

## Economía y Desarrollo Agroindustrial

Volumen 3, N° 3

Marzo, 2015

# Análisis económico del uso de Drones para la generación de mapas de prescripción de malezas

Por Luciana Moltoni, Andrés Moltoni, Gerardo Masiá, Nicolás Clemares y Natalia Pino

### Artículos anteriores

- [Incidencia de los herbicidas en los costos directos de la producción](#)
- [La rentabilidad de la empresa contratista: un análisis de su evolución](#)

### Próximos artículos

- Trayectorias emprendedoras exitosas: algunos casos de la agroindustria.
- Algunas experiencias asociativas: grupos metalmeccánicos en Argentina

### Artículos relacionados

[Uso de Vehículos Aéreos no Tripulados \(UAV\) para la Generación de Mapas de Prescripción de Malezas: Consideraciones Tecnológicas y Económicas. Por Andrés Moltoni y Luciana Moltoni](#)

[El laboratorio de Agroelectrónica fue invitado a participar en la Jornada sobre Drones](#)

## 1. Introducción

El crecimiento de la Agricultura de Precisión en nuestro país es un hecho muy fácilmente perceptible, tanto desde el punto de vista de la superficie sembrada que se maneja bajo estos conceptos, como desde el crecimiento del número de empresas agropecuarias que la utilizan. También se puede percibir su crecimiento en el número de empresas fabricantes o importadoras de componentes de electrónica aplicada a la agricultura de precisión y a las cantidades vendidas de dichos componentes.

El uso del GPS en el agro ha dejado de ser una rareza para adquirir carácter de cotidianidad. Día a día surgen nuevas herramientas que hacen uso de esta tecnología generando nuevos monitores de siembra, monitores de rendimiento en cosecha, sistemas de dosis variable en sembradoras y fertilizadoras, banderilleros satelitales, guías o “pilotos automáticos”, entre otros. En este contexto, la adaptación y adopción de sistemas de aplicación de agroquímicos en dosis variable, surge como algo claramente demostrado.

Existen sistemas que permiten que las máquinas pulverizadoras puedan aplicar sus productos en forma variable. La inyección

directa, la modulación por ancho de pulsos, la selección-combinación de picos y los mecanismos tipo bifluído ya han sido evaluados en varios trabajos del INTA, incluso desde el Instituto de Ingeniería Rural de INTA (IIR) se ha generado un Protocolo estableciendo las condiciones que estos equipos debieran cumplir para ser considerados aptos para aplicaciones en dosis variables. También se han analizado los equipos existentes a los efectos de evaluar en qué medida se ajustan a dicho Protocolo.

Por otro lado, no pueden dejar de mencionarse los avances existentes en diferentes sistemas de detección y control automatizado de malezas. En este caso, también el IIR cuenta con un diseño propio que, actualmente, ha superado en la etapa de evaluación de prestaciones y se encuentra en la fase de transferencia al circuito comercial.

Entonces ¿Cuál es el factor que está impidiendo la adopción de los sistemas de dosis variable para la aplicación de agroquímicos? Desde nuestro punto de vista, entendemos que indudablemente está dado por la dificultad de generar lo que llamamos “el mapa de prescripción”, es decir el mapa del lote que nos indica donde no debemos aplicar el agroquímico y donde sí debemos hacerlo.



Más allá de los antecedentes existentes, el desarrollo y uso frecuente de mapas de malezas como una herramienta más de agricultura de precisión solamente será factible en la medida en que la elaboración de los mismos no implique una sobrecarga de tareas y costos en relación con la metodología usual en la actualidad, que es la de aplicación de herbicidas en cobertura total. Muy por el contrario, para cumplir este objetivo, esta metodología debiera ser percibida como un factor para mejorar la eficiencia en el uso del herbicida con sus consiguientes beneficios económicos. Sobre esta base es que hemos pensado en un vehículo aéreo no tripulado (UAV- Unmanned Aerial Vehicle) o drones como una herramienta rápida y accesible a ser usada en la obtención de imágenes aéreas para su utilización en la confección de estos mapas, como base de prescripción para la aplicación de herbicidas.

