”, rather than “even”, causing inefficient use of agrochemicals. In this sense, the use of RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) or drones can be a fast and accessible technology for obtaining aerial images. These images are a powerful tool for making variable rate prescription spraying maps. The aim of this study is to analyze the economic convenience of the usage of this type of new technology. The convenience of using this technology will depend on three variables: the price of glyphosate, the price charge for the image and the weed coverage of the field. In order to analyze this technology two scenarios were considered taking into account two different prices of glyphosate: standard and premium. The results for 2017 suggest that the use of this type of tools is convenient. The thresholds range, depending on the type of herbicide used, are between 66% and 80% weed coverage of the field. That mean that below these values the use of these technologies would generate savings.

**KEYWORDS:** Drones – herbicide variable spraying – new technologies.

*Eje Temático: Agrotics y sistemas de información en la era de la comunicación*

# Asociación Argentina de Economía Agraria

## 1. Introducción

El uso de RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) o drones –tal como se los conoce masivamente- se ha extendido a distintas actividades. La producción agrícola es una de ellas y en donde quizás radica uno de los puntos de mayor importancia en el orden productivo. Su uso puede ayudar a incrementar tanto la productividad del sector como la sustentabilidad de la actividad.

Existen gran cantidad de aplicaciones para los drones en el sector agropecuario, entre ellas podemos nombrar la evaluación del estado nutricional de los cultivos y la determinación de niveles de stress (Pillai et al., 1998) posibilitando así la fertilización diferencial (Muguerza, 2007). A su vez, mediante la toma de imágenes es posible generar estimaciones de rendimiento y pérdidas por volcado, granizo o heladas. También se los puede utilizar para estimar la superficie útil y generar modelos topográficos de elevación del terreno. Más específicamente, diversos estudios han conseguido estimar mediante el uso de imágenes aéreas parámetros biofísicos de los cultivos, tales como la concentración de clorofila, de xantofila, carotenoides y antocianinas (Zarco-Tejada et al., 2008; Berni et al., 2009). Otro punto clave en el uso de estas nuevas tecnologías es el mapeo y detección de malezas orientado a una aplicación variable de herbicidas.

En Argentina la aplicación de herbicidas se realiza habitualmente en la totalidad del campo (cobertura total). Sin embargo, el grado de enmalezamiento no es homogéneo, sino que se extiende en forma de “manchas” (Cardina et al., 1995; Gerhardes et al., 1997; Wang et al., 2001). Este “manchoneo” puede ocupar desde el 80% hasta un porcentaje casi ínfimo de la superficie arable (Brown et al., 1990; Thompson et al., 1991; Johnson et al., 1995b; Rew et al., 1996). Así, la aplicación en cobertura total provoca un uso poco eficiente del agroquímico. Solo el hecho de delimitar las zonas con “manchones” de malezas y aquellas zonas libres en la instancia de barbecho, podría implicar un ahorro en la aplicación de herbicidas con un doble impacto de tipo económico y medioambiental (Moltoni A. y Moltoni L. 2005). En este sentido, el uso de drones puede ser una herramienta rápida y accesible para la obtención de imágenes aéreas y su posterior utilización en la confección de estos mapas, como base de prescripción para la aplicación de herbicidas en la instancia de barbecho.

El objetivo del presente trabajo radica en analizar la conveniencia económica del uso de imágenes tomadas por drones para la confección de mapas de prescripción de malezas destinados a la aplicación de herbicidas en la instancia de barbecho. Se presentan aquí los resultados de este análisis para el año 2017 para la Argentina.

## 2. Metodología

La conveniencia económica del uso de este tipo de tecnología para la confección de mapas de prescripción con el objetivo de la aplicación de herbicidas en la instancia de barbecho dependerá de tres factores claves: el costo del servicio de la imagen, el valor del mercado del herbicida a aplicar y el grado de enmalezamiento que tenga el lote a tratar. En base a estos factores se construyeron diferentes escenarios posibles en los cuales el uso de estas tecnologías será más o menos conveniente.

