

Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida



CCT Bahía Blanca CONICET



Boletín del CERZOS

Noticias de Investigación y Desarrollo Tecnológico

Diciembre 2013 – Año 13, N° 24

Noticias de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Diciembre 2013 – Año 13 N° 24

Equipo Editorial

Editores

Dr. Juan Galantini

Dra. Mónica Poverene

Dr. Roberto Distel

Dr. Nestor Curvetto

Secretaria Editorial

Lic. Olga Vita

Contribuciones:

El boletín electrónico del CERZOS - CCT CONICET Bahía Blanca da la bienvenida a contribuciones de su personal para sus diferentes secciones.

Los artículos y notas que aparecen en el boletín representan la opinión de los autores y no necesariamente la política del CERZOS (CONICET-UNS). En cuanto al derecho de autor, los artículos en su totalidad o parcialmente no podrán ser reproducidos por terceros sin previa autorización del autor/ autores.

Versión on line

Alejandra Olazabal

Adrián Zunini

Área Cómputos y Comunicaciones de la UAT,
CONICET-BB

Su opinión, sugerencias o colaboraciones serán bien recibidas.

Para suscribirse, enviar información o comunicarse con la redacción, envíe su correo a:

boletín_cerzos@criba.edu.ar

Contenido

EDITORIAL 4
Mónica Poverene* 4

Toma de decisiones en sistemas agronómicos y su aplicación al manejo de malezas . 5
Guillermo Chantre, Mariela Lodovichi, Aníbal Blanco, Alberto Bandoni, Mario Sabbatini* 5

La colza y sus parientes silvestres en Argentina: El cultivo de colza en Argentina y en el mundo 13
Soledad Ureta* 13

Fertilización fosfatada en trigo en la zona semiárida: Su influencia sobre el rendimiento y la eficiencia en el uso del N y del agua 17
Fernando M. López; Matias Duval; Juan Manuel Martínez; Juan A Galantini* 17

Transferencia de tecnología, negociación y formulación de contratos tecnológicos.. 25
Fernando Juárez* 25

Tercera Jornada de Intercambio de Producción Científico – Tecnológica 31
III JIPCiTe..... 31

¿Sabia Ud? 32
Por María Celina Zabaloy* 32

EDITORIAL

Mónica Poverene*

Hace poco tiempo, Susan McCouch, de la universidad de Cornell llamó la atención sobre la necesidad de explorar y utilizar recursos genéticos para duplicar la disponibilidad de alimentos en los próximos 25 años (Nature 499, 4 julio 2013). Coincidentemente, el 42° Congreso Argentino de Genética, celebrado en Salta en octubre pasado, otorgó un espacio de privilegio a los recursos genéticos: cuatro conferencias, cinco simposios, cuatro foros de la producción y numerosas comunicaciones libres dedicados a diversos aspectos de los recursos vegetales y animales como fuente de germoplasma para el mejoramiento genético de cultivos y rodeos. A pesar de la enorme biodiversidad existente, la humanidad obtiene el 80% de su alimento a partir de unas pocas especies vegetales y animales, tal vez unas 15, que ya han alcanzado sus máximos rendimientos fisiológicos. Esos límites podrían ser superados incorporando variabilidad existente en especies silvestres relacionadas con los cultivos, parientes salvajes del ganado doméstico y variedades locales (landraces) domesticadas por los nativos de distintas regiones. Esas fuentes de germoplasma han sufrido y sobrevivido a cambios ambientales extremos y su capacidad adaptativa podría ser aprovechada para aumentar la producción. Aunque los mejoradores genéticos son precavidos en relación a esto, existen numerosos ejemplos de importantes avances agronómicos logrados mediante la incorporación de características de materiales silvestres. La tolerancia a los herbicidas imidazolinonas hallada en una población de girasol silvestre del estado de Kansas, EEUU fue transferida al girasol cultivado mediante cruzamientos y aunque tomó algún tiempo eliminar los caracteres silvestres indeseables, a partir de esas descendencias se obtuvieron las variedades actuales conocidas como Clearfield®. En forma similar se ha logrado resistencia a enfermedades, tolerancia a la salinidad y aumentos en la productividad de numerosos cultivos. La biodiversidad vegetal se almacena en bancos genéticos de todo el mundo, colecciones de materiales silvestres y domesticados a los que los mejoradores recurren en busca de soluciones para enfrentar estreses bióticos y abióticos de los cultivos. Sin embargo el potencial de esa diversidad ha sido apenas explotado. Hace falta desarrollar herramientas para evaluar, discriminar y transferir información genética de una manera eficiente a fin de lograr avances en tiempos razonablemente cortos. En ese sentido, las nuevas técnicas de análisis genómico permiten identificar rápidamente genes de resistencia a enfermedades o tolerancia a estrés y seleccionar en cada generación los pocos individuos de mayor valor genético sin recurrir a largos y costosos ensayos multiambientales. La evaluación a campo de los fenotipos es probablemente la etapa más difícil del mejoramiento, pero la información ecológica combinada con datos de secuencias genéticas puede facilitar enormemente la tarea. Los resultados de la investigación sobre recursos genéticos deben ser transferidos a los usuarios, empresas dedicadas a mejoramiento genético, cabañas y en última instancia al productor agropecuario. En ese sentido, el sector público y el privado deben cooperar para enfocarse en el objetivo de lograr variedades localmente adaptadas para resolver los problemas de la producción regional. CERZOS se encuentra en una región donde los estreses abióticos (sequía, frío, salinidad) son severos limitantes de la producción vegetal y animal, pero ofrecen una oportunidad única para la investigación y experimentación. Tal como se expresara durante el mencionado Congreso Argentino de Genética, la formulación de políticas públicas sobre el uso de recursos genéticos es una materia pendiente y su contribución es estratégica para la soberanía nacional.

***Dra. Mónica Poverene, investigadora del CERZOS (CONICET-UNS) y profesor del Depto. de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur.**

Toma de decisiones en sistemas agronómicos y su aplicación al manejo de malezas

Guillermo Chantre, Mariela Lodovichi, Aníbal Blanco, Alberto Bandoni, Mario Sabbatini*



La actividad agronómica actual presenta importantes desafíos asociados a la compleja ecuación costo/beneficio de la producción primaria y al creciente impacto ambiental resultante del empleo intensivo de agroquímicos. El SO Bonaerense, evidencia marcadas limitaciones agroecológicas asociadas a problemas de erosión eólica de diversa magnitud y a la irregularidad en el patrón anual de precipitaciones.

Introducción general

La actividad agronómica actual presenta importantes desafíos asociados a la compleja ecuación costo/beneficio de la producción primaria y al creciente impacto ambiental resultante del empleo intensivo de agroquímicos. La zona del sudoeste de la provincia de Buenos Aires, en especial la región Semiárida Templada, evidencia marcadas limitaciones agroecológicas asociadas a problemas de erosión eólica de diversa magnitud y a la irregularidad en el patrón anual de precipitaciones que fluctúa entre los 350 y 800 mm. La región cuenta con una superficie de 6.500.000 ha donde se localizan aproximadamente 7.900 establecimientos agropecuarios cuya superficie promedio no supera las 885 ha (OPDS, 2013). Los cultivos más relevantes son los cereales de invierno, preferentemente trigo, avena y cebada, mientras que entre los cultivos de verano predominan el sorgo, mijo, girasol y maíz, estos dos últimos cultivos exclusivos de la región sub-húmeda.

La zona del sudoeste bonaerense evidencia una progresiva declinación de las pequeñas y medianas empresas agropecuarias, fenómeno provocado por la falta de rentabilidad de los establecimientos producto de la imprevisibilidad del mercado agropecuario, el aumento de los costos de producción y la necesidad de incrementar la superficie de producción a fin de poder disponer de una unidad económicamente rentable que permita sacar provecho de la economía de escala. La zona se encuentra además superando la sequía que aconteció en los últimos años, que se tradujo en rendimientos muy bajos de los cultivos, lo que ha provocado una crisis agrícola casi sin precedentes.

La complejidad del contexto socio-económico expuesto, plantea un escenario donde la disponibilidad de herramientas computacionales de asistencia en la toma de decisiones podría jugar un rol fundamental en los diversos sistemas de la producción agronómica. Estas herramientas asumen habitualmente la forma de modelos de planeamiento óptimo. Es reconocido que la aplicación sistemática de modelos de planeamiento a distintas escalas (estratégica, táctica y operativa) produce beneficios significativos por asignación óptima de los recursos disponibles a las actividades requeridas. El empleo de estos modelos permite además identificar “cuellos de botella” en los sistemas y estimar el potencial económico de su relajación o eliminación. Finalmente, la disponibilidad de modelos permite realizar análisis de escenarios y evaluar estrategias de respuesta a potenciales eventos. Además de los beneficios mencionados, el solo ejercicio de

conceptualización del sistema bajo estudio, con fines de modelado matemático, es un mecanismo valioso para comprender las complejas interacciones presentes en los sistemas de producción primaria e industrial con sus componentes biofísicos, técnicos, sociales y económicos.

En términos generales, los modelos de planeamiento constituyen problemas de asignación óptima en el tiempo, de los recursos disponibles a las tareas requeridas por una actividad determinada. Los recursos pueden ser financieros, mano de obra, insumos, etc., mientras que por tareas se consideran los trabajos de producción, de procesamiento de materias primas, el transporte de bienes, etc. La necesidad de optimizar el empleo de recursos escasos responde fundamentalmente a la creciente competitividad de los mercados globales que demandan mayor calidad de producto minimizando el impacto medioambiental. Dependiendo esencialmente del tipo de decisiones involucradas y del horizonte de tiempo considerado, los modelos de planeamiento pueden tener alcances de tipo estratégico, táctico u operativo (Shapiro, 2001). El planeamiento estratégico considera típicamente horizontes de varios años e involucra decisiones relacionadas con inversiones en infraestructura y desarrollo de nuevos productos. El planeamiento táctico abarca horizontes de mediano plazo (meses/año) y considera la administración óptima de las instalaciones sobre la base de estimaciones de disponibilidad de materia prima y demandas de productos finales. El planeamiento operativo provee la asignación óptima de recursos en el corto plazo (días) sobre la base de información actualizada del sistema.

