

LA CIENCIA PONE BAJO LA LUPA  
EL USO DE ANIMALES DE LABORATORIO

AUMENTAR LA PRODUCCIÓN SIN  
COMPROMETER LOS RECURSOS ES POSIBLE

ENTREVISTA A LAURA FRULLA  
"SAOCOM ES EL MAYOR DESAFÍO  
QUE HA TENIDO EL PAÍS EN  
EL ÁREA SATELITAL"



## DETECTIVES DEL CÓDIGO GENÉTICO



ISSN 0325-8718  
ISSN 1669-2314

Institución Editora:  
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Cuatrimestral

Vol. 44 N.º 3  
Diciembre 2018, Buenos Aires, Argentina

**Propiedad Intelectual**  
Propiedad Intelectual N.º 5231354

#### SEDE EDITORIAL

Chile 460 2.º piso  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina  
CP (C1098AAJ)  
+54 (011) 4339-0600  
<http://ria.inta.gov.ar>  
[revista.ria@inta.gov.ar](mailto:revista.ria@inta.gov.ar)

La Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA) es una publicación de información científica editada por el INTA. Los artículos presentados son admitidos por un Comité Editorial compuesto por prestigiosas figuras del ámbito académico y científico agropecuario. Abarca diferentes temas preparados por profesionales del INTA y de otras instituciones, y está destinada a la comunidad científica nacional e internacional.

Lo expresado por autores, corresponsales o columnistas no necesariamente reflejan el pensamiento del Comité Editorial, de la revista o de su institución editora.

Indexada en:  
Scopus  
Latindex (Folio 3346)  
CABI Publishing  
DOAJ (Directory of Open Access Journals)  
Redalyc.org  
Núcleo Básico  
Thomson Reuters  
Dialnet  
Scielo  
CiteFactor

#### MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL INTA

##### Presidente:

Ing. Agr. Juan Balbín

##### Vicepresidente:

Ing. Mariano Miguel Bosch

##### Consejeros Nacionales:

Med. Vet. Carlos Alberto Antonio Vera - MinAgro  
Ing. Agr. Oscar Arellano - Facultades de Agronomía  
Ing. Agr. Horacio Abel Alippe - AACREA  
Ing. Agr. Elbio Néstor Laucirica - CONINAGRO  
Sr. Alejandro Lahitte - CRA  
Dr. Pablo Paillole - FAA  
Sr. Carlos Vila Moret - SRA  
Dr. Carlos A. Arzone - Facultad de Veterinaria

##### Director Nacional:

Ing. Agr. Héctor Espina

##### Directores Nacionales Asistentes:

DNA Sistemas de Información, Comunicación y Calidad  
Lic. Juan Manuel Fernández Arocena

DNA de Relaciones Institucionales  
Dra. Ana Cipolla

DNA Planificación, Seguimiento y Evaluación  
Dra. Susana Mirassou

DNA Organización y RR.HH.  
Dra. Hebe Julián

DNA Administración CPN  
Lic. Rosendo Tarsetti

##### Coordinadores Nacionales:

CN de Transferencia y Extensión  
Ing. Ftal. Diego Ramilo

CN de Investigación y Desarrollo  
Dr. Fernando Fernández

CN de Vinculación Tecnológica  
Ing. Adolfo Luis Cerioni

#### STAFF

##### Dirección:

Dra. Norma Pensel  
Lic. Máximo Bontempo

##### Coordinación editorial:

Per. Giselle Miquet  
Mg. Mario Migliorati

##### Asistente editorial:

Lic. Gustavo Ciuffo  
Lic. Cecilie Esperbernt

##### Producción Editorial:

Asesores técnicos y de contenido  
Ing. Agr. Cristian Zuchini  
Dr. Martín Irurueta  
Dra. Mariana Insani

##### Diseño y Edición:

Comunicación Visual, Gerencia de Comunicación  
e Imagen Institucional

##### Fotografía:

Audiovisual, Gerencia de Comunicación  
e Imagen Institucional

#### COMITÉ EDITORIAL

##### Presidente:

Dr. Carlos Di Bella. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina

##### Vocales:

Ing. Agr. Jorge Mariotti. Universidad Nacional de Salta (UNSA). Argentina

Dra. Ana María Romero. Universidad de Buenos Aires (UBA). Argentina

Ing. Agr. M. Sc. María Eugenia Beget. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina

Dr. Miguel Ángel Taboada. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina

Dr. Laureano S. Frizzo. Universidad Nacional del Litoral (UNL).

Dra. Cecilia Gargano. Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina

Dr. Frédéric Goulet. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD). Francia

Dr. Martín Durante. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina

Dr. Ariel Pereda. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina.

Dr. Carlos Juan Perfumo. Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Argentina.

Dr. Claudio Machado. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA). Argentina.

Dra. Rosanna Nora Pioli. Universidad Nacional de Rosario (UNR). Argentina.

#### COMITÉ ASESOR

Ing. Agr. M.Sc. Marina Di Filippo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina

Dr. Emiliano Quiroga. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina

Dr. Darío Fernández. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina

Ing. Agr. M.Sc. Alejandro Rago. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina

Lic. María Isabel Tort. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina

Dra. Karina Trono. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina

Ing. Agr. M. Sc. Damián Vega. Universidad de Buenos Aires (UBA). Argentina

Ing. Agr. Sergio E. Feingold. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina

Esta publicación es propiedad del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Rivadavia 1439. CABA. Buenos Aires, Argentina.



Secretaría  
de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo  
Presidencia de la Nación

## Bioinformática

La Bioinformática engloba la investigación, el desarrollo y la utilización de herramientas informáticas para el estudio de sistemas y procesos biológicos. Es a la vez ciencia y tecnología interdisciplinaria que intenta resolver aspectos relacionados a la adquisición, almacenaje, organización, análisis, integración y visualización de datos.

Si bien se registran antecedentes de la bioinformática desde la década del 60, fue sin duda la iniciativa del proyecto genoma humano (PGH) iniciado en los 90 lo que desató una sucesión de desarrollos tecnológicos en el campo de la secuenciación del ADN que rápidamente se convirtieron en innovaciones que revolucionaron las ciencias de la vida. Esas innovaciones aportaron por un lado formas más progresivas y accesibles de "leer" la secuencia de ADN, y, por otro lado, revelaron la dificultad de poder interpretar la información que "escondía" esa enorme cantidad de datos.