$$\text{Costos (U\$/ha)} = (4 \times P_g \times G_e) + V_i$$

*Donde:*

*P<sub>g</sub>*: precio del glifosato

# Asociación Argentina de Economía Agraria

*Ge*: Grado de enmalezamiento

*Vi*: Valor de la imagen por ha

Para los precios de los herbicidas, se consideraron dos parámetros. Por un lado, un herbicida convencional y, por otro, uno premium cuyo valor de mercado es considerablemente mayor. Los precios se consideraron según lo publicado en la Revista Márgenes Agropecuarios del mes de Abril de 2017 y ascendieron U\$S 2,6 el litro para un glifosato convencional y U\$S 4,4 el litro para un producto premium (Márgenes Agropecuarios, 2017). En relación al grado de enmalezamiento, se tomaron en cuenta tres escenarios: un lote con un 30%, un 50% o un 70% de malezas. Por otro lado, para el precio del servicio de imágenes aéreas con un dron se consideró un valor de mercado de 3,5 dólares la hectárea.

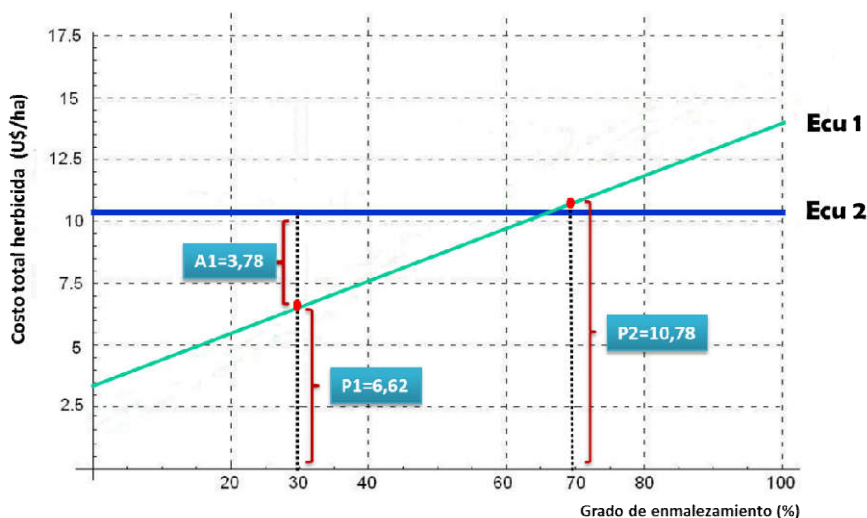
En base a estos valores se construyeron dos escenarios económicos anclados en el precio del herbicida, en los cuales se evaluó el desempeño del uso de estas tecnologías en función del grado de enmalezamiento del lote a tratar. Para todas las situaciones se tuvo en consideración la aplicación de una dosis de glifosato de 4 litros por hectárea, según la recomendación de la Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes de Argentina (CASAFE, 2017).

Así, establecidas estas variables, la conveniencia económica del uso de estas tecnologías responde positivamente con el precio del herbicida y, por el contrario, es inversamente dependiente del grado de enmalezamiento del lote.

### 3. Resultados económicos del uso de esta tecnología en para el 2017

En este primer escenario de análisis se considera un precio del glifosato convencional. Este valor asciende a U\$S 2,6/litro según los datos relevados para el mes de abril en la revista Márgenes Agropecuarios. Se trata de un contexto representativo ya que este tipo de producto es ampliamente utilizado por los productores argentinos. Su uso se intensificó en los últimos años por la gran cantidad de agroquímicos de origen chino que ha ingresado al mercado nacional, diversificando de esta forma a la oferta.

**Figura 1:** Costo Total en Función del Grado de Enmalezamiento, considerando un precio de glifosato convencional – Año 2017



# Asociación Argentina de Economía Agraria

En la figura 1 fueron graficadas dos posibles situaciones de costos de aplicación de herbicidas en barbecho. En primer lugar, se considera el costo de la aplicación incluyendo el costo adicional de la imagen (Ecu 1) y en segundo lugar, se considera la no utilización del servicio de toma de imagen y, por tanto, se realiza una aplicación convencional en cobertura total de malezas (Ecu 2).

Para la primera situación, es decir si se emplea el servicio de imágenes tomadas por drones, y considerando que el lote a tratar presenta un grado de enmalezamiento del 30%, los costos son de U\$S 6,62 (P1) por hectárea. Si comparamos esta situación con la aplicación de herbicidas en la totalidad del lote (Ecu 2), el productor tendría un ahorro de U\$S 3,78 (A1) por hectárea. Sin embargo, con un grado de enmalezamiento mayor –cuando éste alcanza un 70%- no existiría ahorro con la implementación del sistema (P2).