En el ámbito agroalimentario nacional, las numerosas aplicaciones de modelado matemático desarrolladas en los últimos años por la comunidad académica internacional, no han sido asimiladas en forma sistemática en la práctica. Cabe mencionar que en países europeos, por ejemplo, la aplicación de modelos matemáticos para asistir en la toma de decisiones agronómicas es una práctica difundida.

Manejo de Malezas

En los agroecosistemas la presencia de malezas interfiere dificultando las tareas de siembra y cosecha, generando pérdidas de rendimiento por competencia con los cultivos. La magnitud de estas pérdidas varía en función de la interacción de numerosos factores tales como la composición de la comunidad de malezas, la abundancia relativa de cada una de las especies, las condiciones ambientales y el sistema de laboreo implementado (convencional o siembra directa), entre otros. Por otra parte, en los últimos años ha aparecido un nuevo fenómeno que afecta el adecuado control: la resistencia a los herbicidas. La resistencia se define como la capacidad heredable de una población o biotipo para sobrevivir y reproducirse después de la aplicación de una dosis de herbicida que era letal para la población original.

La reducción del nivel de abundancia de las poblaciones de malezas que acompañan los cultivos puede efectuarse mediante: (i) control mecánico, empleando diversas herramientas de labranza; (ii) control cultural, donde se aprovechan las características propias de los cultivos que integran la secuencia de rotación, y (iii) control químico, que involucra el empleo de herbicidas. En particular, el uso de herbicidas es la práctica más efectiva y a la vez la que entraña el mayor costo para el productor y la que genera el mayor impacto ambiental.

El Manejo Integrado de Malezas (MIM) es un sistema de manejo que enfoca el problema de forma compatible con la preservación de la calidad del ambiente, utilizando las diferentes tácticas y estrategias de control disponibles con el objetivo de reducir las poblaciones de malezas a niveles tales que los perjuicios económicos producidos se hallen por debajo de un umbral económico aceptable para el sistema general de producción.

Dado que el número de alternativas individuales de control de malezas es elevado, la cantidad de posibles estrategias de manejo para un periodo de varios años es muy grande. Por otra parte, la implementación de una determinada estrategia de control que pueda resultar ecológicamente sustentable para el sistema en el futuro suele representar un “sacrificio económico” en el corto plazo. Por estas razones el beneficio de adoptar una determinada estrategia de control de malezas a largo plazo es difícil de cuantificar.

Sistemas de asistencia en la toma de decisiones

A fin de asistir a los productores y asesores técnicos en el proceso de toma de decisiones, se han desarrollado en la última década modelos matemáticos de simulación con el objetivo de cuantificar y comparar en el mediano y largo plazo tanto las ventajas como desventajas de la implementación de diferentes medidas de control de malezas, permitiendo seleccionar racionalmente la que mejor se adapte a las necesidades.

Se trata de encontrar programas de control que constituyan un balance entre los beneficios producidos por el rendimiento del cultivo y los costos del control (tanto económicos como medioambientales). Por ejemplo, un uso intensivo de herbicidas puede generar rendimientos elevados pero que no necesariamente compensen los costos de aplicación, además de poseer un elevado costo ambiental y favorecer la aparición de variedades resistentes. Por otra parte, una aplicación insuficiente produciría bajos rendimientos en la temporada actual e infestaciones elevadas que impactarían negativamente en los años subsiguientes.

Un antecedente interesante a nivel internacional es el desarrollo de un sistema de Toma de decisiones para el Manejo Integrado de la maleza *Lolium rigidum* en Australia (Pannell y col., 2004). Dicha especie es considerada la maleza más problemática del mundo debido a que ha sido identificada como resistente en 12 países, ha desarrollado resistencia a 11 sitios de acción e infesta más de 1,5 millones de hectáreas agrícolas (Heap, 2013).

La herramienta desarrollada por Pannell y col. (2004) consiste en un modelo de crecimiento específico para *L. rigidum* que permite evaluar por simulación distintas alternativas de control químico, mecánico y cultural, cuantificando su impacto económico en un periodo de varios años. Cabe mencionar que en Australia se ha realizado un uso sistemático e intensivo de herbicidas en la agricultura extensiva desde 1975 y los problemas de resistencia se han incrementado dramáticamente en los últimos años.

Otro ejemplo significativo es el sistema Weed-Manager desarrollado por un grupo de investigación de Inglaterra (Parsons y col., 2009) que permite estudiar diversos sistemas agronómicos malezas-cultivos.

Dichos modelos consisten esencialmente en la representación de la dinámica demográfica de la especie maleza en función de las prácticas de control adoptadas y de un módulo que permite el cálculo de diferentes indicadores económicos de la actividad agrícola. Para que los resultados de los modelos tengan suficiente validez para posibilitar su empleo en la práctica es necesario poseer conocimiento tanto biológico como agronómico específico del sistema cultivo-maleza bajo estudio, así como del efecto en su desarrollo de las distintas prácticas de control consideradas.

El estudio de la dinámica del sistema cultivo-maleza a través de la caracterización de los procesos demográficos y sus tasas de flujo resulta imprescindible para el desarrollo de modelos de simulación que sinteticen de manera integral la complejidad de los sistemas agronómicos y posibiliten una predicción adecuada de las tasas de invasión y perpetuación de las malezas.

En el Sudoeste de la provincia de Buenos Aires han evolucionado biotipos resistentes de malezas las cuales ocasionan serios perjuicios a la agricultura regional, tal es el caso de la resistencia a glifosato en *L. multiflorum* (raigrás anual) y *L. perenne* (raigrás perenne) o el caso de resistencia a graminicidas selectivos (FOPs) para cereales de invierno en *Avena fatua* (avena negra) (Heap, 2013). Por ejemplo, en poblaciones de raigrás anual con un historial de alta frecuencia de aplicación de glifosato se detectaron valores de resistencia cuatro veces superiores al de poblaciones sin registro previo de uso de este herbicida (Vigna y col., 2008, 2010).

La intensificación de los casos de resistencia a herbicidas en la región está asociada al creciente uso de técnicas de mínimo laboreo del suelo (siembra directa) altamente dependientes de la aplicación de herbicidas totales (glifosato) y herbicidas graminicidas específicos (FOPS Y DIMS), entre otros factores.

Por estas razones, la puesta en marcha de programas de control de malezas en la región resulta compleja. Por lo tanto, se entiende que la cuantificación del comportamiento de las malezas posee una proyección tecnológica significativa y resulta un elemento indispensable en la elaboración de estrategias integradas de manejo en ambientes donde la sustentabilidad del sistema esté amenazada.

Sistemas de asistencia en la toma de decisiones a nivel regional

En el ámbito de la UNS y del CCT-Bahía Blanca se ha gestado un equipo de trabajo interdisciplinario constituido por docentes e investigadores del Dpto. de Agronomía de la UNS y de la Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI, UNS-CONICET) quienes en colaboración con investigadores/extensionistas del INTA (EEA Bordenave) han avanzado en el desarrollo de un modelo de planeamiento operativo (MPO) para el manejo de *Avena fatua* (Lodovichi y col., 2013).

Dicha maleza es muy problemática por su naturaleza altamente invasora y competitiva, generando importantes pérdidas de rendimiento en cereales de invierno a escala tanto regional, como nacional y mundial debido a su carácter cosmopolita.

El principal objetivo de dicho modelo es determinar qué herbicidas conviene aplicar y los momentos en los cuales realizar las aplicaciones a lo largo de una temporada, de modo de maximizar el beneficio económico de la actividad teniendo en cuenta explícitamente el impacto ambiental a través de un término de costo o externalidad.

El modelo fue concebido sobre un sistema de siembra directa utilizando exclusivamente el control químico como herramienta de manejo. Se incorporaron una serie de alternativas de control a base de herbicidas totales no selectivos (glifosato y paraquat) y de herbicidas graminicidas selectivos (pinoxaden, clodinafop, fenoxaprop-p-etil, pyroxsulam, diclofop-metil, tralkoxydim) para el cultivo de trigo, habitualmente utilizados en la zona en estudio.

Se considero un horizonte anual (año calendario) de planeamiento durante el cual se simuló la evolución de la población de avena negra y se determinaron las pérdidas de rendimiento del cultivo de trigo en función del momento relativo de emergencia de las plántulas de la maleza y del número final de plantas establecidas que sobrevivirían a las operaciones de control. Para el caso de los herbicidas selectivos, la eficiencia de control se estableció en función de la ‘ventana’ o periodo de susceptibilidad de la maleza determinada por el estado fenológico de las plántulas.

El MPO recibe como datos de entrada: (i) el perfil de emergencia diario de la maleza (puede ser una estimación por parte de expertos o generado a partir de modelos específicos de predicción sobre datos meteorológicos), (ii) la densidad inicial del banco de semillas de la maleza (número de semillas/m² de suelo), (iii) la fecha de siembra del cultivo, (iv) parámetros agronómico/biológicos relacionados con la competencia cultivo-maleza, producción de semillas y eficiencia de los herbicidas y (v) parámetros económicos (precios, costos y externalidades).

El MPO permite calcular los costos de las operaciones de control (costo del herbicida, aplicación y costo ambiental) y la ganancia neta obtenida a cosecha. La cuantificación del impacto ambiental causado por la aplicación de herbicidas surge de la estimación de los costos externos de la actividad (externalidades) siguiendo la metodología propuesta en Leach y Mumford (2008).

A modo de ejemplo, evaluamos las recomendaciones del MPO utilizando información provista por el EEA INTA Bordenave correspondiente a la campaña 2004/2005.

