



## APORTES ARGENTINOS A LA ECOFISIOLOGÍA DE CULTIVOS

Gustavo A. Slafer<sup>1</sup>, Antonio J. Hall<sup>2</sup>, Daniel J. Miralles<sup>2</sup> (\*)

<sup>1</sup> ICREA, AGROTECNIO y Universitat de Lleida, Av. Rovira Roure 191, 25198 Lleida, España.

<sup>2</sup> IFEVA y Facultad de Agronomía UBA/CONICET, Av. San Martín 4453, (C1417DSE) C.A. Buenos Aires, Argentina.

(\*) Contribuyeron con información para escribir este artículo: M.E. Otegui, L. Borrás, J.L. Rotundo,

B. Gambín, F. González, J.P. Monzón, D. Ferraro, D. Battla

E mail: [slafer@pvcf.udl.cat](mailto:slafer@pvcf.udl.cat)

Recibido: 23/10/2018

Aceptado: 14/12/2018

### RESUMEN

La ecofisiología de cultivos en Argentina tiene una amplia y reconocida trayectoria no solo en el ámbito nacional sino también internacionalmente a través de una importante cantidad de trabajos publicados por distintos grupos de investigación Argentinos en revistas científicas y técnicas de reconocimiento mundial. En este trabajo se ha intentado poner de relevancia el impacto que la investigación en ecofisiología de cultivos realizada en Argentina ha tenido en la comunidad científica internacional y la aplicación a nivel local y regional en las áreas de transferencia tecnológica. Para ello, se han cuantificado los aportes al conocimiento global a través de publicaciones primarias en revistas indexadas en la "Web of Science" y se ha hecho un análisis de la calidad de estas publicaciones. Los resultados muestran los importantes aportes al conocimiento de la funcionalidad de los cultivos a partir de los estudios de la ecofisiología desarrollada por grupos argentinos, los que en muchos casos se tradujeron en aportes al manejo de los cultivos, no solo a través de conferencias técnicas y publicaciones en revistas técnicas y/o de divulgación, sino también a través de herramientas diseñadas para la toma de decisiones en los sistemas de producción.

**Palabras clave:** Ecofisiología de cultivos, publicaciones científicas, Argentina

## ARGENTINE CONTRIBUTIONS TO CROP ECOPHYSIOLOGY

### SUMMARY

Crop ecophysiology in Argentina has a wide and recognized impact at national as well as at international level, through a significant amount of works published by different Argentine research groups in scientific journals of worldwide recognition. In this work, we tried to highlight the impact that research in crop ecophysiology in Argentina has had on the international scientific community and the application of the knowledge produced by local groups of ecophysiology in the areas of technology transfer. For this, the contributions to global knowledge have been quantified through primary publications in indexed journals in the "Web of Science" as well as through the analysis of the quality of these publications. The results showed the important contribution of the Argentine ecophysiology studies to the knowledge of the functionality of the crops, which in many cases were translated into contributions to the crop management, not only through conferences for farmers and technicians and publications in technical journals, but also through tools designed for decision making in production systems at local and regional level.

**Key words:** Crop ecophysiology, scientific publications, Argentina

## INTRODUCCIÓN

La ecofisiología de cultivos es una rama de la fisiología vegetal que estudia el comportamiento de los cultivos (poblaciones de individuos de genotipo similar o idéntico) en respuesta a factores genéticos, ambientales y de manejo (y a sus interacciones). Por comportamiento se entiende en general los atributos que determinan el crecimiento, el desarrollo, la productividad y la calidad de los órganos cosechados. La característica distintiva de la ecofisiología de cultivos es el foco en una escala de tiempo y de espacio que está vinculada con el comportamiento que pretende estudiar (entender y generar herramientas para manipular).

El desarrollo de esta disciplina comenzó a tener relevancia con la publicación de tres libros que marcaron el desarrollo de la especialidad (Eastin *et al.*, 1969; Milthorpe y Moorby, 1974; y Evans, 1975). Naturalmente estudios puntuales en ecofisiología de cultivos comenzaron con anterioridad, de lo contrario no habría habido contenido para esos libros. En la Argentina, el desarrollo de la ecofisiología de cultivos comenzó más o menos en esa época, con estudios en maíz por parte del grupo de Alberto Soriano. Sin embargo, la primera publicación internacional en este campo parece haber sido realizada en 1980, sobre el efecto de la sequía en el intervalo entre antesis y emergencia de estigmas en maíz (publicado en el *Zeitschrift für Acker und Pflanzenbau*, en la actualidad el *Journal of Agronomy and Crop Science*).