En paralelo al PGH, la metodología de secuenciación masiva de ADN conquistó otras áreas como la agricultura, veterinaria, ecología, energías renovables, protección ambiental, entre otras. Así, en los últimos diez años se han generado datos de secuencia genómica de manera exponencial para muchas especies incluidas plantas, animales y microorganismos. La característica preponderante de estos datos es que se presentan como conjuntos de millones o de miles de millones de lecturas de longitud acotada lo que los hace poco informativos per se. Algo similar ocurre con las denominadas ciencias "ómicas" -de algún modo impulsadas también por aquel PGH en el campo de la bioquímica de proteínas y metabolitos, entre otros- en donde se aplican métodos analíticos de generación de datos a gran escala y requieren de herramientas computacionales para ser interpretados. De hecho, todos esos datos sólo cobran valor cuando son analizados integralmente. Este análisis, por el volumen de datos que es necesario procesar, sólo puede hacerse de forma computacional.

La bioinformática es una interdisciplina que se construye desde la necesaria interrelación de las ciencias biológicas y computacionales, y también desde la matemática, la estadística, y según el origen de donde provengan los datos de la medicina, la agronomía, la veterinaria, etcétera. En este campo el análisis de datos biológicos se realiza de manera

"inteligente". Esto es, considerando los errores y sesgos propios del conjunto de datos para convertirlos primero en datos útiles y luego en conocimiento necesario para interpretar los procesos biológicos subyacentes. La sobreabundancia de datos en las ciencias biológicas ha empujado un cambio de paradigma en el sentido de combinar el método científico clásico de "ciencia dirigida por hipótesis", con la alternativa de la "ciencia dirigida por datos" (*data-driven-biology*).

En el ámbito de INTA la agrobiotecnología hace uso de la bioinformática para estudiar las asociaciones entre variantes fenotípicas y variantes genéticas a nivel poblacional en determinados contextos como puede ser una enfermedad o la inestabilidad ambiental que impone el cambio climático. Así, se identifican los genes o las redes de genes involucrados en respuestas de resistencia o tolerancia que puedan ser luego trasladados al mejoramiento de plantas o animales. Otro campo de aplicación es la caracterización de microbiomas asociados a plantas, ganado, suelo y recursos biomásicos, cuyo conocimiento puede contribuir a entender el papel de los microorganismos en rasgos de adaptabilidad y sanidad de los sistemas productivos, en las propiedades biogeoquímicas del suelo que impactan en el rendimiento de los cultivos y en la eficiencia de la producción de bioenergía.

El INTA, junto a institucionales nacionales e internacionales, posee una participación activa en el desarrollo y la promoción de la bioinformática aplicada al agro en Argentina. Su intervención abarca tanto la producción de conocimientos sobre distintos sistemas productivos y ecosistémicos, como el desarrollo de herramientas tecnológicas y de capacidades propiciando la formación internacional de recursos humanos en el área de la bioinformática. Los desarrollos alcanzados a nivel institucional impactan la producción de conocimientos a nivel académico, productivo, del sistema de salud pública, judicial y forense. En este sentido, destacamos el esfuerzo de las instituciones públicas para mantener la vigencia tecnológica necesaria para hacer frente a los desafíos presentes y futuros de un país que necesita dinamizar su economía asociando el desarrollo tecnológico con el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

## Actualidad en I+D

### Editorial

262

#### Bioinformática

La agrobiotecnología encuentra en esta interdisciplina soporte para estudiar las asociaciones entre variantes fenotípicas y variantes genéticas a nivel poblacional. Con una participación activa, el INTA trabaja en bioinformática aplicada al agro.

### Notas

263

#### Detectives del código genético

Especialistas abordan la adopción de herramientas bioinformáticas para el avance y las necesidades de procesamiento, almacenamiento y análisis de datos biológicos, con aplicación en el mejoramiento de especies como girasol, soja y sorgo.

270

#### La ciencia pone bajo la lupa el uso de animales de laboratorio

Su afectación y el beneficio científico-médico son revisados por investigadores que impulsan modos de trabajar éticamente y propiciar el bienestar. Proponen una mayor adopción de métodos alternativos con menos seres vivos para comprobar el objeto de estudio.

276

#### Aumentar la producción sin comprometer los recursos es posible

La evaluación del costo ambiental de la expansión de la frontera agropecuaria y el impacto de los cambios en el uso del suelo en el Chaco semiárido, permiten conocer los escenarios posibles y las áreas en riesgo de transformación.

280

#### “SAOCOM es el mayor desafío que ha tenido el país en el área satelital”

La investigadora principal del proyecto de la CONAE, Laura Frulla, explica en la entrevista de RIA el carácter estratégico del satélite equipado con tecnología de microondas y con capacidad para medir la humedad del suelo en la Región Pampeana.

## Trabajos

### Revisión

286

#### Revisión sobre el origen y el desarrollo de la producción de caprinos de angora en Argentina

Mueller, J.P.; Taddeo, H.R.; Abad, M. I.; Debenedetti, S.

### Artículos

301

#### Métodos de colocación de fósforo en trigo y maíz bajo siembra directa en el sudeste bonaerense

Barbieri P. A.; Echeverría H. E.; Sainz Rozas, H. R.

309

#### Crecimiento y rectitud del fuste de orígenes geográficos de *Corymbia* spp. en la Mesopotamia Argentina

López, J. A.; Vera Bravo, C.D.

316

#### El forraje verde hidropónico como una alternativa productiva en Patagonia Sur: Productividad y calidad nutricional de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare*)

Birgi, J. A.; Gargaglione, V.; Utrilla, V.

324

#### Clasificación geográfica de propóleos de Tucumán utilizando parámetros físico químicos y análisis quimiométrico

Maldonado, L.M.; Borelli, R.S.; Salomon, V.M.; Alvarez, A.R.; Sayago, J.; Isla, M.I.; Borelli, V.

333

#### Impacto de las enfermedades foliares sobre variables fisiológicas determinantes del rendimiento del girasol ante diferentes situaciones de cultivo

Quiroz, F.; Velázquez, L.; Lazzaro, N.; Escande, A.; Aguirrezábal, L.; Dosio, G.

344

#### Transmisión “intergeneracional” (agámica) de la tolerancia al estrés hídrico en *Solanum tuberosum* cv. Achat

Storani, L.; Yanovsky, M.J.

351

#### Potencial impacto económico de la suplementación con forraje amonizado en cría bovina para la región semiárida sur de Argentina

Piñeiro, V.; Arelovich, H. M.

359

#### La huella de carbono de la producción agrícola del brote de té certificado en Argentina

Lysiak, E.

367

#### Presencia de enfermedades en la cría bovina del dpto. Guachipas, Salta

Suárez, V.H.; Bertoni, E.A.; Dodero, A.M.; Almudevar F.M.; Salatin, A.O.; Viñabal, A.E.; Saldaño, R.; Olmos L.H.; Brihuega, B.; Cortéz H.S.; Parreño V.

378

#### Potencial toxigénico de *Astragalus pehuenches* Nierdel en Argentina

Martínez, A.; Gardner, D.R.; Cook, D.; Gimeno, E.J.; Robles, C.A.