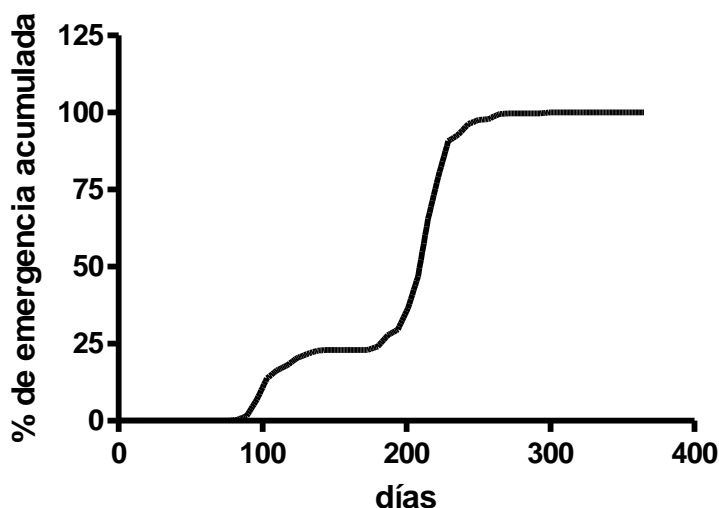
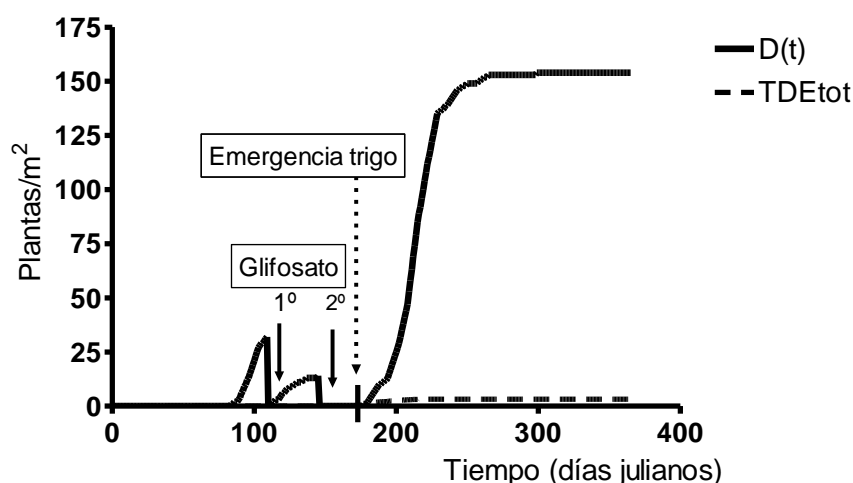


Figura 1. Perfil observado de emergencia de Avena fatua durante la campaña 2004/2005 en el campo experimental de la EEA Bordenave bajo siembra directa. La densidad inicial estimada del banco fue de 200 semillas/m².

El perfil de emergencia de *A. fatua* de dicha temporada (Fig. 1) se caracterizó por poseer dos cohortes, una temprana (previa a la siembra del cultivo) y otra de aparición tardía, luego del establecimiento del cultivo de trigo.

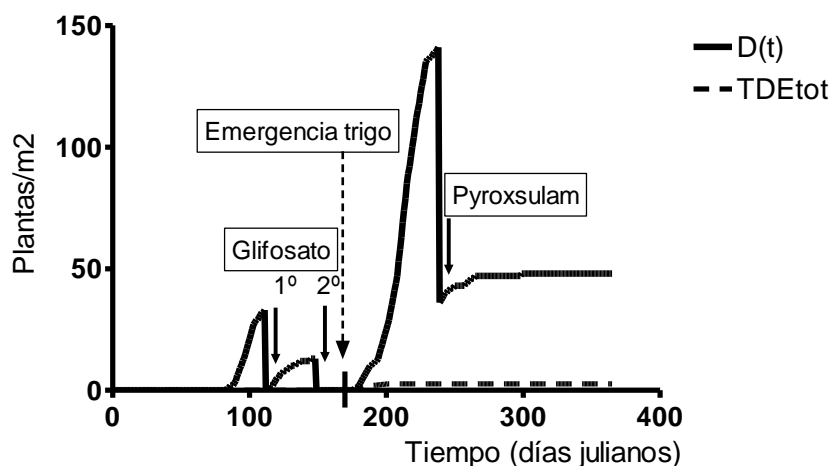
Si no se considera el impacto de la producción de semillas de las plantas de *A. fatua* remanentes en el sistema luego de efectuado el control, el modelo propone dos aplicaciones de glifosato en pre-emergencia del cultivo para eliminar las malezas que emergen antes de la siembra (Figura 2) y que, de permanecer en el sistema, tendrían un gran impacto sobre el rendimiento final. Debido a que la fracción remanente de las plántulas emerge tardíamente, su impacto sobre el rendimiento final del cultivo no sería significativo y por lo tanto no se recomienda realizar operaciones de control en post-emergencia.

Sin embargo, las plantas de *A. fatua* no eliminadas llegarán a producir semillas al final del ciclo de cultivo. Estas semillas reabastecerán el banco del suelo y serán las responsables de acrecentar los niveles de infestación en los años subsiguientes. A fin de evitar una excesiva producción de semillas, el MPO permite incorporar una penalización sobre la función objetivo que considere los costos que esas semillas tendrían a futuro. De este modo, el modelo seleccionará una estrategia que probablemente disminuya las ganancias del año simulado pero que permitirá evitar infestaciones mayores a mediano plazo. Como se observa en la Figura 3, al penalizar la producción de semillas de la maleza, el modelo sugiere realizar una aplicación de herbicida gramínicida en post-emergencia del cultivo, además de las dos de glifosato recomendadas en pre-emergencia. De este modo, se consiguen eliminar plantas que si bien no tienen un efecto significativo sobre el rendimiento actual, producirían semillas que se incorporarían al banco contribuyendo a la infestación en la próxima campaña.



Las flechas enteras indican los momentos óptimos de aplicación de los herbicidas seleccionados por el modelo. La flecha discontinua muestra la fecha estimada de emergencia del cultivo. Adaptado de Lodovichi y col. (2013).

Figura 2. Evolución de la densidad total de Avena fatua (D_t , plantas/m²) y de la densidad real que reduciría el rendimiento del cultivo de trigo (TDE_{tot} , plantas/m²) de acuerdo a las predicciones generadas con el MPO sin considerar la penalización por producción de semillas de la maleza.



Las flechas enteras indican los momentos óptimos de aplicación de los herbicidas seleccionados por el modelo. La flecha discontinua muestra la fecha estimada de emergencia del cultivo. Adaptado de Lodovichi y col. (2013).

Figura 3. Evolución de la densidad total de Avena fatua (D_t , plantas/m²) y de la densidad real que reduciría el rendimiento del cultivo de trigo (TDE_{tot} , plantas/m²) de acuerdo a las predicciones generadas con el MPO considerando la penalización por producción de semillas de la maleza.

Conclusiones y trabajos futuros

El MPO desarrollado por nuestro grupo de trabajo permitió establecer un marco teórico-conceptual para guiar las decisiones relacionadas con el control químico a lo largo de una temporada agronómica. Como caso de estudio, el modelo fue aplicado al sistema trigo-Avena fatua de la zona de Bordenave, pero puede adaptarse a otros sistemas proporcionando la información adecuada. Por ejemplo, en estos momentos se está trabajando en su aplicación al sistema trigo-Lolium perenne, de gran importancia en la región productiva del sudoeste de la provincia de Buenos Aires.

El principal aporte de este tipo de herramientas es la posibilidad de integrar en un solo entorno información diversa, desde meteorológica hasta económica, y proponer programas de control con el objetivo de asistir en el proceso de toma de decisiones a productores y asesores agropecuarios.

Cabe aclarar que la cantidad de información requerida por el modelo es muy grande y que por lo tanto es necesaria una colaboración muy estrecha entre los desarrolladores y los expertos de campo para acordar el valor de los parámetros específicos de cada sistema, así como el tipo de estudio a realizar en función, por ejemplo, del patrón de emergencia estimado.

Se espera que este desarrollo constituya la base de un modelo estratégico que permitirá la evaluación y selección de las mejores alternativas de control de malezas en un lapso de varios años, incluyendo técnicas de manejo complementarias al control químico (rotaciones de cultivos, control biológico, control mecánico, etc.) y considerando en forma explícita el efecto de los tratamientos sobre la aparición de biotipos de malezas resistentes.

Referencias

- Heap, I. 2013. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Accedido online: 9 de Agosto de 2013. <http://www.weedscience.org/>
- Leach, A. W., Mumford, J. D., 2008. Pesticide Environmental Accounting: A method for assessing the external costs of individual pesticide applications. *Environ. Pollut.* 151, 139-147.
- Lodovichi, M.V.; Blanco, A.M.; Chantre, G.R.; Bandoni, J.A.; Sabbatini, M.R.; Vigna, M.R.; López, R.L. y Gigón, R. 2013. Operational planning of herbicide-based weed management. *Agricultural Systems* 121, 117-129.
- OPDS. 2013. Marco de gerstion ambinetal y social “Aumento de la resiliencia climática y mejora de la gestión sustentable de la tierra en el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires”. Accedido on line 25/09/2013. <http://www.ambiente.gov.ar>
- Pannell, D.J., Stewart, V., Bennet, A., Monjardino, M., Schmidt, C., Powles, S.B. 2004. RIM: a bioeconomic model for integrated weed management of *Lolium rigidum* in Western Australia. *Agricultural Systems* 79, 305-325.
- Parsons, D.J., Benjamin, L.R, Clarke, J., Ginsburg, D., Mayes, A., Milne, A.E., Wilkinson, D.J. 2009. Weed Manager – A model-based decision support system for weed management in arable crops. *Computer and Electronics in Agriculture* 65, 155 – 167.
- Shapiro, J. F. 2001. Modeling the Supply Chain; Duxbury-Thompson Learning.
- Vigna, M.R., López, R.L., Gigón, R., Mendoza, J. 2008. Estudios de Curvas Dosis-respuesta de Poblaciones de *Lolium perenne* a Glifosato en el SO de Buenos Aires, Argentina. XVIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas, Ouro Preto, Brasil. 13 pp.
- Vigna, M., López, R., Gigón R., Sabbatini, M.R., Lodovichi, M., Chantre G. 2010. Management and emergence dynamics of herbicide-resistant *Lolium Perenne* Lam in winter cereals of Argentina. *Actas de Bayer Crop Pan American Weed Resistance Conference*, Miami Beach, USA. p.10.