A pesar del escaso período de tiempo en que se ha desarrollado esta disciplina en el país, la consolidación de la misma fue relativamente rápida tal como lo muestra la Figura 1a en la que se observa que a partir de 1990 la cantidad de publicaciones en el área de ecofisiología ha crecido rápidamente alcanzando hasta el momento del final de la presente revisión más de 500 trabajos publicados. Por otro lado, se ha alcanzado un grado de madurez sorprendente teniendo en cuenta

que la investigación en el área de la ecofisiología: (i) ha comenzado más tarde que la de otros países y (ii) ha contado con muchos menos recursos (humanos y financieros), los que se han vuelto más escasos en aquellas etapas socio-económico-políticas más difíciles. En este marco, la ecofisiología de cultivos argentina ha logrado un nivel de inserción global que muy pocas otras ramas del conocimiento en el país han logrado, distinguiéndose de lo que ha sido habitual en la mayoría de otros campos científicos, ya que ha sabido traducir sus aportes al conocimiento en actividades de innovación destacadas. Para dar testimonio de este proceso de desarrollo en investigación y en transferencia, hemos recopilado información acerca de los aportes (i) de científicos argentinos a la bibliografía internacional sobre ecofisiología de cultivos, tanto en términos de cantidad como de calidad de los mismos, y (ii) de transferencia del conocimiento generado al medio.

## INVESTIGACIÓN

Con la finalidad de poner en evidencia la relevancia que ha alcanzado la investigación en ecofisiología de cultivos realizada en Argentina, nos hemos valido de indicadores objetivos de aceptación universal. Primero hemos cuantificado los aportes al conocimiento global a través de publicaciones primarias en revistas indexadas en la "*Web of Science*" y posteriormente hemos hecho un análisis de la calidad de estas publicaciones.

Para realizar este análisis hemos adoptado una estrategia conservadora, por lo que las contribuciones que mostraremos pueden resultar parciales. La única forma de llevar adelante este estudio con un mínimo de razonabilidad en términos de demanda de esfuerzo ha sido el seleccionar un número de investigadores de cierta prolificidad de publicación en el campo disciplinario y analizar su producción usando la "*Web of Science*" (Cuadro 1). Los resultados que obtuvimos son conserva-

**Cuadro 1.** Listado de autores de referencia utilizados para realizar la búsqueda de trabajos publicados en el periodo 1980-2017 publicados en Argentina y referidos a cultivos extensivos de granos utilizando el "Web of Science". El presente listado excluye trabajos publicados por argentinos en el exterior. Los trabajos co-autorados por más de un integrante de este grupo fueron incluidos solamente una vez. La filiación actual de aquellos autores que no residen en Argentina se indica con superíndices definidos a pie de tabla.

Apellido y nombre	Filiación de autores en Argentina
Abbate P.E	INTA Balcarce
Aguirrezabal L.N	Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, CONICET
Andrade, F.H	Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, INTA y CONICET
Bertero D.	Facultad de Agronomía UBA
Borras, L	Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario, CONICET
Calderini, D.F <sup>1</sup>	Facultad de Agronomía UBA
Caldiz, D <sup>2</sup>	Universidad Nacional de La Plata
Caviglia, O	INTA Parana, CONICET
Chimenti, C	IFEVA CONICET, Facultad de Agronomía UBA
Dardanelli, J	INTA Manfredi
Echarte, L	Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, INTA Balcarce y CONICET
Gambin, B.L	Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario, CONICET
Guiamet J.J	IFIVE CONICET Univ. Nac. La Plata
Hall, A.J	IFEVA CONICET, Facultad de Agronomía UBA
Hernandez, L	Universidad Nacional del Sur, CONICET
Jobbagy Gampel, E.G	Universidad Nacional de San Luis, CONICET
Lemcoff, J.H <sup>3</sup>	IFEVA CONICET, Facultad de Agronomía UBA
Maddonni, G.A	IFEVA CONICET, Facultad de Agronomía UBA
Miralles, D.J	IFEVA CONICET, Facultad de Agronomía UBA
Morandi, E	Instituto de Investigaciones en Ciencias Agrarias de Rosario, Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Cs.Agrarias, CONICET
Otegui, M.E	IFEVA CONICET, Facultad de Agronomía UBA
Rondanini, D.P	CONICET, Facultad de Agronomía UBA
Sadras, V. O <sup>4</sup>	IFEVA CONICET, Facultad de Agronomía UBA
Salvagiotti, F.	INTA Oliveros, CONICET
Satorre, E.H	IFEVA, Facultad de Agronomía UBA
Slafer, G.A <sup>5</sup>	IFEVA CONICET, Facultad de Agronomía UBA