**Cuadro 1:** Ahorro por hectárea derivado del uso de la tecnología en función del grado de enmalezamiento – Precio de glifosato convencional (Año 2017)

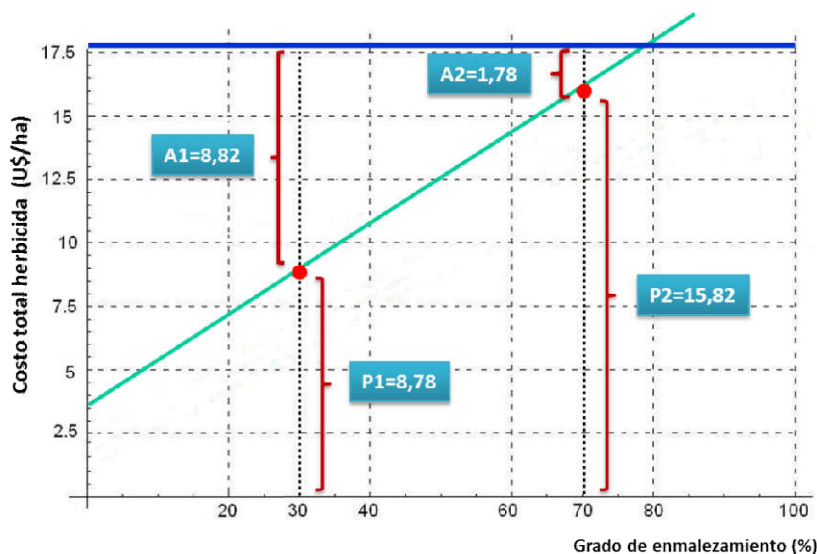
<b>Ahorro (U\$S/ha) según Enmalezamiento (%)</b>		
<b>30%</b>	<b>50%</b>	<b>70%</b>
3,78	1,7	-0,38

En términos generales, el uso de esta tecnología para los valores antes fijados comienza a ser conveniente cuando el grado de enmalezamiento es menor a 66%, es allí donde se encuentra el punto de indiferencia para el uso de esta tecnología en este primer escenario.

Para el segundo escenario planteado se consideró un precio de un glifosato Premium (4,40 U\$S/litro) y se llevó a cabo la misma evaluación realizada en el caso anterior. Resulta preciso remarcar que a mayor precio del producto, la conveniencia de la utilización de esta tecnología es mayor dado que el ahorro en términos absolutos es más alto. En este sentido, es evidente pensar que considerando el uso de un glifosato premium los números serán altamente positivos. Veamos qué resultados arroja el análisis.

**Figura 2:** Costo Total en Función del Grado de Enmalezamiento, considerando un precio de glifosato Premium (Año 2017)

# Asociación Argentina de Economía Agraria



Si el lote presentara un grado de enmalezamiento del 30%, el costo por hectárea sería de U\$S 8,78 (P1), lo que implicaría un ahorro en comparación a una situación de aplicación de herbicidas en la totalidad del lote de U\$S 8,82 (A1) por hectárea (Figura 2). Como se observa, el ahorro en términos absolutos es mucho mayor al que se obtiene cuando se utiliza un glifosato de valores medios. Esto es así simplemente por el efecto directo que tiene el valor del glifosato en el análisis.

Si se considera un grado de enmalezamiento del lote mayor –un 70% del total- es esperable que el ahorro sea menor. Sin embargo, siguen arrojando valores que aunque sean bajos siguen siendo positivos. Tal como se muestra en la figura 2, el ahorro alcanza entre 1,78 (A2) dólares por hectárea trabajada.

**Cuadro 2:** Ahorro por hectárea derivado del uso de la tecnología en función del grado de enmalezamiento – Precio Glifosato Premium – Año 2017

Ahorro (U\$S/ha) según Enmalezamiento (%)		
30%	50%	70%
8,82	5,3	1,78

Para este escenario, el punto de indiferencia por debajo del cual la tecnología comienza a ser rentable se ubica en un 80% de enmalezamiento del lote.