384

#### Elaboración y aplicación de un índice de precios de insumos agrícolas

Fernández, D.A.

398

#### Implementación de buenas prácticas agrícolas para la gestión ambiental rural

Somoza, A.; Vazquez, P.; Zulaica, L.

## Debates

424

#### Edición génica: una oportunidad para la región

Feingold, S.E.; Bonnacerrère, V.; Nepomuceno, A.; Hinrichsen, P.; Cardozo Tellez, L.; Molinari, H.; Barba, P.; Eyherabide, G.; Ceretta, S.; Dujack, C.



## CIENCIA DE LOS DATOS

# Detectives del código genético

En la era del *big data*, un equipo de investigadores del INTA aplica herramientas de la bioinformática para ordenar, secuenciar y analizar grandes volúmenes de datos. Descifrar el ADN de un organismo vivo permite entender cómo funciona y cuáles son los mecanismos que se activan frente a una enfermedad o cambios en el ambiente.

POR CECILIE ESPERBENT  
FOTOGRAFÍA MATÍAS OTTAVIANI

Conformado por dos hebras de ADN enrolladas en forma de hélice, que dan origen a cada uno de los 23 pares de cromosomas (cada cromosoma tiene entre 50.000.000 y 300.000.000 de pares de bases), el tamaño del genoma humano es de 32.000 millones de bases. Por el gran caudal de datos que implica su análisis, haber descifrado esa secuencia fue uno de los mayores logros biomédicos de los últimos años. Conocer el orden exacto de los pares de bases en un segmento de ADN permitirá, en el futuro, descifrar mecanismos que luego podrán ayudar a paliar o evitar enfermedades.

En 2003, la secuenciación del genoma humano revolucionó la manera de abordar el estudio del ADN. Su ordenamiento fue posible gracias a los avances en métodos usados para analizar ácidos nucleicos y al desarrollo de tecnologías cada vez más sofisticadas de secuenciación.

“La bioinformática responde a las necesidades de procesamiento, almacenamiento y análisis de datos biológicos para generar nueva información y conocimientos”  
(Maximo Rivarola).

Además, la bioinformática facilitó el análisis masivo de datos y su integración con conocimientos previos aportados por años de estudios de genética humana.

A pesar de los múltiples progresos en biología e informática, secuenciar todo el ADN de un organismo sigue siendo una tarea compleja. Sin embargo, gracias a nuevos métodos, ahora ordenar un genoma es mucho más rápido y menos costoso de lo que resultó en el Proyecto Genoma Humano.

Con el transcurrir de los años, los logros de la genética molecular y poblacional, sumado a la biología celular fueron acompañados de los avances computacionales necesarios para el procesamiento de la información genética, desde algoritmos o modelos computacionales capaces de responder preguntas relacionadas con la variación en las secuencias de los genes, hasta el desarrollo de equipos con la capacidad para almacenar la información y consultarla eficientemente.

En la actualidad, resulta sencillo imaginarnos el trabajo en un laboratorio vinculado con las computadoras, pero esto no siempre fue así. De hecho, antes de 1990 no se conocía la secuencia del genoma de ningún organismo. Recién en 1995 se publicaron los códigos genéticos de las bacterias *Haemophilus influenzae* y *Mycoplasma genitalium*.

A 20 kilómetros de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en la localidad de Hur-

lingham, funciona el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias –CNIA– del INTA. Pocos saben a qué se dedican las más de 1.300 personas que trabajan en cuatro centros de investigación –divididos en 16 institutos–. Sin embargo, allí se concentra gran parte del trabajo científico que realiza el organismo.

En el marco del Centro de Investigación en Ciencias Veterinarias y Agronómicas –CICVyA–, funciona la Unidad de Bioinformática. En ese lugar, técnicos especializados e investigadores trabajan en red con pares de distintas unidades del INTA para desentrañar la





información genética de especies forestales, frutales, cereales y oleaginosas, plagas, malezas y patógenos. Son detectives que buscan entender la arquitectura genética de organismos de interés agrícola.

Biólogos, matemáticos, técnicos de laboratorio y bioinformáticos articulan sus tareas diarias en busca de respuestas a estudios exhaustivos sobre un problema biológico determinado. En todos los casos, generan una gran cantidad de datos que demandan soluciones bioinformáticas, tanto para su ordenamiento como para su análisis.

Máximo Rivarola es biólogo molecular y trabaja en investigaciones vinculadas con el procesamiento masivo de datos de genómica en el ámbito de la agrobiotecnología. Como referente en bioinformática del INTA, integró consorcios internacionales para la secuenciación del genoma del trigo, girasol y bacterias de interés agrícola.

“La bioinformática es una disciplina que ha evolucionado rápidamente”, señaló Rivarola y agregó: “Responde al avance y a las necesidades de procesamiento, almacenamiento y análisis de datos biológicos derivados de áreas como genómica, proteómica, transcriptómica y metabolómica para generar nueva información y conocimientos”.

“Si bien existe desde los años 70, recién en el inicio de los 90 se diseñaron e implementaron nuevos algoritmos para el análisis comparativo de secuencias de proteínas y de genes o para la búsqueda de patrones o repeticiones”, graficó Rivarola quien planteó que, en el mundo de la bioinformática, este primer gran avance es conocido como el alineamiento de cadenas y de secuencias.

El acceso a las tecnologías de secuenciación de generación avanzada (NGS, por sus siglas en inglés), desde 2007 en adelante, no solo permitió obtener de manera rápida y con gran profundidad el detalle de la secuencia nucleotídica completa de un organismo y compren-

“Muchas operaciones informáticas biológicas requieren una gran carga computacional e infraestructura para el almacenamiento de datos debido a la suma y la combinación de información”  
(M. Rivarola).

der su organización, sino que modificó la manera de abordar la genómica.

“Gracias a estos avances es posible tener una visión completa de un genoma determinado”, indicó Rivarola quien añadió: “Esto influyó de manera drástica en programas de mejoramiento genético, aportó mayor competitividad a laboratorios de mediana complejidad y posibilitó el descenso de los costos en la secuenciación de genomas o transcriptomas”.

Antes de 2003, fecha en la que se publicó el genoma humano ensamblado, era impensado resolver preguntas vinculadas a cómo enlazar genomas tan grandes. Básicamente, porque era imposible generar los datos y luego procesarlos. “Muchas operaciones informáticas biológicas requieren una gran carga compu-



## Ciencia de los datos



Con el objetivo de explorar la diversidad genética, evolución, estructura poblacional, mecanismo de patogenicidad, mecanismos de respuesta a estreses bióticos y abióticos, mapeo genético y mapeo por asociación de caracteres de importancia agrícola y forestal, los equipos del INTA se enfocan en el desarrollo de nuevas metodologías de genómica y bioinformática.