<sup>1</sup>Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, <sup>2</sup> McCain Foods Limited, USA, <sup>3</sup> Agricultural Research Organization, Bet Dagan, Israel, <sup>4</sup> South Australian Research and Development Institute, Australia, <sup>5</sup>Universidad de Lleida, ICREA, España

dores porque (i) NO hemos incluidos investigadores muy productivos y prestigiosos que a nuestro juicio trabajan en disciplinas lindantes pero no en ecofisiología de cultivos (*i.e.* fisiología vegetal, ecología, agronomía, fitomejoramiento, etc.), a pesar que es muy probable que algunos de sus artículos puedan

considerarse dentro de nuestra disciplina; (ii) seguramente hay aportes argentinos a la ecofisiología de cultivos realizada por investigadores diferentes a los autores tenidos en cuenta en la búsqueda realizada en esta base de datos bibliográfica, y (iii) hemos usado la base de datos más restrictiva que existe. Ade-

más, hemos revisado cada entrada puntual y eliminado todos aquellos casos en los que los trabajos no fueran referidos a cultivos extensivos de granos.

**Productividad científica de difusión internacional**

Los resultados surgen de la búsqueda en la base de datos de trabajos publicados entre 1980 y el 8 de septiembre de 2017 (fecha en la que se hizo la búsqueda) en ARGENTINA (excluye trabajos publicados por argentinos en el exterior, ya sea por estancias de diferente índole o por encontrarse en la diáspora, salvo cuando han sido co-autorados por argentinos trabajando en el país) por 26 ecofisiólogos argentinos. Naturalmente los trabajos co-autorados por más de un integrante de este grupo fueron incluidos solamente una vez. Es también importante destacar que el universo total de autores es mucho mayor que 26, ya los 26 han sido co-autores de muchos trabajos en los que no fueron el autor principal.

Tal como se indicó en la Introducción, la tasa de producción científica en revistas de prestigio internacional (o al menos las indexadas en la WoS) fue necesariamente baja en la primera década analizada (Figura 1b) ya que nos encontrábamos en los albores del desarrollo de la disciplina en el país. A partir de mediados de la década de 1990, la producción experimentó un incremento sostenido hasta nuestros días. En el transcurso de la última década (2008-2016) la producción media fue del orden de 23 artículos año<sup>-1</sup> (el punto correspondiente a 2017 incluye los primeros 8 meses del año solamente) (Figura 1b).

Tal como comenta Hall (2016) la mayoría de los trabajos se focalizaron en: (i) maíz, trigo y girasol, mientras que los referidos a soja, contrastes entre especies/cultivos mixtos (intersiembras, secuencias de cultivos)/ análisis regionales, han sido menos frecuentes y empiezan a aparecer con mayor frecuencia a partir del 2000; y en (ii) el creci-

miento, desarrollo, rendimiento y calidad de producto en respuesta a tanto factores ambientales (agua, temperatura, nutrientes y radiación) como genéticos.

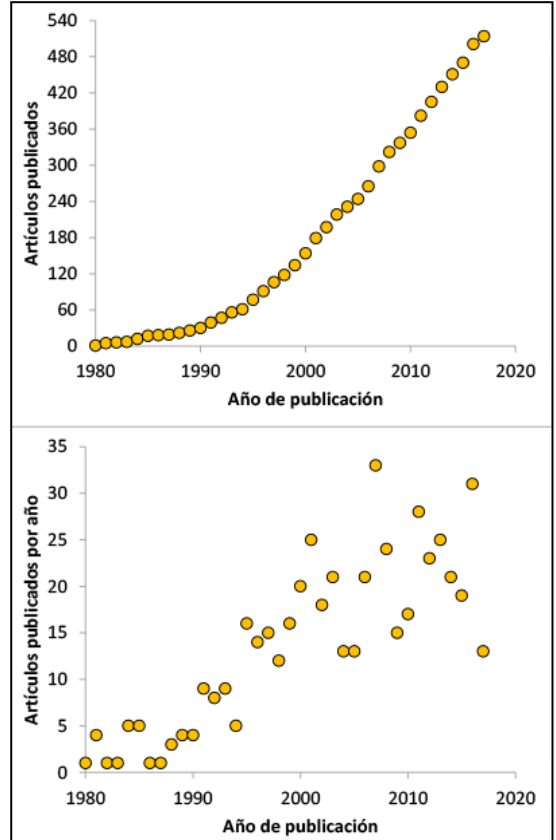


Figura 1. a) Número acumulado de artículos publicados a lo largo de los años y b) tasa de publicación (artículos por año)

**Calidad científica**

Publicar artículos científicos es solo un medio para los investigadores. El fin último es contribuir efectivamente al conocimiento. Si un trabajo es publicado, pero no es leído, o siendo leído no es apreciado, su contribución efectiva al avance del conocimiento en su disciplina es virtualmente nula. Por ello, una medida universalmente aceptada como indicador del grado de aporte que ha resultado de un artículo publicado es la cantidad de citas que el mismo ha recibido de parte de la comunidad científica que trabaja en ese tema.