***Guillermo R. Chantre^{1*}, Mariela V. Lodovichi¹, Aníbal M. Blanco², Alberto J. Bandoni², Mario R. Sabbatini¹**

¹Departamento de Agronomía y CERZOS, Universidad Nacional del Sur/CONICET
Bahía Blanca, Buenos Aires, 8000, Argentina.

²Planta Piloto de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur/CONICET
Bahía Blanca, Buenos Aires, 8000, Argentina.

*Guillermo R. Chantre: gchantre@criba.edu.ar

La colza y sus parientes silvestres en Argentina: El cultivo de colza en Argentina y en el mundo

Soledad Ureta*



La colza (*Brassica napus*) es una especie oleaginosa de ciclo invierno primaveral, a diferencia de la mayoría de los cultivos oleaginosos, que son de ciclo estival. El aceite de colza es un producto de alta calidad dentro del listado de aceites vegetales, exhibiendo como una de sus principales características la proporción de ácidos grasos que la conforman. Es rico en vitamina A y contiene un alto porcentaje de ácidos grasos no saturados simples. Junto al pescado de mar, el aceite de colza es una de las fuentes importantes de ácido linolénico, que también se conoce como ácido graso Omega-3.

El principal productor mundial es la Unión Europea con 10,5 millones de toneladas. En Argentina el área de mayor difusión es la provincia de Buenos Aires con 14 mil hectáreas (Figura 1a). Algunas limitaciones que pueden ser adjudicadas a la difusión de este cultivo son su competencia con el trigo, ya que ambos tienen períodos de ocupación similar y la inexistencia de herbicidas selectivos que permitan diferenciarlo de la maleza de nombre común nabo (*Brassica rapa*). Son parientes muy cercanos, con la diferencia que esta última contiene ácido erúrico, tóxico para el consumo humano y motivo de reducciones de precio en la comercialización. Esta circunstancia ha sido la causa principal por lo que fracasó su difusión en la región este - sudeste de la provincia de Entre Ríos donde el cultivo de trigo presenta altos riesgos a enfermedades fúngicas, especialmente Fusarium y mancha amarilla, y la colza podría ser una alternativa válida. En las zonas en las que durante el invierno sólo se cultivan trigo y cebada, la colza constituye una alternativa de diversificación para enriquecer el esquema de rotación. Por su mayor rusticidad, la colza puede rendir bien en suelos menos aptos para estos cereales, y en siembras tempranas o intermedias, permite la realización de cultivos de segunda e introduce una variante a la rotación actual, limitada a trigo-girasol. Asimismo la colza por su ciclo invierno-primaveral (Figura 1b) accede al mercado en otra época del año por lo que abastecería a la industria en un momento en que está inactiva dado que no se superpone con las otras oleaginosas. En Argentina el cultivo tuvo por diferentes motivos, una evolución muy dispar, no pudiendo en verdad tener un despegue definitivo. Según el sistema de información agrícola nacional, en el año 1978/79 se sembraron a nivel país 6.300 has, en tanto que la última campaña (2012/13) se alcanzaron 86.900 has, la mayor superficie hasta el momento. En términos económicos el precio de la colza resulta atractivo por su baja intervención con retenciones de solo el 10%. Las restricciones al comercio de distintos productos, especialmente trigo y las retenciones de otros productos han alentado a la colza en la última campaña. En los primeros dos meses del 2013 las exportaciones de colza se incrementaron en un 858% comparando con el mismo período del año anterior, alcanzando las 77.486 toneladas

según datos de SENASA. En la producción mundial de granos, la colza ocupa el segundo lugar en el mundo, después de la soja, como proveedora de aceite para alimentación y como combustible (biodiesel).

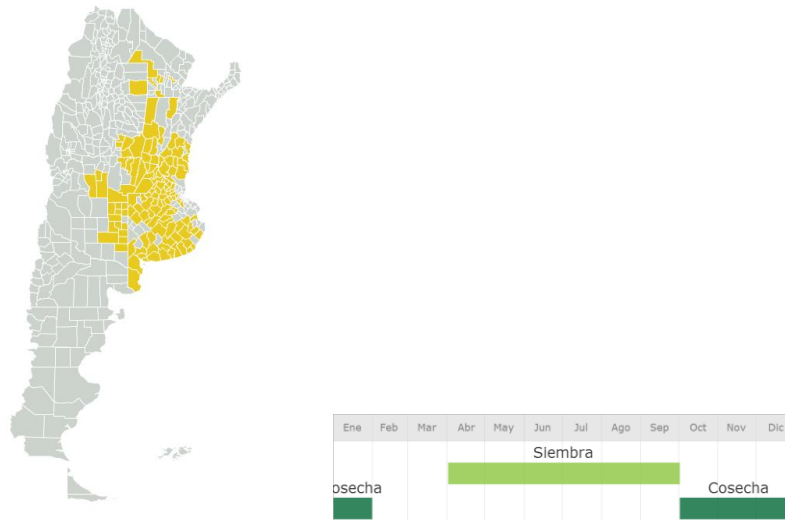


Figura 1. a) Área de producción del cultivo de Colza (*Brassica napus*).b) Ciclo de producción del cultivo. Miniagri 2013

Flujo de genes entre la colza y especies silvestres emparentadas

Numerosos estudios de flujo génico desde los cultivos a las especies silvestres emparentadas fueron impulsados por el surgimiento y comercialización de los cultivos genéticamente modificados. El fin de los mismos era cuantificar el riesgo ambiental, como la erosión de recursos genéticos o la generación de malezas de difícil control. Tres especies, *Brassica napus* (AACC $2n=38$), *B. juncea* (AABB, $2n=36$) y *B. carinata* (BBCC, $2n=34$) son alotetraploides derivados de tres especies diploides *B. nigra* (BB, $2n=16$), *B. oleracea* (CC, $2n=18$) y *B. rapa* (AA, $2n=20$) (Figura 2). Híbridos espontáneos entre *Brassica napus* y las otras cuatro especies han ocurrido, aunque con algunas dificultades. Las cruza espontaneas suceden frecuentemente entre *B. napus* y *B. rapa* o *B. juncea*.

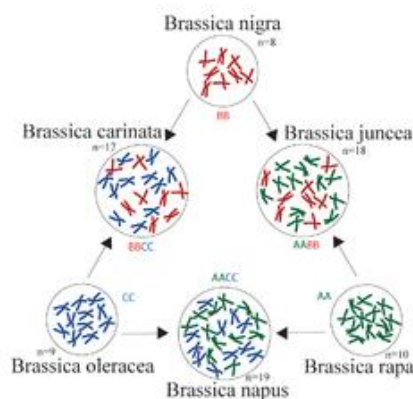


Figura 2. El triángulo de U (1935) describe el parentesco de las especies de Brassica

Como se observa en la Figura 2 el cruzamiento entre *B. rapa* y *B. oleracea* dio origen a la especie que se domesticó como el cultivo actual de colza, *B. napus*. La posibilidad de generar híbridos entre ambas especies en la naturaleza es mayor.

Transferencia de nuevas tecnologías a las especies silvestres

Como el flujo génico vía polen o semilla es un proceso natural, el relevamiento del riesgo potencial que podría generar un escape de genes desde el cultivo a las especies silvestres debería considerar 1) las especies silvestres para la conservación y el recurso biológico 2) las malezas emparentadas, para prevenir la posibilidad de mimetizarse con el cultivo que luego tornen difícil su control.

El cultivo de variedades de colza tolerantes a herbicida en nuestro país también presenta el riesgo de transferencia de esa característica las especies silvestres emparentadas antes mencionadas. En Argentina, se prohibió la comercialización de variedades transgénicas debido a su alta probabilidad (Resolución SAGPYA 228/97). Para que se verifique una hibridación exitosa, los parientes cultivados y silvestres deben coexistir, tener periodos de floración coincidentes, ser sexualmente compatibles, producir semilla viable y progenie fértil. Los genes deben persistir en las poblaciones silvestres naturales luego de la hibridación.

Con el fin de cuantificar el flujo de genes y la transferencia desde el cultivo a las especies silvestres emparentadas, nuestro grupo de trabajo ha realizado diversos estudios. Se identificaron los individuos fuera de tipo en poblaciones de *B. rapa* lindantes con el cultivo. Se utilizaron caracteres morfológicos (Tabla 1), análisis cromosómico y citometría de flujo para analizar los individuos muestreados. Los individuos se analizaron de acuerdo a los descriptores morfológicos aceptados internacionalmente (IBPGR 1990): porte, ramificación, forma y tamaño de las hojas y forma de la inflorescencia, tamaño y forma de silicuas, número de semillas por silicua

Tabla 1. Caracteres morfológicos que permiten diferenciar *B. napus* y *B. rapa*

Taxa	Hojas		Flores	Silicuas
	Forma	Pelos, color		
<i>Brassica rapa</i>	Basales brevemente pecioladas, superiores auriculado, abrazadoras en la base	Pelos en laminas en cara inferior, nervaduras y margen, hojas verde claro	Pedicelos florales más largos que las flores. Las flores abiertas quedan por encima de los botones florales del extremo del racimo	Oblicuamente ascendentes, largo 4-7 cm, rostro delgado, largo 10-15 mm
<i>Brassica napus</i>	Hojas superiores sésiles pero no abrazan completamente el tallo	Hojas glabras, verde azuladas (glaucas)	Las flores abiertas no sobrepasan a los botones florales del extremo del racimo.	Rostro delgado, largo 7-10 mm

Entre 1000 plantas analizadas en el Departamento de Agronomía encontramos un 1,5% fuera de tipo, posiblemente híbridos. Tanto los caracteres morfológicos como la citometría de flujo, que informa acerca del contenido de ADN de las células, resultaron herramientas adecuadas para detectar individuos híbridos en Brassica. La creciente difusión del cultivo de colza y la disponibilidad de variedades tolerantes a herbicida de la familia de imidazolinonas motivó el interés por investigar el flujo génico de este carácter desde el cultivo hacia las plantas crucíferas que constituyen malezas en la

región pampeana. Estimamos la frecuencia de cruzamientos desde *B. napus* y *Raphanus sativus* resistentes a imidazolinonas hacia poblaciones susceptibles emparentadas. Se realizó un ensayo en condiciones controladas de polinización libre entre una variedad de colza y una población de *R. sativus* resistentes y poblaciones susceptibles de *Brassica rapa*, *B. juncea* y *R. sativus*. En la siguiente generación observamos un 0,1% de plantas resistentes en *B. rapa*, 2,6% en *R. sativus* pero no se observó resistencia a herbicida en la descendencia de *B. juncea*. La transferencia de resistencia a las especies silvestres puede disminuir la eficacia de la tecnología CL® (resistencia a imidazolinonas) tornándolas malezas de difícil control, no sólo para los cultivos de colza sino para todos los cultivos que apliquen esta tecnología. Un buen manejo que considere la rotación de cultivos y de herbicidas permitirá una mayor perdurabilidad de estos productos en el mercado.