Por su *expertise*, Rivarola aborda el desarrollo y adopción de herramientas bioinformáticas que se aplican al mejoramiento de especies como girasol, soja y sorgo con el foco puesto en la respuesta al estrés biótico —provocado por una plaga o enfermedad—, abiótico —causado por sequía o inundación—, así como procesos fisiológicos que afectan el rendimiento como la senescencia y el brotado precosecha.

Asimismo, la Unidad de Bioinformática del INTA lleva adelante estudios genómicos en especies de interés para la producción de madera (eucaliptos, especies forestales nativas) y frutales (pecan) junto con Susana Marcuchi —especialista del Instituto de Biotecnología del INTA—, Susana Torales —especialista del Instituto de Recursos Biológicos del INTA— e investigadores de las estaciones experimentales Bariloche —Río Negro—, Famallá —Tucumán—, Montecarlo —Misiones—, Delta —Buenos Aires— y el Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales (IFRGV), entre otros.

“Apuntamos al desarrollo y utilización de marcadores genéticos útiles para asistir a los programas de mejoramiento en vigencia, aportando a la caracterización de los recursos genéticos, análisis de las poblaciones de mejora y producción, caracterización y conservación de la diversidad”, afirmó Rivarola.

La Argentina fue el único país latinoamericano que participó del Consorcio de Secuenciación del Genoma del Trigo.

tacional e infraestructura para el almacenamiento de datos debido a la suma y la combinación de información”, manifestó Rivarola.

“En los últimos 15 años, la bioinformática es un campo de investigación que explotó y, sin dudas, es la herramienta para las investigaciones del futuro”, aseguró Rivarola.

### Tsunamis de datos

La noticia sobre la secuenciación y ensamblado del genoma del trigo causó una revolución en la comunidad científica y en los medios internacionales. La envergadura y duración del proyecto dejó claro que no se trató de una tarea simple: participaron más de 200 científicos de 73 instituciones, procedentes de 20 países y llevó más de 13 años.

Dirigidos por el Consorcio de Secuenciación del Genoma del Trigo (IWGSC, por sus siglas en inglés), investigadores de todo el mundo presentaron el estudio genético del cereal más detallado hecho hasta el momento. Es como un manual detallado con las instrucciones genéticas

que contiene la secuencia del 94 % de los 21 cromosomas. Además, incluye la localización de casi 108.000 de sus genes y la presencia de millones de marcadores y elementos que regulan y controlan los procesos biológicos, que son el resultado del fenotipo.

De la mano del INTA, la Universidad Nacional del Sur (UNS), el Conicet y los servicios genómicos de Indear (empresa público-privada entre Bioceres y Conicet de servicios genómicos), la Argentina fue el único país latinoamericano que participó del IWGSC.

Allí, la Unidad de Bioinformática del INTA junto con Marcelo Helguera, especialista en genética y genómica aplicada al mejoramiento de trigo en el INTA Marco Juárez —Córdoba—, Viviana Echenique, directora del Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS) del Conicet en Bahía Blanca —Buenos Aires— y Gabriela Tranquilli, del Instituto de Recursos Biológicos del INTA, participaron en la secuenciación del cromosoma 4D.

“Se trató de un proyecto ambicioso, dado que el genoma del trigo es cono-



cido como uno de los ‘gigantes’ de las plantas”, indicó Helguera y confirmó: “Tiene casi 16 mil millones de pares de bases, esto es el equivalente a cinco veces el genoma humano, 30 veces el de arroz y siete veces el de maíz. Por esto, lograr la secuenciación completa de su genoma representó un gran desafío para la ciencia”.

La secuenciación del genoma completo de trigo permitió definir un catálogo de casi 110.000 genes, organizados linealmente por cromosoma. “Esto nos permite referenciar de forma muchísimo más precisa cualquier estudio genético de trigo acelerándose el descubrimiento de genes de interés agronómico y el posterior uso de esta información en los programas de mejoramiento”, analizó Helguera.

El trabajo no fue sencillo y el camino recorrido fue largo. Iniciado en 2005, el proyecto del Consorcio Internacional – integrado originalmente por un pequeño grupo de científicos– tuvo dos etapas: en la primera, buscaron obtener la secuencia básica y preliminar de cada cromosoma; en la segunda, obtener una secuencia y ensamblado de alta calidad. “Luego de obtener la secuencia, se realiza un proceso denominado ensamblado, que implica utilizar algoritmos matemáticos para encontrar el orden más preciso de los genes en cada uno de los cromosomas”, explicó Tranquilli.

A rigor de verdad, el conocimiento de la secuencia del trigo acelerará la obtención de variedades más resistentes y productivas. “Lo que sigue es empezar a asignar funciones a estos genes, entender cómo se relacionan las redes que forman y, después, diseñar estrategias en el marco de programas de mejoramiento genético”, consideró Tranquilli y graficó: “Lo que nos llevaba años descubrir, ahora lo podremos hacer en un corto plazo. Esperamos que el conocimiento y su implementación avancen de forma agigantada”.

El equipo argentino tuvo una activa participación durante la primera etapa de este proceso y, gracias a un trabajo de articulación público-privada, los investigadores argentinos se concentraron en la secuenciación y ensamblado del cromosoma 4D.

Para esto, se aplicaron filtros sobre las secuencias crudas obtenidas de la secuenciación del cromosoma 4D para la

eliminación de lecturas de baja calidad, programas de ensamblado de las lecturas de alta calidad, procedimientos realizados en el Instituto de Biotecnología del INTA, programas de anotación de genes provenientes del ensamblado previo, en articulación del Instituto de Biotecnología del INTA con el INRA (Francia) y programas de establecimiento de orden virtual de genes, utilizando GenomeZipper desarrollado en el *Munich Information Center for Protein Sequences* (MIPS, por sus siglas en inglés) de Alemania.

De acuerdo con Echenique, el grupo de bioinformáticos del Cerzos colaboró en la anotación de genes y en la búsqueda y clasificación de los elementos repetitivos que abundan en este genoma. “Estos elementos son mencionados en libros viejos de genética como ‘ADN basura’, dado que no se conocían sus funciones ni su clasificación”, señaló.

“Sin embargo, estudios de genómica demostraron que esos elementos repetitivos tienen unas proporciones y ubicaciones características en los distintos genomas, permitiendo inferir que cumplen roles importantes”, expresó Echenique quien destacó: “El equipo de investigadores del Cerzos-Conicet tuvo

un rol estratégico en el análisis de estos elementos”.

“Nuestra participación en este proyecto no solo nos permitió la formación de investigadores en bioinformática, sino que es un avance magnífico desde el punto de vista de soberanía tecnológica”, valoró Helguera quien añadió: “Con esta información, podremos acelerar el desarrollo de mapas genéticos de alta definición, el descubrimiento de genes y variantes alélicas superiores”.