No siendo perfecto (nada lo es), resulta universalmente reconocido que el impacto (citas recibidas) de un artículo científico es un indicador confiable de su calidad científica.

Un primer "proxy" indirecto a la calidad de una publicación es la calidad de la revista en la que esta publicación ha sido realizada. Este "proxy" es frecuentemente utilizado en procesos de evaluación. Teniendo en cuenta este indicador, la enorme mayoría de los trabajos publicados en esta búsqueda fueron hechos en las mejores revistas de la especialidad (e.g. *Field Crops Research*, *European Journal of Agronomy*, *Crop Science*, *Agronomy Journal*, *Annals of Botany*, *Journal of Experimental Botany*, *Euphytica*, *Journal of Agronomy and Crop Science* y *Crop and Pasture Science*, además de otras revistas más especializadas o generales tales como *Plant Physiology* y *PNAS*). Sin embargo, el Factor de Impacto de las revistas (indicador presumible de un determinado grado de calidad, dentro de cada campo disciplinario) refleja muy pobremente el impacto de cada uno de los artículos que están allí publicados (porque la distribución de citas de los artículos publicados en cada revista no es normal). Por esta razón, y para dejar fuera de dudas la calidad de la producción argentina en *Ecofisiología de Cultivos*, hemos analizado el impacto de cada uno de estos artículos en forma individual sin tener en cuenta la revista en la que fueron publicados.

Considerando la cantidad de citas promedio de todos los trabajos publicados (número de citas dividido el número de años desde que se hizo la publicación) puede observarse una clara tendencia a aumentar el impacto de los artículos publicados hasta aproximadamente la década de 2000 a 2010 (Figura 2). Si bien el número de citas a partir de 2010 se reduce, debe considerarse que la tasa de citaciones es normalmente muy bajo en los primeros años de publicación de los artículos, razón por la cual no puede afirmarse taxativamente que el número de citas en los últimos 5 años se haya

reducido debido a que posiblemente los artículos publicados en estos últimos años aún no han alcanzado el pico de citas. El número de 2-3 citas por año, con algunos años ca. 4 citas por año, puede no ser muy llamativo a primera vista, pero es muy elevado. Estamos considerando la media de todos los artículos (con un crecimiento muy importante en productividad, ver arriba). Si consideráramos los artículos publicados más exitosos de cada uno de los años este nivel de citas sería de ca. 3-6 veces más elevado. De este modo, el nivel de citas promedio de todos los artículos de la especialidad – dentro de la ventana temporal considerada – tienen en conjunto una repercusión muy significativa para nuestro campo disciplinario (claramente mayor que la que sugiere el factor de impacto de las mejores revistas de la especialidad).

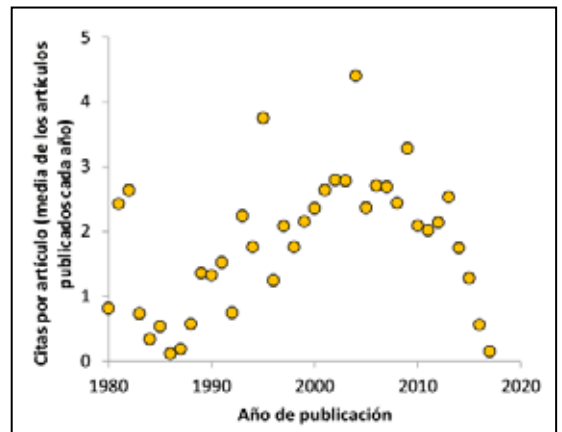


Figura 2. Número de citas promedio por artículo publicados por cada año para los diferentes años que abarcó la búsqueda.