En línea con lo antes citado, el objetivo de esta edición del boletín es, justamente, realizar un análisis económico sobre el uso de estas tecnologías y sus implicancias en término de costo-beneficio. Se considera para el análisis su uso para la confección de mapas de prescripción de malezas para la aplicación de herbicidas en la instancia de barbecho. En Argentina la aplicación de herbicidas se realiza habitualmente en la totalidad del campo (cobertura total). No obstante, el grado de enmalezamiento no es homogéneo, sino que puede aparecer en forma de “manchas”, provocando un uso poco eficiente del agroquímico.

## 2. Metodología de Análisis

La conveniencia económica del uso de este tipo de tecnología para la confección de mapas de prescripción para 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.

Para los precios de los herbicidas, se consideraron dos parámetros. Por un lado, un producto promedio y, por otro, un producto premium cuyo valor de mercado es considerablemente mayor. 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 avión también se consideraron dos posibles valores de mercado: 1,5 y 2 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 y el valor del servicio de las imágenes aéreas. Para todas las situaciones se consideró la aplicación de una dosis de glifosato de 4 litros por hectárea.

El análisis es entonces muy simple. 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.

**Cuadro 1: Algunos parámetros para el cálculo**

Precio del Glifosato	U\$S/Litro	Valor de las imágenes	U\$S/ha
Precio promedio	3,8	Bajo	1,5
Precio Premium	8,9	Alto	2



### 3. Resultados económicos del uso de esta tecnología

#### Escenario 1—Precio promedio del Glifosato

En este primer escenario de análisis se considera un precio del glifosato promedio. Este valor asciende a U\$S 3,8/litro. Se trata de un escenario 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. .

En la figura 1 fueron graficados tres posibles situaciones de costos de aplicación e herbicidas en barbecho. En primer lugar, considerando un valor de la imagen de 1,5 dólares la hectárea (Ecu 1); seguidamente, tomando el valor de referencia mayor equivalente a 2 dólares por hectárea (Ecu 2); y finalmente, considerando la no utilización del servicio y, por tanto, realizando una aplicación en cobertura total de malezas (Ecu 3).