En la actualidad, programas de mejoramiento genético –mediante el uso de marcadores moleculares– están trabajando en la hibridación y generación de nuevos cultivares.

“Se trató de un proyecto ambicioso, dado que el genoma del trigo es conocido como uno de los ‘gigantes’ de las plantas”  
(Marcelo Helguera).





“Nuestra participación en este proyecto no solo nos permitió la formación de investigadores en bioinformática, sino que es un avance magnífico desde el punto de vista de soberanía tecnológica” (M. Helguera).



“El nuevo laboratorio de servicio de genotipado de alto caudal –recientemente inaugurado en el Cerzos– acelerará la selección asistida en los programas de mejoramiento públicos y privados de la Argentina”, ponderó Echenique.

En este sentido, el nuevo laboratorio cuenta con una plataforma única en el sector público que permite trasladar a los cultivos los logros de la genómica.

#### El desafío de armar un rompecabezas genético

Secuenciar el genoma del girasol representó un gran reto para la ciencia. Sin embargo, el interés por descifrarlo impulsó a investigadores de todo el mundo a

trabajar de manera articulada para trazar el mapa físico de la planta.

“Es un poco más grande que el genoma humano, está organizado en 17 cromosomas y contiene más de dos tercios de secuencias repetitivas, característica que dificulta su reconstrucción”, explicó Norma Paniego, especialista en secuenciación y genotipificación del INTA, y agregó: “Es como armar un rompecabezas con colores similares, lo que dificulta definir la posición de cada pieza”.

Con el genoma ensamblado, el siguiente paso será identificar la localización precisa de las regiones del ADN y los genes que definen la capacidad de adaptación al ambiente –resistencia a sequía, frío o suelos salinos–, la resis-

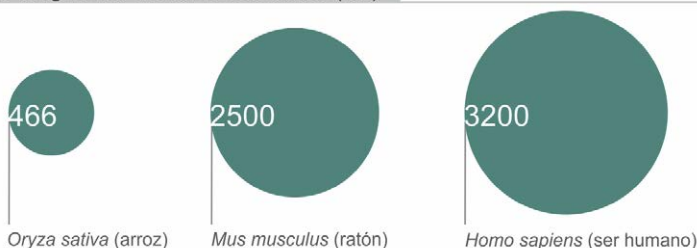
tencia a enfermedades y los rasgos de calidad industrial –aceite o lignina para uso en la producción de energía–.

Está claro que los avances en las tecnologías de secuenciación permitieron mejorar el conocimiento en genómica y entender cómo es y se estructura el ADN. Con el foco puesto en buscar una alternativa que permita superar la complejidad que representan las regiones repetitivas, en 2015 aparecen las tecnologías de secuenciación de tercera generación.

“Este progreso en el campo de la genómica, acompañado por la bioinformática, nos permitió analizar estructuras genómicas complejas, como la del girasol y la del trigo”, indicó Paniego quien manifestó que “de esta manera se pudo conseguir un ensamblado bastante preciso del genoma de una línea homocigota francesa de girasol, que es la que ahora se usa como referencia en el mundo”.

En general, para la reconstrucción de genomas complejos, se utilizan programas que intentan ensamblar el genoma. Así, mediante la superposición de las distintas lecturas de ADN generadas, que están disponibles en exceso y des-

Tamaño del genoma en millones de bases (Mb)



Comparación de distintos genomas expresados en millones de bases.

## Estímulo para la bioinformática en América Latina

Los avances genéticos logrados en los últimos años no hubieran sido posible sin el desarrollo en otras áreas científicas y tecnológicas como electrónica, física y computación, y sus aplicaciones a la biología.

Con el foco puesto en promover el intercambio y el entrenamiento de los investigadores, un consorcio internacional integrado por siete países (Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, México, Perú y el Reino Unido) da un gran impulso en América Latina a los temas vinculados con la bioinformática. Se trata del Proyecto de fortalecimiento de capacidades para bioinformática (Cabana, por sus siglas en inglés).

“Cabana tiene como objetivo principal capacitar y aumentar la cantidad de investigadores que utilicen herramientas bioinformáticas para acelerar el desarrollo de las ciencias biológicas en América Latina”, resumió Rivarola quien aludió a la importancia de fortalecer las redes de investigación existentes en la región sobre este tema.

En este marco, el INTA y el *European Bioinformatic Institute* (EBI) del Reino Unido firmaron un convenio de articulación para capacitar a los profesionales en bioinformática, aplicaciones de genómica, variación genética y transcriptómica.

“Mediante el entrenamiento y la articulación entre las instituciones participantes, este programa pretende aumentar el uso de la bioinformática para proporcionar una formación de alta calidad y explorar una amplia gama de áreas de investigación”, indicó el especialista del Conicet y agregó: “La sinergia que logramos con esta propuesta nos permitió generar y compartir datos biológicos en cantidades sin precedentes”.

“Identificar cuáles son los genes o las redes genéticas involucradas en el comportamiento de la planta y cuáles son responsables de un determinado rasgo es fundamental para el desarrollo de estrategias de edición génica”  
(Norma Paniego).

fasadas unas de otras, se consigue reconstruir los cromosomas. Luego, para que el genoma reconstruido se convierta en una referencia se reconocen las estructuras funcionales contenidas en el código, como genes probables, regiones reguladoras y repetitivas, entre otras.

“Cada uno de esos pasos requiere del uso de programas bioinformáticos específicos y algoritmos que favorecen la comparación e integración de datos”, expresó Paniego y añadió: “Finalmente, el genoma ensamblado se comparte, desde un portal propio del proyecto del genoma de girasol y también desde repositorios internacionales como el del Instituto Europeo de Bioinformática”.

“Identificar cuáles son los genes o las redes genéticas involucradas en el comportamiento de la planta y cuáles son responsables de un determinado rasgo es fundamental para el desarrollo de estrategias de edición génica”, explicó Paniego quien destacó el potencial de esa información para acelerar el proceso de mejora sobre los materiales locales adaptados a las distintas regiones de cultivo.

“La Argentina fue pionera en el mejoramiento de girasol, que se inició antes de la creación del INTA”, aseguró Paniego para quien el conocimiento de su genoma será de gran ayuda para plantear los procesos de edición de los genes que se quieran modificar.

“Una vez identificados los genes o regiones asociadas a un carácter, disponer del genoma aporta la cartografía exacta de dónde está lo que queremos editar y cuál es su contexto, lo cual es fundamental para el éxito de la estrategia”, analizó Paniego.

Con la identificación de los genes que le permiten a la planta resistir frente al ataque de un patógeno, a la falta de agua o la senescencia, se podrá avanzar en el desarrollo de nuevas variedades con mayor calidad y con mejor adaptabilidad.