#### 4. Algunos comentarios finales

Los resultados arrojados para el año 2017 sugieren que el uso de este tipo de herramientas es conveniente. Resulta importante destacar los umbrales –considerando el grado de enmalezamiento del lote- por debajo de los cuales esta tecnología comienza a ser conveniente. Estos umbrales rondan, según el tipo de herbicida empleado, entre 66% y 80% de

# Asociación Argentina de Economía Agraria

enmalezamiento del lote. Es decir, por debajo de esos valores el uso de estas tecnologías resultaría conveniente.

Es preciso aclarar que existen otros elementos que no han sido incluidos en el análisis pero que impactan en el uso de estas tecnologías. Específicamente nos referimos a externalidades difíciles de cuantificar, usualmente asociados al impacto ambiental derivado del uso no racional de los productos fitosanitarios. La disminución en el uso de agroquímicos, o mejor dicho su uso racional, estaría interfiriendo con otras cuestiones tales como la generación de malezas resistentes, la contaminación de las napas, los conflictos sociales derivados de las aplicaciones periurbanas, entre otros.

El análisis en torno al uso de nuevas tecnologías como la propuesta en este trabajo es mucho más complejo que un simple análisis económico de este tipo. Con este ejercicio simplemente se intenta ponerle algunos números a la actividad y marcar la existencia de otras cuestiones más difíciles de valorizar que también están operando por detrás del uso de esta tecnología.

## 5. Bibliografía

Berni J.A.J., Zarco-Tejada P.I., Suárez L., Fereres E. 2009. Thermal and Narrowband Multispectral Remote Sensing for Vegetation Monitoring with Unmanned Aerial Vehicle. Institute of Electrical and Electronics Engineers, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing*

Brown R. B.; Andreson G. W.; Proud B. and J. P. Stekler. 1990. Herbicide application control using GIS weed maps. St. Joseph, Mich., *American Society of Agricultural Engineers Paper* N° 00-1121.

Cardina J., Sparrow D. H. and E. L. McCoy. 1995. Analysis of spatial distribution of common lambs-quarters (*chenopodium album*) in no-till soybean (*Glycine max*). *Weed Science*, 43, 258-268.

Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE). 2017. En línea: [www.casafe.com.ar](http://www.casafe.com.ar)

Gerhards R., Wyse-Pester D. Y., Mortensen D. and G. A. Johnson. 1997. Characterizing spatial stability of weed populations using interpolated maps. *Weed Science*, 45, 108-119.

Johnson G. A.; Mortensen D A; and A. R. Martin.1995. A simulation of herbicide use based on weed spatial distribution. *Weed Research*, 35, 197-205.

Moltoni, A.; Moltoni, L. 2005. Pulverización selectiva de herbicidas: implicancias tecnológicas y económicas de su implementación en la Argentina. En *VIII Congreso Argentino de Ingeniería Rural*. Ed. CD-Rom, 9 al 12 de noviembre de 2005. Villa de Merlo, SL, Argentina.

Muguerza J. 2007. Uso de herramientas de Agricultura de Precisión en Aceitera General Deheza. Uso Propio y Visión de Servicio. En *7° Curso Internacional de Agricultura de Precisión y 2ª Expo de Máquinas Precisas*. INTA EEA Manfredi. 17 al 19 de julio 2007. Córdoba. Argentina.

Pillai S.G., Tian Lei, Beal J. 1998. Detection of Nitrogen Stress in Corn Using Digital Aerial Imaging. ASAE Paper N° 983030, in *1998 ASAE Annual International Meeting*. Orlando. Florida. USA.

Revista Márgenes Agropecuarios. 2017. Abril.

# Asociación Argentina de Economía Agraria

Rew L J; Cussans G W; Muggleston M A and P. C. H. Miller. 1996. A technique for mapping the spatial distribution of *Elymus repens* with estimates of the potential reduction of herbicide usage from patch spraying. *Weed Research*, 36, 283-292.

Thomson J P; Stafford J V and P. C. H. Miller. 1991. Potential for automatic weed detection and selective herbicide application. *Crop Protection*, 10, 254-259.

Wang N., Zhang F. E., Sun Y. and D. E. Peterson. 2001. Design of an optical weed sensor using plant spectral characteristics. *Transactions of the ASAE* 44 (2), 409-419.

Zarco Tejada P., Berni J.A.J., Suárez L., Fereres E. 2008. *A new era in remote sensing with unmanned robots*. Laboratory for Research Methods in Quantitative Remote sensing. Instituto de Agricultura Sostenible (IAS). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Córdoba. España.