Para poner de manifiesto de manera cuantitativa y objetiva cuan relevante es la calidad de producción de los ecofisiólogos argentinos, hemos contrastado las citas recibidas por todos y cada uno de los artículos publicados con valores de dos referencias diferentes. Estos contrastes se limitan a publicaciones efectuadas en los últimos 10 años porque estas referencias están disponibles recién a partir del 2007. Las referencias en cuestión están basadas en el promedio de citas recibidas por to-

dos los artículos publicados en revistas indexadas en el WoS dentro de nuestro campo disciplinario (debido a que no existe "Crop Physiology como campo específico en el WoS hemos usado la media de "Agronomy" y "Plant [and Animal] Sciences"). El primer contraste es entre la cantidad de citas promedio que reciben los artículos de ecofisiología de argentina y la media mundial para la especialidad (indicador conocido como "Normalized Impact" NI). Por ejemplo, un NI de 1 indica que ese artículo recibió la misma cantidad de citas que la media de artículos de este campo publicados en ese año (y  $NI=0,5$  que recibió la mitad y  $NI=1,5$  que recibió un 50% más). La otra referencia es más exigente y permite juzgar ya no la calidad sino el grado de excelencia: toma como base las citas recibidas por el 10% ( $NI_{10\%}$ ) de los artículos más citados en cada uno de los años de publicación.

El análisis del NI de cada uno de los artículos argentinos sobre ecofisiología de cultivos publicados desde 2007 muestra que la mayoría (c. 57%) de los trabajos tienen un  $NI>1$  (Figura 3). El NI medio de todos los artículos argentinos considerados en este contraste fue de c. 1,6, lo que significa que el artículo medio argentino de ecofisiología de cultivos publicado entre 2007 y agosto de

2017 ha recibido hasta principios de septiembre de 2017 ca. 60% más citas que la media mundial. Esto atestigua que no solo se ha producido un crecimiento llamativo en la producción científica de la ecofisiología argentina, sino que simultáneamente éste ha alcanzado niveles de calidad que superan por mucho la media mundial de los artículos publicadas en las revistas científicas de la especialidad. Desde ya resulta también notable que hay muchos casos (más del 10%) con  $NI>3$ , algo que 'se dice fácil' pero implica un 300% más de éxito que la media mundial. Pero para juzgar la existencia de excelencia científica en este campo lo mejor es usar índices de excelencia. El  $NI_{10\%}$  fue mayor que 1 en c. 25% de los trabajos, lo que implica que prácticamente una cuarta parte del total de trabajos publicados han tenido un éxito superior al del 10% de aquellos artículos más exitosos en el mundo; y  $NI_{10\%}\geq 2$  no fue algo excepcional (ca. 6% de los artículos), como si lo es tener el doble o más de impacto que el 10% de los artículos más impactantes publicados en el mismo año (Figura 4). Si consideramos el  $NI_{1\%}$  naturalmente la enorme mayoría de los trabajos publicados no entran en esta categoría (que incluye solo al 1% de

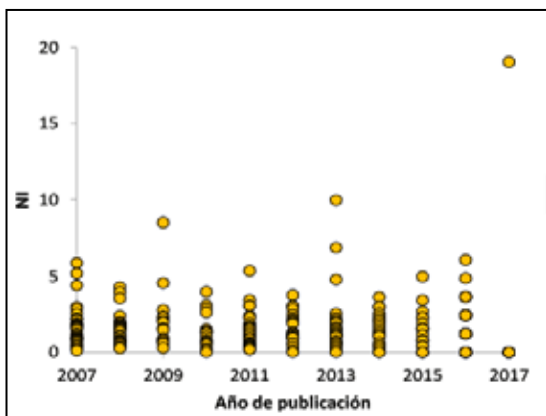


Figura 3. Índice de impacto normalizado ("Normalized Impact" NI) indicando la cantidad de citas promedio que reciben los artículos de ecofisiología de argentina y la media mundial para la especialidad para los distintos años explorados

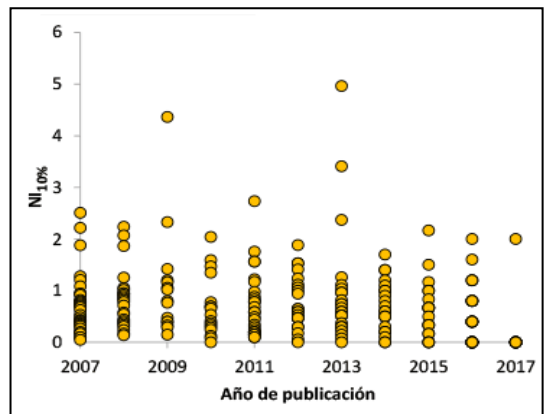


Figura 4. Índice de impacto normalizado ("Normalized Impact" NI) indicando la cantidad de citas promedio que reciben los artículos de ecofisiología de argentina y la media mundial para la especialidad correspondiente al 10% (i.e incluyendo solo al 10% de los papers más exitosos publicados cada año) para los distintos años explorados.

los artículos más exitosos publicados cada año) aunque existen trabajos de ecofisiología argentinos que entran en esta elite: el 1,2% de los artículos tuvieron un  $NI_{1\%} > 1$ .