**Más información:** *Máximo Rivarola* [rivarola.maximo@inta.gob.ar](mailto:rivarola.maximo@inta.gob.ar); *Marcelo Helguera* [helguera.marcelo@inta.gob.ar](mailto:helguera.marcelo@inta.gob.ar); *Viviana Echenique* [echeniq@criba.edu.ar](mailto:echeniq@criba.edu.ar); *Gabriela Tranquilli* [tranquilli.gabriela@inta.gob.ar](mailto:tranquilli.gabriela@inta.gob.ar); *Norma Paniego* [paniego.norma@inta.gob.ar](mailto:paniego.norma@inta.gob.ar)

### Glosario

**Genómica**, estudio del genoma completo, de todos los genes que se encuentran en un organismo; en contraste, la genética estudia genes de forma individual.

**Proteómica**, conocimiento a gran escala de las proteínas, en particular de su estructura y función.

**Transcriptómica**, estudio del conjunto de ARN (ARNr, ARNt, ARNm, ARNi, miARN) que existe en una célula, tejido u órgano.

**Metabólica**, estudio de metabolitos o moléculas de bajo peso molecular presentes en las células que dan cuenta del estado funcional de estas.

**Hibridación**, cruce de dos organismos o de alguna o más cualidades diferentes.

**Marcador molecular** es un segmento de ADN con una ubicación física identificable (locus) en un cromosoma y cuya herencia genética se puede rastrear.

## DEBATE



# La ciencia pone bajo la lupa el uso de animales de laboratorio

Cada vez con mayor énfasis, la comunidad científica promueve la conducción responsable y basada en principios éticos de los procedimientos experimentales que utilizan recursos biológicos. En el mismo sentido, se acentúa la adopción de métodos alternativos.

POR DANIELA NOVELLI  
FOTOGRAFÍA MATÍAS OTTAVIANI

El empleo de animales en investigación ha sido esencial para el progreso de la vida humana a lo largo de los siglos. A partir del estudio de organismos complejos, las ciencias de la salud han podido dar respuestas a diversas patologías infecciosas, cardiovasculares, metabólicas y neurológicas, y descifrado procesos y mecanismos que, hasta el día de hoy, sólo pueden comprenderse si se estudian en animales vivos.

La docencia e investigación biológica y biomédica, así como el desarrollo, producción y control de medicamentos, alimentos y otros insumos básicos para la salud humana y animal, requieren el uso de animales de laboratorio. En este sentido, la experimentación es –por el momento– irremplazable y, de eliminarse, produciría más atrasos del sufrimiento que evitaría.

Sin embargo, la preocupación de la opinión pública y de la comunidad científica por las posibles respuestas de estrés que perciben los animales en los ensayos se ha acentuado en los últimos años y motivado la constante investigación. Así, la conducción responsable de los procedimientos experimentales ha evolucionado positivamente y, con mayor énfasis, se aborda en congresos académicos y cursos de veterinaria, biología y producción animal.

Esta notoriedad se corresponde con el impulso político de muchos países para promover legislación y códigos de buenas prácticas que favorezcan el bienestar animal y la aplicación del principio de las 3R –Reemplazo, Reducción y Refinamiento–, formulado por los biólogos ingleses Russell y Burch a comienzos de la década de los 60.

“La afectación de los animales y el beneficio científico-médico pueden situarse en una balanza virtual que, según el equilibrio alcanzado, sirva para decidir si es éticamente aceptable realizar el procedimiento experimental previsto con animales”, explicó Alejandra Romera, investigadora del Instituto de Virología del INTA y del Conicet.

Esta evaluación científica-ética debe contemplar la aplicación del principio de las 3R, es decir, el reemplazo de animales a partir de la adopción de métodos que sustituyan el uso; la reducción del número de animales, mediante estrategias que utilicen la menor cantidad posible de seres vivos para comprobar el objeto de estudio; y el refinamiento de las técnicas durante la cría o los procedimientos a fin de reducir el dolor y las molestias que perciben los animales utili-



Las instituciones que realizan trabajos científicos con animales tienen un doble desafío: procurar el uso responsable en los ensayos y llevar adelante investigaciones que permitan alcanzar mejores índices de bienestar.

“Los comités de ética tienen el rol de garantizar que las investigaciones que involucran animales se rijan por la normativa internacional y nacional, el principio de las 3R y un balance ético a favor del bienestar” (Alejandra Romera).

zados en la ciencia desde su nacimiento hasta su muerte.

Para Romera, la adopción de estos principios es prioritaria para la ciencia. “En primera instancia, por el bienestar animal en sí mismo, en línea con la preocupación humanitaria y el cumplimiento de los requisitos previstos por la legislación sobre animales de investigación, y, en segunda instancia, también por rigor científico, ya que animales con falta de bienestar pueden generar alteraciones en los resultados”, sostuvo.

En apoyo de la misma mirada, Silvina Díaz, investigadora del Instituto de Biología Celular y Neurociencia (UBA-Conicet), señaló que “existe una mayor conciencia del respeto hacia los animales de laboratorio, que se observa en la mejora de las condiciones de alojamiento, cuidados médicos, atención diaria y alimentación, así como en la necesidad ineludible de la capacitación del personal que se ocupa de la cría y de la experimentación”.

De acuerdo con Díaz, “esta actitud aún no es homogénea a escala nacional, principalmente por la diferencia de recursos a los que se pueden acceder, pero cada vez gana más adeptos”. “Hay profesionales en todo el país que son conscientes de que necesitamos actualizarnos en estos temas y reforzar en nuestros ámbitos la necesidad de trabajar éticamente con los animales y propiciar su bienestar”, agregó.

En este contexto, María de la Paz Alfaro, directora nacional de Articulación e Integración Institucional de la Secretaría de Gobierno de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación afirmó: “El impulso de la formación de recursos

humanos, la acción de los comités institucionales de ética y la implementación de los controles genéticos, entre otros aspectos, son aportes de importancia para asegurar tanto el bienestar animal como la calidad en la producción científica”.

#### Métodos alternativos

En la aplicación del principio de refinamiento —referido a la adopción de técnicas que minimicen el sufrimiento de los animales—, el INTA trabaja en la obtención de anticuerpos policlonales y monoclonales a través de métodos que sustituyen el suero de los mamíferos. Estos antisueros se utilizan para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

La Tecnología IgY (inmunoglobulina Y) hace posible la producción de anticuerpos policlonales derivados de la yema de huevo. Los anticuerpos IgY provie-

nen de un mecanismo natural de defensa de las aves, que puede ser utilizado para fabricar grandes cantidades de un anticuerpo específico sin dañar al animal que lo produce.