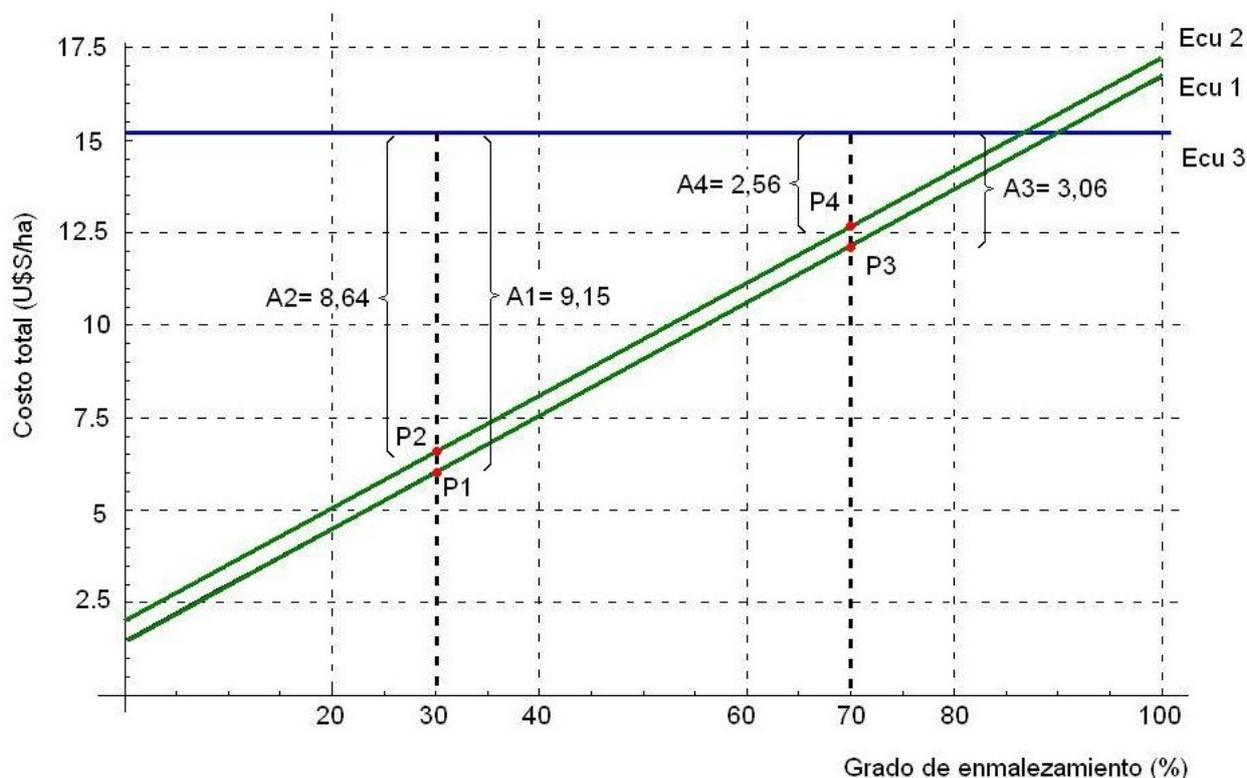


Figura 1: Costo Total en Función del Grado de Enmalezamiento, considerando un precio de glifosato medio – Año 2015

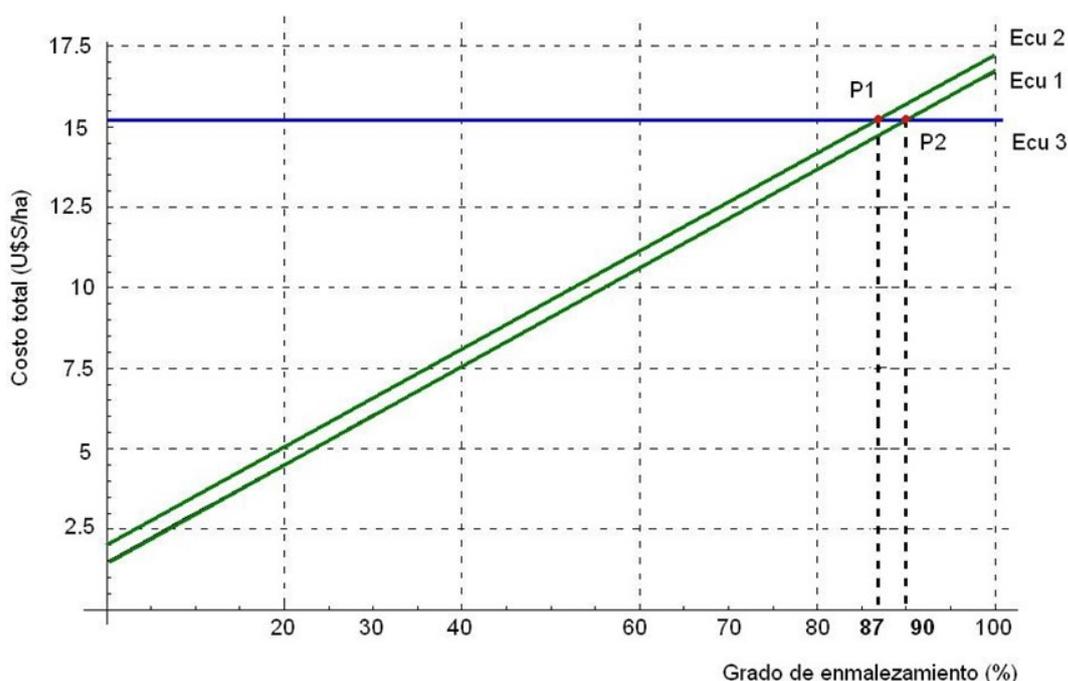


Considerando que el lote a tratar presenta un grado de enmalezamiento del 30%, los costos rondan entre 6,06 (P1) y 6,56 (P2) dólares por hectárea. Si comparamos esta situación con la aplicación de herbicidas en la totalidad del lote (Ecu 3), el productor tendría un ahorro de entre 9,15 (A1) y 8,64 (A2) dólares respectivamente según el precio del servicio de toma de imágenes. Sin embargo, con un grado de enmalezamiento mayor – cuando éste alcanza un 70%– sigue existiendo ahorro con la implementación del sistema (P3 y P4). En ese caso el margen disminuye, alcanzando entre 3,06 (A3) y 2,56 (A4) dólares de ahorro por hectárea trabajada. A modo de síntesis, el cuadro 2 refleja los números antes mencionados.