Estas evidencias cuantitativas y objetivas explican el éxito de reconocimiento internacional de los especialistas argentinos en ecofisiología de cultivos, que explica porque en las revistas más prestigiosas de la especialidad son editores o miembros de comité editorial.

### TRANSFERENCIA

Distintos grupos de investigación de Argentina que trabajan tanto en universidades como en otros organismos estatales de investigación y transferencia tecnológica, han abordado la Ecofisiología de los cultivos de grano como eje para comprender procesos funcionales de los cultivos no solo asociados a la identificación de atributos que pueden promover un mayor rendimiento potencial, sino también para entender la respuesta a restricciones bióticas y abióticas. La obtención y ejecución de proyectos de extensión y/o transferencia tecnológica ha permitido generar información para la resolución de problemas específicos a los que se enfrenta la industria y los sistemas de producción. En este contexto, una gran cantidad de publicaciones científicas en revistas indexadas se han realizado en co-autoría con diferentes actores de empresas involucradas en los proyectos de extensión y transferencia tecnológica. Por otro lado, también se ha realizado la divulgación a través de artículos publicados en revistas técnicas de la especialidad (e.g., AACREA, AAPRESID, Info campo). Otra vía de divulgación de la información generada en los convenios tecnológicos, han sido los cursos de especialización y actualización orientados a aplicar conceptos ecofisiológicos para comprender las variables de manejo y apoyar los programas de mejora genética. Algunos ejemplos del aporte de la ecofisiología son: (i)

Herramientas de uso para la toma de decisiones, (ii) Artículos de divulgación en revistas de la especialidad (e.g., AACREA, AAPRESID, Info campo, etc) y edición de libros de texto (Andrade y Sadras, 2002; Miralles *et al.*, 2011, 2014; Satorre *et al.*, 2003), (iii) Cursos de especialización y actualización y (iv) Proyectos de extensión y/o transferencia tecnológica, serán descriptos brevemente en este artículo. Asimismo, es importante resaltar que en el área de ecofisiología se han formado numerosos recursos humanos graduados de los programas de Especialización, Maestría y Doctorado que en la actualidad forman parte de distintas empresas vinculadas al sector agro-industrial y de servicios, muchos de ellos en posiciones de toma de decisiones muy relevantes para la empresa.

#### **Herramientas de uso para la toma de decisiones**

Los conocimientos ecofisiológicos pueden utilizarse para el diseño de herramientas que permitan tomar decisiones agronómicas con un menor grado de incertidumbre y evaluar distintos manejos potenciales de los cultivos para establecer cuál es la mejor combinación para una determinada variable de manejo. En este sentido se pueden citar algunos ejemplos como:

- *Granero: maíces tardíos y de segunda.* El modelo Granero es un software diseñado para toma de decisión de maíces tardíos por Otegui, Mercau, Menéndez y Cavasassi (2002) con financiamiento de Monsanto Argentina S.A. y presentado en MundoAgro 2002. Esta tecnología fue el punto de partida para la adopción masiva de maíz tardío que tuvo lugar en forma clara a partir de 2010. Cabe mencionar que los maíces protegidos contra-insectos, lanzados en Argentina en 1997 por la firma Monsanto, no tuvieron como objetivo fomentar la adopción de siembra tardía. Fue el estudio con modelos de simulación para el convenio con Monsanto el que demostró la ven-

taja en términos de disminución de riesgo de esa tecnología, posible a partir del maíz Bt. Dicho software está disponible en forma libre y gratuita en: <https://sites.google.com/a/agro.uba.ar/granero/>

- **CRONOS "on Line"®.** Los modelos CRONOS, son sistemas expertos para predecir fenología en los cultivos de trigo, cebada cervecera y colza-canola. El software permite al usuario en una gran cantidad de localidades de las áreas productivas de grano en Argentina poder predecir los distintos estadios fenológicos por los que atraviesan los distintos cultivares comerciales de trigo, cebada y colza para las fechas de siembra elegida. De este modo, el usuario puede establecer previo a la siembra de los cultivos cual es el cultivar que mejor se adapta a cada zona en términos de duración de su ciclo. Además, permite al usuario establecer los riesgos de heladas y golpes de calor en términos probabilísticos. Este software fue desarrollado en su primera versión en el año 2009 por un equipo multidisciplinario liderado por Daniel Miralles. Este desarrollo fue financiado por un proyecto PDTs UBA-CONICET y por la empresa Syngenta Agro SA y es de uso gratuito en el dominio <http://cronos.agro.uba.ar/>
- **TRIGUERO Y MAICERO.** Ambos modelos desarrollados en un acuerdo entre AACREA-FAUBA y la empresa Profertil SA permiten tomar decisiones de fertilización en los cultivos de trigo y maíz sobre la base del riesgo ambiental (ya que contempla una amplia base climática) para distintos tipos de materiales y posición de los lotes en la topografía del terreno. Ambos modelos fueron construidos sobre la base del uso de sistemas expertos (Modelos de simulación agronómicos) que usan rutinas de crecimiento y desarrollo basadas en relaciones empíricas y mecánicas, las que se tradujeron en algoritmos matemáticos utilizados para la toma de decisión agronómica.