Estos y otros estudios relacionados se llevan a cabo por un grupo de investigadores constituido por el Dr. Miguel Angel Cantamutto, Dra. Mónica Poverene, Dr. Alejandro Presotto y el Ing. Claudio Pandolfo en el Departamento de Agronomía, UNS, Universidad Nacional del Sur y CERZOS, Centro de Recursos Renovables de Zona Semiárida, CCT Bahía Blanca.

Lecturas Recomendadas

- Devos, Y., De Schrijver, A., Reheul, D. 2008. Quantifying the introgressive hybridisation propensity between transgenic oilseed rape and its wild/weedy relatives. *Environmental Monitoring and Assessment*, 1-20.
- Ellstrand NC .2003. Dangerous liaisons?. When cultivated plants mate with their wild relatives. Johns Hopkins University Press, Baltimore MD.
- Liu Y.-B., Wei W., Ma K., Li J., Liangd Y., Darmency H. 2013. Consequences of gene flow between oilseed rape (*Brassica napus*) and its relatives. *Plant Sci.* 211:42-51.

*** Dra. Soledad URETA, Docente UNS e Investigadora Asistente CONICET, CERZOS (CCT-UNS)**

Fertilización fosfatada en trigo en la zona semiárida: Su influencia sobre el rendimiento y la eficiencia en el uso del N y del agua

Fernando M. López; Matias Duval; Juan Manuel Martínez; Juan A Galantini*



Dentro de la zona semiárida, el trigo es el cultivo que ocupa la mayor superficie en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Un factor clave en los sistemas productivos de esta zona es el manejo del recurso agua, primer limitante de los rendimientos, seguido por el fósforo y el nitrógeno (según el sitio). Por ello se evaluó la respuesta a la fertilización con fósforo y su influencia sobre la nutrición del cultivo y la eficiencia en el uso del agua.

Introducción

La principal característica que define a la zona semiárida es la erraticidad de las precipitaciones. Ello implica la variabilidad de las mismas, tanto en su distribución como en cantidad. Una consecuencia directa de lo expuesto consiste en la disparidad de los rendimientos interanuales de los cultivos.

Dentro de la zona semiárida, el trigo (*Triticum aestivum* L.) es el cultivo que ocupa la mayor superficie en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Dicha zona se corresponde con la subregión V Sur, se cultivan aproximadamente 1 millón de hectáreas anuales, lo que representa el 20% de la superficie nacional. Los rindes promedios de la zona oscilan entre 1600 y 1900 kg ha⁻¹.

En los últimos años ha aumentado el interés por la sustentabilidad y la reducción de los costos ambientales de los agroecosistemas, por lo que la fertilización de los cultivos se convirtió en una herramienta necesaria, ya que permite incrementar la eficiencia del sistema agrícola y mantener la productividad de los mismos debido a la reposición de nutrientes. Sin embargo, las grandes diferencias de rindes ocasionadas por la variabilidad de las precipitaciones, generan que la decisión de fertilización se torne difícil, ya que la respuesta del cultivo está ligada a la disponibilidad de agua. En particular, en el sudoeste bonaerense el nitrógeno (N) y el fósforo (P) son los nutrientes con mayor deficiencia comprobadas (Loewy y Sewald, 1980; Loewy y Puricelli, 1982). Los altos rendimientos de los cultivos agrícolas han incrementado la tasa de extracción del P, aumentando el área con baja disponibilidad de P asimilable, debido a que las dosis de aplicación de fertilizantes han sido muy inferiores a la exportación (García, 2005). Este es un costo de producción que no ha sido incluido en los cálculos de la rentabilidad de la empresa agropecuaria, es decir, es un “costo oculto” que se descubre cuando hay que reponerlo, si se pretende obtener rendimientos altos y sostenidos. Para mantener los niveles de producción, el P debe ser añadido al sistema suelo-planta como

fertilizante mineral para reponer lo que se extrae con la cosecha de granos (Vlek et al., 1997).

En general, la adecuada nutrición del cultivo presenta un impacto positivo en sobre la eficiencia en el uso del agua (EUA), atribuido a una mejora en el crecimiento y en el rendimiento del cultivo. El P incrementa la EUA y la tolerancia de los cultivos a la sequía a través del desarrollo temprano del cultivo que reduce la evaporación del agua del suelo, favoreciendo la transpiración del cultivo, y por la mayor proliferación (exploración del suelo) y actividad de las raíces (Micucci, 2002).

El objetivo del presente trabajo fue cuantificar la incidencia de la fertilización fosfatada en los parámetros del rendimiento del cultivo de trigo en la zona semiárida y su influencia sobre la evapotranspiración del cultivo.

Aspectos metodológicos

El estudio se realizó en el año 2010 en el campo de un productor ubicado en cercanías de la localidad de Saldungaray (38°19' S; 61°44' O), Partido de Tornquist, provincia de Buenos Aires.

Teniendo en cuenta la clasificación climática de Thornthwaite, el clima se ubica dentro del grupo Subhúmedo seco, con nulo o pequeño exceso de agua. La precipitación media anual es 732 mm, concentrada en otoño y primavera, con una estación seca a fines de invierno y otra semiseca a mediados de verano (Tabla 1). El clima es continental templado, con una temperatura media anual de 15°C.

Tabla 1. Precipitaciones históricas (1887 - 2010) para la localidad de Tornquist y datos del año 2010 en el establecimiento La Casilda, donde se realizó el ensayo.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Histórica	67	81	94	68	44	31	36	32	53	77	73	77	732
2010	30	158	96	5	23	17	48	0	81	103	47	45	653

Descripción del perfil:

- Profundidad efectiva: 1 m. (limitado por un horizonte petrocálcico o “tosca”).
- Capacidad de almacenamiento de agua útil: 206 mm
- Densidad Aparente 0-20 cm: 1,39 Mg m⁻³
- C orgánico (0-20 cm): 1,6 %
- pH (1:2,5): 6,75
- Fósforo extraíble (Bray y Kurtz) 0-20cm: 10 mg kg⁻¹
- N total: 0,197 %
- N disponible a la siembra: 30 kg ha⁻¹
- Agua disponible a la siembra: 72 mm

El ensayo consistió en tres dosis de P: un testigo (0 kg P ha⁻¹) y 2 dosis de P aplicadas a la siembra: 10 y 17 kg P ha⁻¹. El P se aplicó utilizando Fosfato Diamónico e igualando

las dosis de Nitrógeno. Se utilizaron estas dosis de P (que no son muy altas) porque son dosis de fertilizante que los productores de la zona semiárida están en condiciones de afrontar económicamente. Igualmente, aunque las dosis no fueron exageradas se pudo observar respuestas importantes en rendimiento y desarrollo del cultivo.

La variedad de trigo utilizada fue ACA 303. Durante el ciclo del trigo se evaluó la dinámica de la humedad del suelo en cada parcela, así como la producción de materia seca y grano en los estadios de macollaje, espigazón y cosecha. A las muestras recolectadas se les efectuaron los análisis para determinar N orgánico total por el método Kjeldhal (Bremner 1996) y P orgánico total (Johnson y Ulrich, 1959).

Se procedió a calcular las Eficiencias de uso del agua para los diferentes estadios según el agua utilizada por cada tratamiento:

$$EUA \text{ (kg mm}^{-1}\text{)} = (\text{kg de MS o grano}) / (\text{mm utilizados})$$

También se calcularon las eficiencias de utilización de los nutrientes estudiados:

$$EUP \text{ (kg kg P disponible)} = (\text{kg de MS o grano}) / (\text{kg P disponible})$$

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se utilizó ANOVA y el test DMS para la comparación de medias ($p < 0,05$), a través de INFOSTAT Software estadístico versión 2009 (Di Renzo et al., 2009).

Resultados obtenidos

Fertilización fosfatada y rendimiento

En cuanto a la producción de materia seca, en macollaje se notó un aumento del 48% a favor de los tratamientos fertilizados con P. Esto demuestra un efecto del P sobre los estadios tempranos del trigo, con lo que se logra aumentar el agua evapotranspirada por el cultivo y disminuir las pérdidas por evaporación directa del suelo.

En espigazón la producción de materia fue 35% superior en los tratamientos con P (Tabla 2).

Tabla 2. Producción de materia seca total aérea (kg ha^{-1}) en el ciclo del cultivo.

	Macollaje	Espigazón	Cosecha
0 P	816 a	3268 a	6657 a
10 P	1211 b	4237 b	7027 a
17 P	1221 b	4497 b	7481 a

Letras minúsculas diferentes en la columna significan diferencias estadísticas ($p < 0,05$)

Si bien se observó una tendencia a mayor producción de MS en los tratamientos con P, esta no llegó a ser estadísticamente significativa (Tabla 2). Sin embargo, la aplicación de P produjo un incremento del rendimiento de grano del 22 y 32 %, según se apliquen 10 o 17 kg P ha^{-1} (Tabla 3). Esto estaría indicando que durante la última etapa del cultivo, donde el agua fue más escasa, una buena provisión de P mejoró la eficiencia con que se utilizó el agua para la producción de grano.