En termino generales, el uso de esta tecnología para los valores antes fijados comienza a ser conveniente cuando el grado de enmalezamiento es menor a 90% para un valor de la imagen aérea de 1,5 dólares/ha, mientras que para el valor mayor (2 dólares/ha) este porcentaje disminuye a 87%. Estos porcentajes de cobertura se ven reflejados en los puntos de indiferencia P1 y P2 de la figura 2. Estos números nos muestran que con el uso de un producto de precios medios a bajos, el uso de la tecnología sería conveniente casi en todas las oportunidades.

**Cuadro 2: Ahorro por hectárea derivado del uso de la tecnología en función del grado de enmalezamiento – Precio medio de Glifosato – Año 2015**

Precio del Servicio de Imágenes UAV	Ahorro (U\$/ha) y enmalezamiento (%)		
	30%	50%	70%
1,5 U\$/ha	9,14	6,1	3,06
2 U\$/ha	8,64	5,6	2,56



**Figura 2: Puntos de Indiferencia con valores medios de glifosato – Año 2015**



## Escenario 2— Glifosato Premium

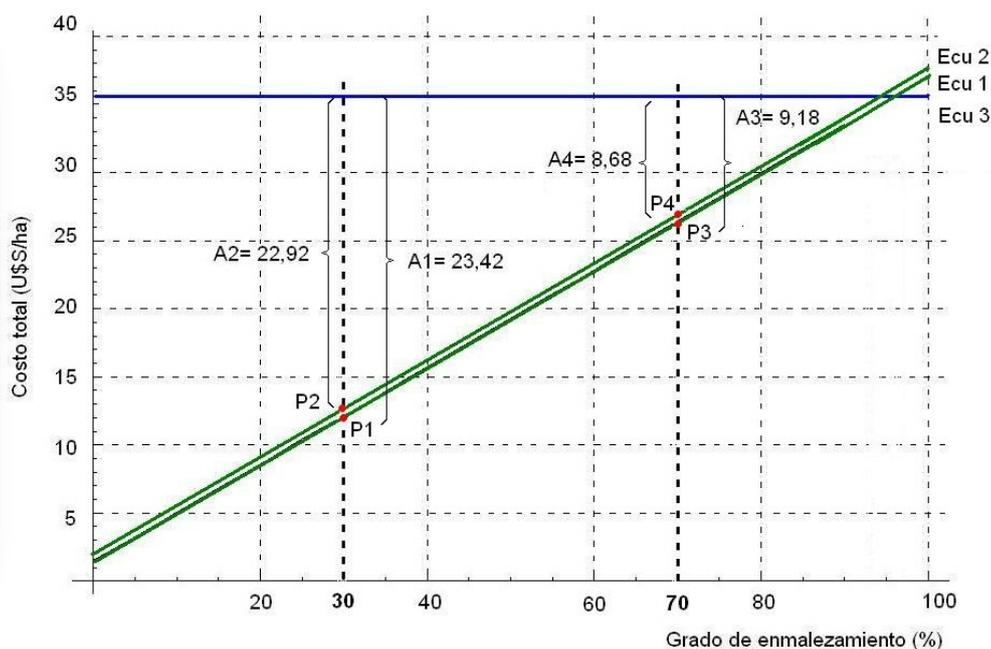
Para el segundo escenario planteado se consideró un precio de un glifosato Premium (8,9 U\$/litro) y se llevó a cabo la misma evaluación realizada en el escenario 1. Resulta preciso remarcar que a mayor precio del producto, la conveniencia de la utilización de esta tecnología es mayor dado que el ahorro en términos absolutos es más alto. En este sentido, resulta evidente pensar que considerando el uso de un glifosato premium los números serán altamente positivos. Veamos qué resultados arroja el análisis.