- **YIELD GAP ATLAS, sección ARGENTINA** ([www.yieldgap.org](http://www.yieldgap.org)) desarrollado por el grupo de ecofisiología del INTA Balcarce-CONICET es una herramienta para estimar rendimientos potenciales y potenciales en secano para Argentina. Permite estimar la brecha de rendimiento para distintos cultivos y establecer el "gap" entre el rendimiento actual y el potencialmente alcanzable bajo distintas condiciones hídricas.

Muchos otros ejemplos pueden citarse donde conceptos de la ecofisiología fueron usados para desarrollar modelos tecnológicos para diferentes usos incluyendo, por ejemplo, los programadores de siembra para trigo (Si. Fe.Trigo) y soja (Si.Fe.Soja) desarrollados por el INTA, modelos simples para estimar el rendimiento de soja, trigo y maíz en función del agua en el período crítico y de la profundidad de la tosca desarrollados por Pablo Calviño, modelos de predicción de sensibilidad al riesgo de brotado en el cultivo de cebada desarrollado por Benech Arnold (IFEVA-FAUBA), etc.

### **Extensión y divulgación de la Tecnología basada en conceptos ecofisiológicos**

Tal como fue descripto anteriormente, la ecofisiología también aporta el conocimiento al medio productivo a través de distintos canales como por ejemplo: (i) Artículos de divulgación en revistas de la especialidad (e.g. AACREA, AAPRESID, Info campo), (ii) Cursos de post grado: Ejemplo Especializaciones, actualizaciones y (iii) proyectos de Extensión y/o Transferencia Tecnológica.

Los aportes de la ecofisiología al entendimiento del manejo de los cultivos han sido plasmados en publicaciones en revistas como AAPRESID, AACREA, PARA MEJORAR LA PRODUCCION, Horizonte A; Revista Chacra, Revista Supercampo; Revista Visión Rural; Revista Fertilizar, Revista Informaciones Agronómicas del Mercosur – INPOFOS, etc. En muchos casos, las publicaciones realizadas



en estas revistas se han hecho en co-autoría con técnicos de las empresas involucradas en acuerdos y convenios tecnológicos de donde se han obtenido los resultados que dieron origen a las publicaciones.

Otras vías de divulgación de la ecofisiología aplicada al manejo y la mejora de los cultivos de grano han sido los congresos técnicos, cursos y talleres. Algunos ejemplos son: I, II y III Workshop Internacional organizado con la financiación de la Red Metrice-CYTED y con la co-financiación -Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica y el CONICET; Congresos A Todo Trigo, Mundo Agro, etc.; y Jornadas de Actualización profesional para empresas y distintos organismos estatales y privados: Asociación de Ing. Agrónomos del Norte de Buenos Aires, GEAR SA, Don Mario Semillas, Syngenta Agro SA, Monsanto Argentina, Mosaic Argentina, Nidera S.A; Advanta Semillas SAIC; TOBIN SRL, KWS, Cooperativa Unión Asociación de Ingenieros Agrónomos de Junín, SURSEM. Distintos grupos de investigación a lo largo del país que estudian la ecofisiología de los distintos cultivos, tanto en universidades como en INTA, han realizado convenios tecnológicos con distintas empresas privadas del sector: Pioneer-ECANA-UNNOBA, Advanta SAIC-UNR, Mosaic Argentina-UNR, Nidera S.A-UNR, Syngenta Agro-UNR para analizar el funcionamiento de la respuesta a variables de manejo en los distintos cultivos de grano.