Según Lázaro y Abbate (2001) la baja disponibilidad de fósforo afecta el número de granos por la disminución de la radiación interceptada debido a una menor expansión foliar. En el ensayo realizado no se observó una diferencia estadística en el número de granos, aunque se vio una tendencia a aumentar este parámetro por la fertilización fosfatada (Tabla 3).

Se evidenció un aumento del peso de los granos en aquellas parcelas fertilizadas con P, lo que demuestra que con una adecuada fertilización fosfatada se logra una mayor traslocación de fotoasimilados producidos por la planta hacia el grano.

Como la producción de materia seca aérea total fue similar en todos los tratamientos pero la producción de grano fue mayor en los tratamientos con P, se evidencia un aumento del índice de cosecha en las parcelas fertilizadas. Este mayor índice de cosecha observado en los tratamientos con P nos demuestra que aquellas plantas con una adecuada fertilización con P destinan mayor proporción de los fotoasimilados a los granos, lo que produce un aumento en el rendimiento de grano.

La fertilización fosfatada no modificó la cantidad de N absorbido por el cultivo pero si se modificó la cantidad de N que se removilizó hacia los granos, demostrando una mayor traslocación de fotoasimilados a los mismos. Mientras en el testigo (sin fósforo) solo el 67% del N total de la planta se localizaba en los granos, en aquellos tratamientos fertilizados con P el 75% del N se encontraba en los granos (Tabla 4).

Tabla 3. Parámetros del rendimiento de grano en el cultivo de trigo con aplicación de diferentes dosis de fosforo (0P, 10P y 17P).

	Espigas m ⁻²	Granos espiga ⁻¹	P 1000	Rinde	Índice de cosecha
0 P	374,9 a	20,01 a	29,91 b	2252,9 b	0,338 b
10 P	383,3 a	21,67 a	33,48 a	2756,0 a	0,374 a
17 P	403,0 a	21,65 a	34,49 a	2977,6 a	0,391 a

Letras minúsculas diferentes en la columna significan diferencias estadísticas (p<0,05)

Tabla 4. Contenido de nitrógeno total absorbido en la materia seca y en grano, proteína e índice de cosecha de nitrógeno.

	N Absorbido (kg ha ⁻¹)	N grano (kg ha ⁻¹)	Proteína grano (%)	Índice de cosecha del N
0 P	88,15 a	58,45 b	15,16 a	0,67 a
10 P	84,32 a	63,51 ab	13,28 b	0,75 b
17 P	91,37 a	69,29 a	13,42 b	0,76 b

Letras minúsculas diferentes en la columna significan diferencias estadísticas (p<0,05).

Si bien en los tratamientos con P una mayor cantidad de N se destinó a los granos, el porcentaje de proteína disminuyó debido al aumento del rendimiento. Igualmente el contenido de proteína no bajó de 13% para ningún tratamiento, por lo que no bajaría la calidad del trigo para la comercialización.

Debido al aumento del rendimiento por la fertilización con P se observó un aumento en la eficiencia de uso del Nitrógeno en todos los tratamientos con P respecto al testigo. Así, la aplicación de Fósforo a la siembra, al aumentar la eficiencia con la que se usa el N, nos permitiría aumentar el retorno económico por cada kg de N aplicado como fertilizante.

En la Figura 1 se observa que el rendimiento del cultivo de trigo en suelos deficientes está muy relacionado con la absorción total de fósforo por la planta. Así, según el cultivo absorba 4 o 11 kg ha⁻¹ de P, los rindes podrán ir de 1500 a 3500 kg ha⁻¹.

Como se observa en la Figura 1 el rendimiento de grano dependió de la absorción de fósforo por la planta. Maske et al. (2001) informaron que la mayor eficiencia en el uso del P (EUP) en diferentes variedades en ambientes con deficiencias se asoció con una mayor eficiencia de absorción del P. En el ensayo si bien no aumentó la eficiencia de absorción del P para los diferentes tratamientos (fue siempre de aproximadamente el 20%), si aumentó la cantidad total de P absorbido según la dosis de fertilizante (Tabla 5).

La utilización del fertilizante por el cultivo, es decir, la absorción del fertilizante aplicado, varió entre el 12,8 y 15,9% según la dosis, mostrando muy bajas eficiencias de utilización del fertilizante en el año de la aplicación.

Al aumentar la absorción de P con la fertilización, también se incrementó la concentración de fósforo en el tejido de las plantas de 0,09% a 0,11 o 0,12% según la cantidad de P aplicado (Tabla 5). La cantidad de P en los rastrojos fue menor a 1 kg ha⁻¹ para todos los tratamientos, no mostrando diferencias significativas.

Además de aumentar la concentración de fósforo en grano, en los tratamientos fertilizados también aumentó el rendimiento, por lo que la extracción de fósforo fue mayor. Sin embargo el balance fue positivo en los tratamientos fertilizados (aplicamos 10 o 17 kg ha⁻¹ de P y se extrajeron 6,48 y 7,99 kg P ha⁻¹ respectivamente).

El índice de cosecha del fósforo no varió entre los tratamientos y el testigo ya que todas las plantas destinaron aproximadamente el 90% del P absorbido al grano.

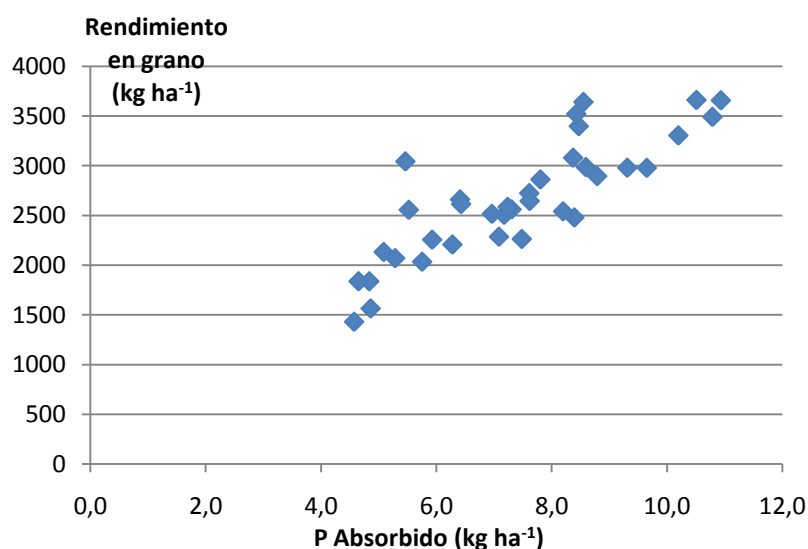


Figura 1. Rendimiento en grano y absorción de P por el cultivo de trigo (P en la materia seca total aérea).

Tabla 5. Contenido de fósforo total absorbido en la materia seca y en grano, concentración en grano e índice de cosecha del fósforo.

	P total (%)	P grano (%)	P absorbido (kg ha ⁻¹)	P grano (kg ha ⁻¹)	ICP
0 P	0,09 a	0,25 a	6,08 a	5,53 a	0,88 a
10 P	0,11 b	0,24 a	7,36 b	6,48 a	0,91 a
17 P	0,12 b	0,27 b	8,79 c	7,99 b	0,91 a

Letras minúsculas diferentes en la columna significan diferencias estadísticas (p<0,05).

Tabla 6. Humedad disponible (mm) en los estadios de macollaje y espigazón y agua evapotraspirada durante todo el ciclo del trigo (mm).

	Macollaje (mm)	Espigazón (mm)	Evapotraspiración total (mm)
0 P	40,92 a	43,58 a	369,0 b
10 P	29,42 b	30,24 b	380,9 a
17 P	19,21 b	34,93 ab	382,0 a

Letras minúsculas diferentes en la columna significan diferencias estadísticas (p<0,05).

Tabla 7. Eficiencia de uso del agua (EUA) para producir materia seca en macollaje (mac), espigazón (esp) y madurez fisiológica (MS total y grano), en kg mm⁻¹.

	EUA mac	EUA esp	EUA MS total	EUA grano
0 P	6,36 a	13,46 a	17,98 a	6,09 a
10 P	8,40 b	16,42 ab	18,40 a	7,21 ab
17 P	7,76 ab	18,13 b	19,86 a	7,78 b

Letras minúsculas diferentes en la columna significan diferencias estadísticas (p<0,05).

El fósforo y el uso del agua

Desde la siembra hasta el macollaje aquellos tratamientos con P evapotraspiraron mayor cantidad de agua que aquellas parcelas sin P. Esta mayor evapotraspiración explicaría la mayor producción de Materia Seca al macollaje (Tabla 2).

De macollaje a espigazón la evapotraspiración fue similar en todos los tratamientos, pero siempre la disponibilidad de agua útil disponible fue menor en los tratamientos con P.

La evapotraspiración total, es decir, el agua utilizada por el trigo para producir materia seca (paja y grano) fue mayor en los tratamientos fertilizados con P. Esta mayor utilización de agua por el trigo fertilizado con P se debe a que las parcelas fertilizadas pudieron utilizar humedad retenida en el perfil a tensiones superiores a 15 atmósferas, mientras que aquellas parcelas no fertilizadas no pudieron utilizar este agua.

La fertilización con P provocó un aumento de la EUA durante los primeros estadios del trigo, ya que hasta macollaje y espigazón se producía más materia seca por cada mm de agua evapotraspirado por el cultivo. La EUA para materia seca total no mostró diferencias significativas pero se observó una tendencia a una mayor producción de materia seca por los tratamientos fertilizados, ya que estos utilizaron más agua.

En cuanto a la EUA para grano, los tratamientos fertilizados produjeron más kg de grano por mm consumido. Esta mayor producción de grano por mm consumido se debería a una mayor traslocación de fotoasimilados hacia los granos por cada mm de agua utilizada por el cultivo. Además, hay que tener en cuenta que los tratamientos con P además de producir más grano por cada mm disponible también utilizan mayor cantidad de mm de agua del suelo, con lo que la diferencia de rinde aumenta notablemente.