Si el lote presentara un grado de enmalezamiento del 30%, los costos por hectárea rondarían los 12,18 (P1) y 12,68 (P2) dólares. Esto implicaría un ahorro en comparación a una situación de aplicación de herbicidas en la totalidad del lote de 23,42 (A1) y 22,92 (A2) dólares por hectárea según el precio del servicio de toma de imágenes (Figura 3). Como se observa, el ahorro en términos absolutos es mucho mayor que 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.



**Cuadro 3: Ahorro por hectárea derivado del uso de la tecnología en función del grado de enmalezamiento – Precio Glifosato Premium – Año 2015**

Precio del Servicio de Imágenes UAV	Ahorro (U\$/ha) y enmalezamiento (%)		
	30%	50%	70%
1,5 U\$/ha	23,42	16,3	9,18
2 U\$/ha	22,92	15,8	8,68



**Figura 3: Costo Total en Función del Grado de Enmalezamiento, considerando un precio de glifosato Premium – Año 2015**



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 positivos. Tal como se muestra en la figura 3, el ahorro alcanza entre 9,18 (A3) y 8,68 (A4) dólares de ahorro por hectárea trabajada.

Para este escenario, los puntos de indiferencia por debajo de los cuales la tecnología comienza a ser rentable se ubican entre el 94% y 95% de enmalezamiento del lote (figura 4). Esto significa que casi con un grado de enmalezamiento total (100%) el uso de esta tecnología dejaría beneficios eco-

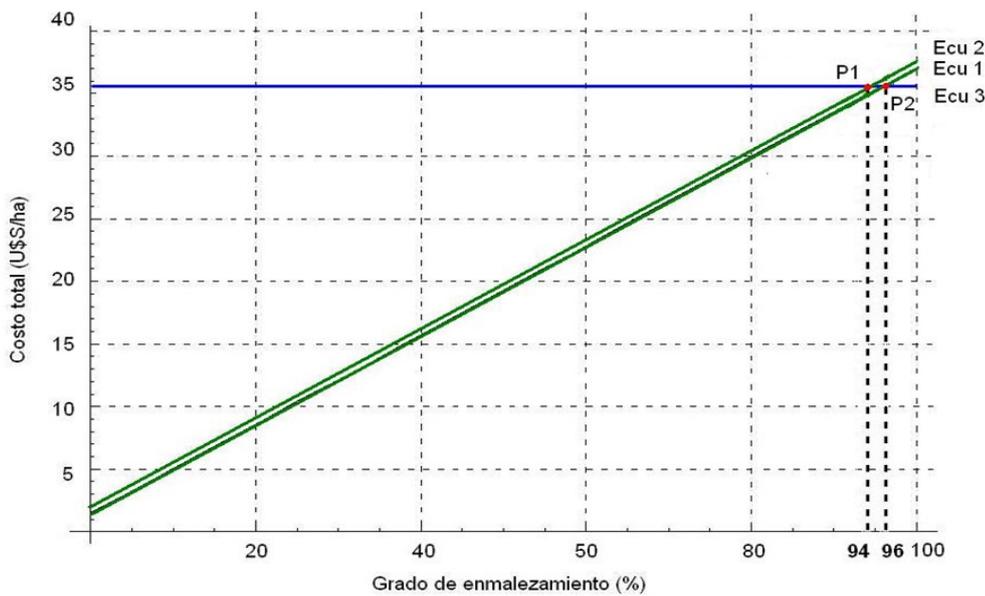
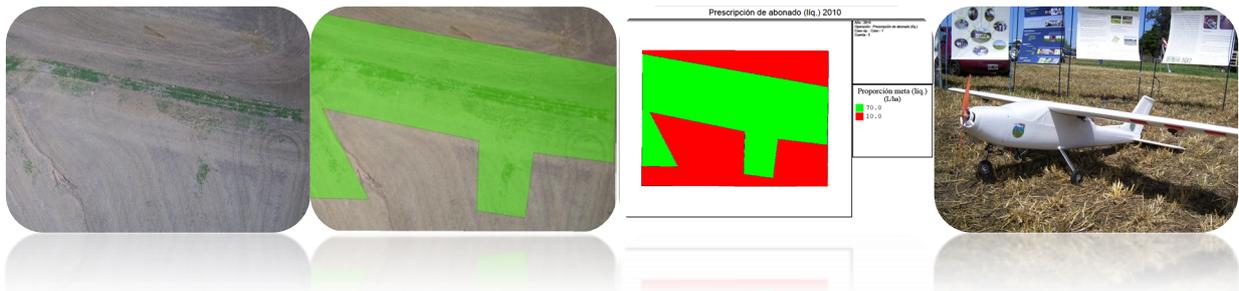