“Es un método menos invasivo y estresante que los tradicionalmente llevados a cabo en mamíferos”, aseguró Celina Vega, investigadora del Centro Investigación en Ciencias Veterinarias y Agronómicas del INTA, quien también destacó el potencial de la tecnología para cumplir con el principio de reducción del número de animales requeridos. “El hecho de que no sea necesario el sangrado del animal permite una producción sostenida de anticuerpos en altos títulos y reduce el número de animales necesarios”, aclaró.

Para generar estos anticuerpos, es necesario hiperinmunizar un ave con una proteína o agente infeccioso de interés inactivado (virus, bacteria, etc.). Luego,



“Existe una mayor conciencia del respeto hacia los animales de laboratorio, que se observa en la mejora de las condiciones de alojamiento, cuidados médicos, atención diaria y alimentación y capacitación del personal” (Silvina Diaz).



el sistema inmune del ave responde y genera los anticuerpos que se transfieren al huevo.

En línea con la bibliografía científica, estudios realizados en el instituto demuestran que esta tecnología supera ampliamente a la producción de anticuerpos policlonales en mamíferos. Una única gallina produce unos 40 gramos por año de IgY, que puede ser fácilmente obtenida de la yema de los huevos mediante técnicas relativamente sencillas de extracción. “Este valor equivale al rendimiento de suero de 40 conejos”, puntualizó Vega.

Asimismo, la especialista remarcó la viabilidad económica que se desprende de la adopción de la Tecnología IgY. “Sumado al refinamiento logrado, el costo de producir IgY es de aproximadamente US\$ 10 por gramo comparado con el costo de producir IgG de mamíferos, que puede llegar a cotizarse a US\$ 20000 por gramo”, detalló.

En la aplicación comercial, la empresa de base tecnológica público-privada Bioinnovo SA –formada por el INTA y el laboratorio nacional Vetanco SA– lanzó al mercado el primer producto biológico basado en IgY para la prevención y tratamiento de las diarreas neonatales bovinas. Se denomina IgY DNT y contiene anticuerpos IgY específicos contra Rotavirus, Coronavirus, *Salmonella* y *Escherichia coli*.

Otra de las líneas de investigación en beneficio de los animales comprende la producción de nanoanticuerpos o VHH. Son

anticuerpos monoclonales que provienen de los camélidos y se utilizan, comúnmente, en medicina humana y veterinaria como reactivos de diagnóstico de enfermedades y como biofármacos para tratar enfermedades autoinmunes o cáncer.

“Por técnicas de recombinación genética, es posible producir únicamente la región hipervariable de estos anticuerpos –la que reconoce al antígeno puntualmente– y, de esta manera, generar la proteína más pequeña conocida en la naturaleza con capacidad de detectar un antígeno con alta afinidad y especificidad”, explicó Vega.

Gracias a la tecnología VHH, investigadores del INTA desarrollaron el primer kit nacional de diagnóstico para detectar Rotavirus, agentes infecciosos responsables de la diarrea neonatal en niños y animales. Esta innovación, llamada Rotadial, sustituye importaciones y complementa las políticas sanitarias vigentes en el Calendario Nacional de Vacunación.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las enfermedades diarreicas son una de las principales causas de enfermedad y muerte en niños de los países en desarrollo. Si bien son tratables, el rápido diagnóstico tiene un rol estratégico para el manejo clínico del paciente pediátrico, su evolución satisfactoria y el control de brotes epidémicos.

De los proyectos a favor de la protección de los animales, también se destaca el trabajo de investigadores del Instituto de Virología del INTA que avanzan en el desarrollo de un anticuerpo recombinan-

te de cadena simple para el diagnóstico del virus de la rabia, mediante las técnicas de inmunofluorescencia e inmunohistoquímica.

“Se trata de un anticuerpo pequeño formado por las regiones variables de las cadenas liviana y pesada de la inmunoglobulina, que se expresa en un sistema procariota y puede ser fácilmente purificado en un único paso”, señaló Florencia Mansilla, investigadora del Instituto de Virología del INTA, quien detalló: “Este sistema permite obtener grandes cantidades de reactivo a un bajo costo e independiza la producción del uso de animales de experimentación”.

De acuerdo con Mansilla, esta misma proteína podría ser utilizada como potencial reemplazo de la gammaglobulina antirrábica equina que, actualmente, se utiliza como tratamiento en individuos potencialmente expuestos al virus.

### Estudio del bienestar animal

Cuando enfrentan el ambiente, los animales pueden utilizar una variedad de mecanismos y, como consecuencia de los intentos fallidos, perciben una situación de estrés. En la experimentación, se trata de minimizar las posibles respuestas de estrés a fin de incrementar el bienestar animal –en primera instancia–, evitar alteraciones en las pruebas y obtener resultados válidos y repetibles.

En vistas de esta definición, las instituciones que realizan trabajos científicos tienen un doble desafío: por un lado, pro-

curar el uso responsable de los seres vivos en los ensayos y, por otro lado, llevar adelante investigaciones que permitan detectar indicadores de estrés para, así, proponer manejos que mejoren los índices de bienestar animal.

En el INTA, el estudio del bienestar animal tiene presencia en la estructura programática desde 2009, cuando un grupo de técnicos y extensionistas relevaron demandas asociadas con la temática en diferentes eslabones de las cadenas de producción y se dispusieron a presentar proyectos de investigación específicos.

“El trabajo realizado en las distintas unidades se reflejó en las articulaciones logradas con universidades, organismos estatales y actores del sector privado, la edición de publicaciones científicas y de difusión y la realización de capacitaciones dirigidas a los productores”, resumió Patricio Davies, veterinario del INTA Villegas –Buenos Aires–.

En esta línea, el especialista remarcó la importancia de estrechar vínculos con instituciones públicas y privadas para la obtención de recursos humanos, capacitación y cofinanciamiento de actividades. “Es un factor clave que potencia el trabajo de investigadores y extensionistas y debe profundizarse en el futuro”, indicó Davies.

Entre muchos otros temas, el instituto realizó estudios para desarrollar y transferir protocolos mejorados de buenas prácticas para el bienestar animal en la cría de bovinos para carne, en situación de engorde a corral y en rodeos de leche. También se trabajó en el ajuste de prácticas de manejo en ovinos, en la confección de indicadores para la valoración del estrés en cerdos y en la detección de estrés en prefaena de pollos.

### Animales de confianza científica

Además de las condiciones de bienestar –intrínsecas por el valor del animal en sí mismo–, “se obtienen resultados científicos válidos y reproducibles cuando la cría, producción y mantenimiento de los animales se realizan bajo parámetros controlados de manejo, alojamiento, sanidad, genética, etc., en establecimientos especializados”, apuntó Díaz.