Consideraciones finales

En la zona semiárida, en suelos deficientes de P, el rendimiento del cultivo de trigo estaría relacionado con la absorción de Fósforo por el cultivo. Dicha absorción es posible aumentarla con la fertilización fosfatada a la siembra.

La fertilización con Fósforo en suelos deficientes provoca un aumento del rinde de grano de entre el 22 y el 32 %.

El aumento del rendimiento de grano causado por la fertilización con fósforo sería explicado por:

- un aumento del peso del grano, consecuencia de una mayor traslocación de fotoasimilados durante el llenado del grano.
- un mayor aprovechamiento del agua retenida en el perfil, posiblemente debido a un mayor desarrollo radical.
- la mayor eficiencia de uso del agua, ya que en los tratamientos con fósforo hay mayor producción de grano por mm evapotraspirado.
- En suelos deficientes en P, al fertilizar se logra extraer más agua del perfil del suelo, aun la que está retenida a tensiones mayores a 15 atmósferas.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a los productores de la Regional Bahía Blanca de AAPRESID, en especial a Miguel Manuel López, propietario del establecimiento donde se realizaron los ensayos, a Profertil S.A. y al proyecto BIOSPAS (BID 1728 OC-AR PAE 36976 / PID 53).

Bibliografía

- Bremner J M. 1996. Nitrogen - Total. En: Methods of Soil Analysis, part 3. Ed. Sparks, D. IL, Chemical Methods, 1085 - 1123.
- García F. y Berardo, A. 2005. Trigo. In: H.E. Echeverría y F.O. García (Eds.). Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. 233-253.
- Johnson C. M., Ulrich A. 1959. II Analytical methods. For use in plant analysis. 26-77. California Agricultural Experimental Station Bulletin 766.
- Lázaro L; Abbate, P.E. (2001). Deficiencias de fósforo como determinantes del número de granos en trigo. Actas del V Congreso Nacional de Trigo. Villa Carlos Paz, Córdoba.
- Loewy T., Puricelli C.A. 1982. Disponibilidad de Fósforo en suelos del área de la E. E. A. Bordenave. Informe Técnico n° 28.
- Loewy T., Sewald H. A. 1980. Fertilidad nitrogenada para trigo en suelos del SO bonaerense. IX Reunión Argentina de la ciencia del suelo II: 533-536.
- Maske G.G.B.; Ortiz-Monasterio, J.I.; Van Ginkel, M.; Gonzales, R.M.; Fischer, R.A.; Rajaram, S.; Vlek, P.L.G. 2001. Importance of P uptake efficiency versus P utilization for wheat yield in acid and calcareous soils in Mexico. European Journal of Agronomy, 14: 261-274.
- Micucci F., Álvarez C. 2002. Impacto de las prácticas de manejo sobre la eficiencia de uso del agua en los cultivos extensivos de la región pampeana argentina. Archivo Agronómico N° 6, Informaciones Agronómicas del Cono Sur N° 15. INPOFOS Cono Sur, Argentina.
- Vlek P.L.G., Kuhne R.F., Denich M., 1997. Nutrient resources for crop production in the tropics. Phil. Trans. R. Soc. London B 352, 975-985.

*** Ingenieros Agrónomos Fernando M. López, Matias Duval y Juan Manuel Martínez, Becarios CONICET (CERZOS-UNS), Dr. Juan A Galantini, Investigador Comisión Investigaciones Científicas (Pcia. BA), CERZOS-Dpto. Agronomía (UNS). F. López fmlopez@cerzos-conicet.gob.ar**

Transferencia de tecnología, negociación y formulación de contratos tecnológicos

Fernando Juárez*



La transferencia de conocimiento desde el ámbito público y académico hacía el tejido social y productivo, se ha convertido hoy, en un importante elemento para fomentar la productividad del país y con ello impulsar la generación de empleo y cohesión social.

Nociones Generales

La transferencia de conocimiento desde el ámbito público y académico hacía el tejido social y productivo, se ha convertido hoy, en un importante elemento para fomentar la productividad del país y con ello impulsar la generación de empleo y cohesión social.

Cuando utilicemos, en el presente módulo del curso, la palabra “transferencia de tecnología”, lo haremos en el sentido de “trasmisión de conocimientos técnicos o de tecnología desde universidades o centros de investigación pública al sector socio productivo mediante convenios o acuerdos correspondientes.

Es importante distinguir el concepto de transferencia de tecnología de otros conceptos asociados como, difusión de tecnología o diseminación tecnológica. La primera conlleva convenios con contraprestaciones de índole económica. Los segundos están relacionados con procesos de comunicación de conocimientos científicos en forma libre y abierta.

El Cambio de Cultura. Del modelo “lineal” al modelo “triple hélice”

La noción de transferencia de tecnología que hoy se usa en los ambientes universitarios y centros de investigación pública es el resultado de proceso largo fruto de una convergencia de dos culturas sobre la producción de conocimientos.

“La cultura de la ciencia abierta” suponía que la ciencia básica era tarea principal de las universidades y centros de investigación públicos. Estos últimos tenían que generar un acervo de conocimientos y ponerlos a disposición del sector privado. La ciencia aplicada era la actividad que le correspondía al sector privado.

En esta cultura el incentivo para los avances científicos esta dado por la publicación, la revisión y evaluación entre pares y por el prestigio que da el hecho de ser el primero en descubrir o publicar algo.

“La cultura tecnológica” o de ciencia aplicada, desarrollada por el sector privado, es la encargada de la aplicación inmediata de los conocimientos generados en el ambiente universitario.

Esta cultura funciona a través de un sistema de incentivos y retribución basado en mecanismos que permiten apropiarse de los resultados de investigación (derechos intelectuales).

Este modelo es conocido también como “lineal”, porque cada sector tiene delineada su tarea e incumbencia.

Sin embargo este modelo lineal de producción de conocimiento y su aplicación a la innovación tecnológica ha sido ampliamente debatido desde los años cincuenta, evidenciándose que dicho modelo, entendido como una sucesión secuencial de etapas, no se ajusta a la realidad compleja y cambiante de la transferencia de tecnología y la innovación tecnológica, ni explica la complejidad de los procesos de interacción para la incorporación del desarrollo de la I+D básica orientada para resolver problemas concretos, efecto de la demanda social, económica y tecnológica (1).

Modernamente la innovación es considerada un proceso más complejo e interactivo. “No se cree que arrojar los conocimientos por encima de los muros universitarios y confiar en la suerte, sea suficiente como para estimular la aplicación de esos conocimientos y lograr un beneficio económico y social. De ahí que se considerara la introducción de las patentes como medio de cambiar la estructura de los incentivos en el sector público para abordar esta deficiencia. También se ha difuminado un poco la distinción, nunca muy precisa, entre la ciencia básica y aplicada. El desarrollo de la biotecnología ha tenido como resultado que se perciba el potencial de alto valor comercial de algunas áreas de la ciencia básica, como la genómica” (2).

La complejidad del sistema de transferencia de tecnología e innovación dio a luz el sistema o modelo que hoy impera y es conocido como “triple hélice” donde se produce un entrecruzamiento o convergencia de actores y formas de producción de conocimientos. Se reconoce que en el proceso de transferencia intervienen simultáneamente universidades y centros de investigación pública, empresas y estado.

Asimismo valores de la cultura tecnológica han penetrado en el de la ciencia abierta. Se ha tomado nota que muchos conocimientos generados en las universidades y centros de investigación terminarían archivados sino se los protege a través de mecanismos de propiedad intelectual, pues sin dicha protección no se encuentran empresas interesadas en aplicar o llevar dichos conocimientos al sector socio-productivo.

La transferencia de los resultados de la investigación desde la universidad al sector productivo constituye hoy en día un objetivo importante, no solo desde la perspectiva de las propias universidades, sino también, muy especialmente, en atención a los intereses generales de la economía del país. Gracias a esa transferencia se consigue no sólo contribuir a la financiación de los centros universitarios de investigación, sino que se pone a estos en situación de conocer las necesidades tecnológicas del sector productivo y se contribuye a hacer que éste sea más competitivo a nivel internacional (3).

Desde la experiencia internacional, uno de los momentos claves para el desarrollo de la transferencia de tecnología por parte de las universidades, aparece en el año 1980 en Estados Unidos, en el marco de la Ley de Stevenson-Wydler y Bayh Dole. En ella se dispuso las bases legales para la creación de alianzas de transferencia de tecnología entre ambos agentes: universidad y empresa y el acercamiento de dos culturas de innovación diferentes (4).

De esta forma se intentaba facilitar la comercialización de la investigación y la aceleración de la innovación. Posteriormente, la mayoría del mundo desarrollado ha puesto en práctica políticas similares. En los países en desarrollo más avanzados tecnológicamente también existe gran cantidad de evidencia que indica que se están obteniendo patentes en un contexto similar. En algunos países en desarrollo las solicitudes internacionales de patentes (a través del PCT) proceden cada vez más de universidades o de empresas derivadas (5).

Transferencia de Tecnología y Propiedad Intelectual.

La propiedad intelectual en sentido general, incluyendo los derechos de autor y la propiedad industrial, es un instrumento jurídico que permite proteger algunos resultados de investigación y el trabajo intelectual. De esta manera se asegura que quien ha realizado una creación intelectual tenga un derecho exclusivo de explotación por un determinado tiempo.

La utilización de este instrumento por parte de universidades y centros de investigación fue siendo aceptado lenta y paulatinamente a medida que se fueron asimilando los cambios comentados en el apartado anterior y se fueron venciendo algunas resistencias.

Se decía que no era razonable que empresas privadas se apropiaran de conocimientos generados en instituciones públicas y con fondos públicos, cuando además dichos conocimientos deberían estar disponibles para la toda la sociedad.

Similar resistencia encontraba la posibilidad de otorgar licencias exclusivas a empresas respecto de resultados de investigación universitaria. En 1974 un Tribunal de EE.UU. (Distrito de Columbia) sostuvo que la concesión de licencias exclusivas de patentes de propiedad pública era inconstitucional (6).