Figura 4: Puntos de Indiferencia con valores de glifosato Premium – Año 2015



## EXPERIENCIAS DE USO DE DRONES EN EL IIR

El Instituto de Ingeniería Rural viene trabajando con esta tecnología desde el año 2007. Se han tenido experiencia en el uso de aviones no tripulados, así como también en la elaboración de mapas de prescripción de aplicación de herbicidas. Los especialistas del instituto destacan siempre la importancia del desarrollo de software para el procesamiento de las imágenes obtenidas por UAV, ya que la imagen debe ser procesada y analizada de acuerdo a las necesidades del relevamiento. A modo de ejemplo, los avances realizados en la obtención de

mapas de prescripción que permiten realizar una correcta aplicación selectiva de herbicidas y lograr el control deseado de las malezas presentes en cada lote. Para la elaboración del mapa de prescripción se parte de imágenes aéreas georreferenciadas del lote. Para ello, los aviones no tripulados son muy versátiles, ya que en cuestión de minutos se puede diagramar un vuelo y obtener imágenes de calidad que permiten generar mosaicos con gran nivel de detalle.



#### 4. Algunos comentarios finales

En este artículo se analizó la conveniencia económica del uso de estas tecnologías. Para los dos escenarios construidos y propuestos, los valores ahorrados son muy elevados. Sin embargo, lo más significativo del análisis son justamente 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 escenario y las variables consideradas, entre 87% y 96% de enmalezamiento. Es decir, por debajo de esos valores el uso de estas tecnologías resultaría conveniente. Si consideramos que la bibliografía sugiere que el grado de enmalezamiento de un lote nunca es superior al 80%, podríamos inferir que en los escenarios construidos para este ejercicio siempre es conveniente el uso de UAV para la generación de mapas de prescripción de malezas.

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.

Como vemos, el tema es mucho más complejo que el mero análisis económico. Con este ejercicio, simplemente intentamos ponerle algunos números a la actividad y marcar la existencia de otras cuestiones difíciles de valorizar que también están operando por detrás del uso de esta tecnología.





## ECONOMÍA Y DESARROLLO AGROINDUSTRIAL

Entre las diversas facetas de investigación, vinculadas a la Ingeniería Rural, este Instituto de Ingeniería Rural trabaja activamente en los aspectos referidos a estudios de variables económicas vinculadas al desarrollo agroindustrial. En ese orden este boletín trimestral se propone generar un espacio de discusión, análisis e intercambio de estos aspectos

Con Economía y desarrollo Agroindustrial pretendemos **poner en diálogo tópicos de la economía y las ciencias sociales** para hacer al menos un poco más inteligible el contexto actual de debate académico y público. Abordamos las principales nociones instauradas en los debates de agenda pública. Asimismo, retomamos temas vinculados con las actuales estrategias asociativas y sus principales elementos, las diversas herramientas nacionales e internacionales destinadas a fomentar este tipo de prácticas, las trayectorias individuales de casos paradigmáticos de emprendedorismo en nuestro país, entre otros.

Alentamos la participación activa de los lectores. Al ser el fin primero de este espacio iluminar aquellos temas que son discursivamente utilizados pero, no en todos los casos, completamente inteligibles, consideramos que **los lectores juegan un rol clave** a la hora de sugerir temas de análisis, así como también plantear dudas e intereses.

INTA– Instituto de Ingeniería Rural  
Área de Investigación y Desarrollo  
Socioeconomía  
*Lic. Luciana Moltoni*  
moltoni.luciana@inta.gob.ar