La capacitación de post grado basada en el eje ecofisiológico ha sido llevada a cabo en el marco de distintos programas de especialización y actualización profesional. Algunos ejemplos son: Programa de Actualización en Ecofisiología de Cultivos EPG-FAUBA y AACREA, Especialización en Mejoramiento Genético Vegetal, EPG-FAUBA, Especialización en Cultivos de Granos (y su respectivo programa de Actualización) EPG-FAUBA, Ecofisiología de Cultivos- FCA, UNMDP, Ecofisiología de Cultivos Avanzada, FCA, UNMDP; Manejo de cultivos por Ambientes, FCA, UN-

MdP; Sistemas de producción, UN Córdoba; Ecofisiología Vegetal, UN Río Cuarto; etc.

La formación de recursos humanos es otro de los aportes de ecofisiología vegetal en el marco de la transferencia tecnológica ya que, desde la creación de las Especializaciones, se han formado "Especialistas" en las distintas áreas (Producción, mejoramiento, etc.). Actualmente, distintos profesionales formados en post grados de maestría y doctorado ocupan cargos de relevancia en distintos organismos nacionales e Internacionales, así como en empresas privadas nacionales y multinacionales.

La formación de recursos humanos abarca a una gran cantidad de pasantes que han adquirido su formación ya que han sido parte de los distintos proyectos de transferencia tecnológica. Algunos ejemplos de pasantías son: Agro-Fresh-Rohm & Haas; Nidera, Syngenta, y Monsanto.

A modo de resumen es posible afirmar que:

Los grupos de ecofisiología de Argentina han realizado un importante aporte al conocimiento científico cuantificado a través del impacto de sus publicaciones en revistas científicas internacionales. Si bien es valorado este aspecto, es muy importante remarcar que hay una gran diferencia en la intensidad del conocimiento para los distintos cultivos de grano, el cual es reflejado a través del número de publicaciones científicas entre dichos cultivos. En este sentido, el cultivo de soja es uno de los de menor intensidad de estudio considerando el número de publicaciones científicas. Este mayor vacío del conocimiento en soja se contradice con la superficie del cultivo en Argentina donde ocupa c. 60% del área productiva (es el cultivo más importante en cuanto a área cultivada), por lo que es un tema pendiente para la comunidad ecofisiológica argentina dedicar un mayor esfuerzo a temas propios de investigación en esta especie.

Gran parte del conocimiento generado a partir de la ecofisiología se tradujo en aportes al manejo de los cultivos, no solo a través de conferencias técnicas y publicaciones en revistas técnicas y/o de divulgación, sino también a través de herramientas diseñadas para la toma de decisiones en los sistemas de producción.

La formación de recursos humanos teniendo como eje la ecofisiología se ha realizado a

través de los programas de actualización, especialización, maestría y doctorado que ofrecen las distintas Universidades Nacionales. Una gran cantidad de profesionales formados en los programas descriptos ocupan hoy cargos de relevancia no solo en ámbitos científicos vinculados a Universidades y/o institutos de investigación, sino también en empresas privadas y ONGs vinculadas al sector privado.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, F. D. y Sadras, V. O. (2002). *Bases para el manejo del maíz, girasol y soja*. EEA INTA Balcarce- FCA UNMP, Argentina. 450 pp.
- Eastin, J. D.; Haskins, F. A.; Sullivan, C. Y. and van Bavel, C. H. M. (1969). *Physiological aspects of crop yield*. Am. Soc. Agronomy, Crop Sci. Soc. America, Madison, WI. 396 pp.
- Evans, L. T. (1975). *Crop Physiology: Some case histories*. Cambridge University Press, Cambridge. 374 pp.
- Hall, A. J. (2016). La ecofisiología de los cultivos extensivos en Argentina: su exteriorización en trabajos publicados 1980-2015 (y en algunos otros indicadores de actividad). En Taleisnik, E. y Golberg, A. (eds) "*...Y nos fuimos por las ramas*", pag. 48-53. Sociedad Argentina de Fisiología Vegetal, Córdoba.
- Milthorpe, F. L. and Moorby, J. (1974). *An introduction to crop physiology*. Cambridge University Press, Cambridge. 244 pp.
- Miralles, D. J.; Benech-Arnold, R. L. y Abeledo, L. G. (2011). *Cebada Cervecera*. Facultad de Agronomía UBA, Argentina. 284 pp.
- Miralles, D. J.; Gonzalez, F. F. G.; Abeledo, L. G.; Serrago, R. A.; Alzueta, I.; Garcia, G. A.; de San Celedonio, R. P. y Lo Valvo, P. (2014). CYTED (METRICE Red 110RT0394) Argentina. 36 pp.
- Satorre, E. H.; Benech-Arnold, R. L.; Slafer, G. A.; de la Fuente, E. BN.; Miralles, D. J.; Otegui, M. E. y Savin, R. (2003). *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Facultad de Agronomía UBA, Argentina. 783 pp