El cambio de este pensamiento fue forzado por universidades y empresas de todo el mundo. En 1980 el Rector de la Universidad de Harvard sostenía que las “patentes ofrecían un incentivo para buscar más vigorosamente descubrimientos en sus laboratorios”.... En ese mismo año una reforma de la ley de patentes de los EE.UU. permitió a las universidades (y pequeñas empresas) ser titulares de las patentes desarrolladas con fondos públicos federales (7).

Los resultados de investigación universitaria requieren mucha inversión no solo en su faz de desarrollo sino también en la de explotación y comercialización.

Es evidente que ninguna empresa está dispuesta a hacer tales inversiones, si una vez que ha conseguido introducir el nuevo producto en el mercado, ese mismo producto puede ser comercializado por cualquier empresa competidora, que tendrá, además, la ventaja de no haber tenido que hacer la misma inversión. Está demostrado que las empresas sólo están dispuestas a invertir en el desarrollo y comercialización de un producto si tienen la seguridad de que podrán explotarlo en exclusiva durante cierto tiempo, para compensar y obtener beneficios por la inversión realizada (8).

La protección de los conocimientos generados en universidades y centros de investigación.

Si bien durante el curso se ahondara sobre distintos institutos de la propiedad intelectual resulta importante que vallamos adelantando como algunos de estos pueden utilizarse por universidades y centros de investigación.

Derechos de autor: Este instituto puede utilizarse para la protección de libros, artículos y cualquier publicación de docentes e investigadores universitarios. El derecho de autor es también el medio por el cual se pueden proteger diseños, planos, dibujos y obras audiovisuales. En la actualidad es el medio de protección de los programas de computación (software).

Debe destacarse que el derecho de autor protege las formas de expresión de ideas y métodos, no las ideas y métodos en sí mismos. Se otorga derechos exclusivos sobre la reproducción y difusión de las obras protegidas.

Derecho de patentes: La patente de invención es un derecho exclusivo a la explotación de una invención durante un periodo determinado. Se materializa por medio de un título que otorga el estado.

El régimen de patentes se limita a invenciones, sean de productos o procedimientos, que sean nuevas, entrañen una actividad inventiva y sean susceptibles de aplicación industrial. Para que se otorgue la patente, se requiere normalmente que la presentación de una solicitud se vea acompañada mediata o inmediatamente de la descripción de la invención de manera suficientemente clara y completa para que las personas capacitadas en la técnica de que se trate puedan llevar a la práctica la invención (9).

Las patentes constituyen uno de los elementos jurídicos dirigidos a promover el desarrollo tecnológico. Permiten a los creadores de nuevas tecnologías apropiarse de los resultados de sus esfuerzos inventivos, y los protegen de la competencia de potenciales usuarios de las mismas tecnologías.

Modelos de utilidad: Esta destinado a proteger innovaciones menor calidad creativa que las que se protegen por medio de patentes. Su regulación, en la Argentina, está dada en la misma norma que el de las patentes de invención, la Ley 24.481. La ley los define como “toda disposición o forma nueva obtenida o introducida en herramientas, instrumentos de trabajo, utensilios, dispositivos u objetos conocidos que se presten a un trabajo práctico, en cuanto importen una mejor utilización en la función a la que estén destinados. Al igual que las patentes otorgan un derecho exclusivo de explotación, pero por un tiempo menor al de aquellas.

Son requisitos para solicitar un modelo de utilidad la novedad y el carácter industrial de la innovación. No son impedimentos para la concesión del certificado de modelo de utilidad, que la innovación carezca de actividad inventiva o sea conocido o se haya divulgado en el exterior.

Diseños y Modelos Industriales: Estos instrumentos están destinados a proteger aspectos ornamentales y estéticos de objetos o productos industriales. En la Argentina esta protección esta instrumentada a través del Decreto-Ley 6673/63.-

Generalmente se protegen los diseños y modelos industriales originales.

Derechos de Obtentor: La protección de las variedades vegetales por medio de este instrumento concede al obtentor de una nueva variedad el derecho a explotarla en exclusividad, al igual que una patente crea un monopolio sobre un invento. Se otorga un derecho exclusivo como contrapartida para incentivar la innovación y al igual que los derechos de autor permite que el obtentor controle la reproducción (copia) por terceros de su variedad. En Argentina esta protección está dada por la Ley 20.247.-

Secreto Industrial o Información Confidencial: El régimen jurídico aplicable a los conocimientos técnicos confidenciales y secretos implica que quien desarrolla cierta tecnología puede preservarla en su poder e impedir fáctica y jurídicamente que terceros tengan acceso a las misma. No puede impedir, sin embargo, que terceros independientes desarrollen la misma tecnología (9).

La Ley 24.766 establece como requisitos para esta protección, que la información tenga un valor comercial, no esté revelada en el sector relevante, se hayan tomado medidas razonables para mantenerla secreta y la apropiación por medio de terceros se haya hecho mediante prácticas comerciales deshonestas.

Conclusiones.

Las universidades y centros de investigación han tomado nota que los conocimientos generados en sus ámbitos pueden ser útiles no solo para ser publicados en revistas y publicaciones científicas, sino que pueden servir directamente para acelerar o incrementar la innovación tecnológica de su región o país, y esto mejora las posibilidades económicas generales de los lugares donde aquellos se desenvuelven.

Es importante que estas instituciones adopten políticas y medidas necesarias y útiles para gestionar y proteger los conocimientos generados en sus ámbitos.

En este sentido, la gran mayoría de universidades nacionales y centros de investigación públicos han generados marcos normativos por los cuales se han creado oficinas de transferencia de tecnología y propiedad intelectual y se ha regulado la gestión y protección de los derechos intelectuales resultantes de los conocimientos generados en sus ámbitos.

Referencias

1. Política y Gestión de Derechos de Propiedad Intelectual e Industrial en el Contexto de la Universidades. Pág. 8. Facultad de Derecho y Ciencias Sociales. Universidad Nacional del Córdoba.
2. Temas de Derecho Industrial y de la Competencia, Propiedad Intelectual y Políticas de Desarrollo, Ciudad Argentina, pág. 310.
3. Nociones sobre patentes de invención para investigadores universitarios, Coordinador: Alberto Bercovitz, Pág. 9. Ediciones Unesco/CRE-Columbus.-
4. Política y Gestión de Derechos de Propiedad Intelectual e Industrial en el Contexto de la Universidades. Pág. 9. Facultad de Derecho y Ciencias Sociales. Universidad Nacional del Córdoba
5. Temas de Derecho Industrial y de la Competencia, Propiedad Intelectual y Políticas de Desarrollo, Ciudad Argentina, pág. 308.-
6. Colección CEA-CBC, Universidad Nacional de Buenos Aires, Temas de Propiedad Intelectual, Carlos M. Correa, Pág. 67.-
7. Colección CEA-CBC, Universidad Nacional de Buenos Aires, Temas de Propiedad Intelectual, Carlos M. Correa, Pág. 68.
8. Nociones sobre patentes de invención para investigadores universitarios, Coordinador: Alberto Bercovitz, Pág. 12. Ediciones Unesco/CRE-Columbus.-
9. Derecho de las Patentes de Invención /1, Guillermo Cabanellas de las Cuevas, Heliasta, Pág. 19.-

*** Abogado Fernando Juárez, Responsable de Transferencia de Tecnología y Propiedad Intelectual (UNS) Avda. Colón 80 3° Piso-Bahía Blanca (B8000 TFN) E-mail: fjuarez@uns.edu.ar**

Tercera Jornada de Intercambio de Producción Científico – Tecnológica

III JIPCiTe

La Jornada de Intercambio de Producción Científico-Tecnológica tiene el objetivo de propiciar el intercambio y la difusión de las actividades de investigación y/o tecnológicas, llevadas a cabo por el personal del Departamento de Agronomía (UNS) y del CERZOS (CCT- CONICET Bahía Blanca). De esta manera se intenta favorecer el conocimiento de las tareas desarrolladas por cada uno de los grupos de trabajo, el intercambio de opiniones entre investigadores, tesistas y tesinistas que desarrollen trabajos afines y la difusión de estas tareas a los alumnos avanzados.

El día 5 de Diciembre de 2013 se realizó en el Edificio E-1, CCT Bahía Blanca CONICET la tercera Jornada de Intercambio de Producción Científico-Tecnológica en la que se presentaron resultados de la actividad desarrollada por el personal del Departamento de Agronomía (UNS) y del CERZOS (CCT- CONICET Bahía Blanca).

Acceso al LIBRO DE RESUMENES

¿Sabía Ud?

Por **María Celina Zabaloy***

¿Sabía Ud. que los suelos agrícolas albergan comunidades microbianas con un potencial metabólico interesante, tal como la capacidad de degradar pesticidas? Algunos de estos microorganismos degradadores podrían ser utilizados como una alternativa ecológica y económica en tareas de remediación de suelos, sedimentos o aguas contaminadas. La bacteria *Cupriavidus necator* EMA-G fue aislada de un suelo de la cuenca del río Sauce Grande, por su capacidad de degradar el herbicida ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D). Esta cepa utiliza el 2,4-D como único sustrato de carbono y fuente de energía en medio de cultivo con una alta concentración del herbicida, en un tiempo muy corto (¡menos de 1 día!). Los genes que codifican las enzimas necesarias para el metabolismo del herbicida (genes *tfd*) en *C. necator* JMP134, pariente cercano de la cepa EMA-G, se encuentran en un plásmido (pJP4) capaz de ser transferido horizontalmente a otras bacterias receptoras en el suelo... ¡otorgándoles la sorprendente capacidad de degradar 2,4-D a las nuevas hospedadoras! Esto incrementa la capacidad de autodepuración del suelo, ya que la presencia de un bajo número de células de *C. necator* alcanzan para comenzar la tarea de degradar el herbicida a la vez que “contagian” a bacterias vecinas esa capacidad, logrando la detoxificación rápida y eficiente del 2,4-D.

***Dra. María Celina Zabaloy, Investigadora Asistente de CONICET, Laboratorio de Ecología Microbiana, Departamento de Agronomía**