Estas unidades se llaman bioterios y su objetivo fundamental es proveer animales con la pureza genética y calidad sanitaria requerida por la comunidad

científica. “El aseguramiento de la calidad óptima y constante de los animales producidos en un bioterio requiere garantizar que el trabajo se realice bajo normas establecidas, estrictas y probadas a escala nacional o internacional, con recursos humanos bien formados”, detalló Díaz.

En 2013, el entonces Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva promovió la creación del Sistema Nacional de Bioterios (SNB) para optimizar el estado, funcionamiento y prestación de servicios de los bioterios que alojan animales de laboratorio en todas sus categorías (cría, experimentación, ensayo biológico, docencia), ubicados en instituciones del sistema académico y científico del país.

“La creación del SNB buscó revertir la situación de aquellos que alojan animales de laboratorio y trabajar en mejorar su estado y funcionamiento”, valoró Alfaro, al tiempo que destacó: “Si bien la responsabilidad primaria sigue siendo de las instituciones, la búsqueda es que la

Asociado con el auge de los comités para el cumplimiento de las normas éticas en los centros de investigación, la formación del personal que cría y/o utiliza los animales experimentales también registró un notable cambio positivo en el país.

### Calidad genética

Para analizar la respuesta biológica frente a un químico, compuesto o reactivo, entre el 80 y 90 % de los trabajos científicos utilizan ratones y ratas de laboratorio en sus experimentos, que deben poseer una pureza genética comprobada como condición imprescindible para producir datos científicos confiables y reproducibles.

En línea con esta demanda, el INTA lanzó el primer servicio de control genético de ratones de laboratorio de la Argentina que facilita la tarea de los bioterios de producción y experimentación, públicos y privados. Esta herramienta da respuesta a una necesidad clave y permite ofrecer animales con identidad genética controlada.

“Nuestro servicio pone a disposición una herramienta que garantizará la calidad genética de los animales de laboratorio en el marco de los lineamientos internacionales”, afirmó Silvina Maidana, investigadora del Conicet en el Instituto de Virología del INTA.

El control genético es un análisis del ADN que verifica si los ratones utilizados en investigación conservan su identidad respecto de la cepa pura original o si sufrieron contaminaciones genéticas, que pueden ocurrir por cruces accidentales de diferentes cepas y/o por la acumulación de mutaciones espontáneas. Hasta el momento, este tipo de pruebas se realizaba mediante el envío de muestras al exterior.

El servicio tiene alcance nacional y regional (Sudamérica) y, a mediano plazo, ampliará su espectro de trabajos, a partir de la incorporación del control de identidad de líneas celulares utilizadas en los laboratorios del país.

La iniciativa se gestó a partir de un curso financiado por el SNB y dictado en el Centro de Investigación en Ciencias Veterinarias y Agronómicas del INTA por Fernando Benavides, especialista argentino reconocido en el mundo.



## Formación universitaria

Asociado con el auge de los comités para el cumplimiento de las normas éticas en muchos centros de investigación, la formación del personal que cría y/o utiliza los animales experimentales también registró un notable cambio positivo en el país.

“La mejora se basa, principalmente, en la oferta de instancias de formación que existen para capacitarse y actualizarse en el área de animales de laboratorio, sumado a una toma de conciencia por parte de las autoridades de contar con personal idóneo para manejar los temas referidos al uso de animales de laboratorio”, argumentó Romera, quien también se desempeña como coordinadora del Consejo Asesor del SNB.

Tanto en la Argentina como en Latinoamérica, la carrera de Técnicos para Bioterio de la UBA—creada en 1989 por la reconocida especialista Berta Kaplún— es la única destinada a la formación universitaria de profesionales idóneos para la cría y mantenimiento de animales de laboratorio—sobre todo, pequeños roedores—.



cooperación y el trabajo en red puedan propiciar la mejora del sistema”.

De acuerdo con Alfaro, el SNB es uno de los 18 sistemas que hay en el país y registra la adhesión de 62 centros de investigación y 77 bioterios. “Seis de los bioterios adheridos corresponden al INTA”, puntualizó.

En general, más de la mitad de las unidades se encuentran en CABA y Gran Buenos Aires y tienen diferentes funciones de uso: investigación y docencia, producción y ensayos biológicos, aunque muchos cumplen con más de un propósito.

Si bien la mayoría de los animales pueden ser utilizados en la investigación científica, las ratas y los ratones de laboratorio representan entre el 80 y 90 % de la demanda para experimentación. La principal razón: se adaptan a la producción en cautiverio, tienen altos índices reproductivos, son de pequeño tamaño, demandan menores costos de producción y manifiestan alta resistencia a enfermedades o a circunstancias adversas.

En la Argentina, los roedores se producen en bioterios de universidades nacionales y del Conicet, principalmente, con destino a estudios biomédicos en las áreas de inmunología, neurociencia, oncología, genética y farmacéutica. En los países desarrollados, la producción de recursos biológicos se concentra en empresas especializadas en el rubro,

que luego comercializan a laboratorios y centros de investigación.

Un relevamiento realizado en 20 bioterios de producción de roedores del país adheridos al SNB estimó que, en 2016, se produjeron alrededor de 43.000 ratones y 21.000 ratas de las cepas más requeridas. El informe pertenece a la tesis “Análisis de la situación de la ciencia y la tecnología de animales de laboratorio en Argentina”, presentada por Silvina Díaz en el marco de Maestría en Política y Gestión de la Ciencia y la Tecnología (UBA).

En comparación con los centros de referencia mundial, la Argentina ocupa un rol marginal en la producción de animales de laboratorio y tiene muchos desafíos por delante. Entre los más importantes, el desarrollo de legislación específica y la promoción de políticas públicas que impulsen la construcción de un circuito público-privado virtuoso del que puedan obtenerse reactivos biológicos estandarizados y de calidad certificada.

De hecho, la escasa oferta en el país abre la necesidad de importar animales con genética y sanidad controladas para las pruebas de experimentación, en las que se necesita certificar la calidad de los reactivos biológicos. En general, la mayor adquisición corresponde a ratones transgénicos, mientras que es menor la compra de animales de cepas “salvajes” (sin modificaciones genéticas).

## Comités de ética

En su tesis, Díaz resalta que el surgimiento de la figura del Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Experimentación (CICUAE) en la mayoría de los centros de investigación registró mejoras sustanciales en el país.

En este sentido, Romera destacó que el crecimiento exponencial en la conformación de los CICUAE es también un indicio del cambio de mirada de la comunidad científica hacia la puesta en valor del bienestar animal. “Los comités de ética tienen el rol de garantizar que las investigaciones que involucran animales se rijan por la normativa internacional y nacional, el principio de las 3R y un balance ético a favor del bienestar”, detalló.

Lo curioso es que estos espacios no se multiplicaron por la obligatoriedad de una ley, sino bajo la premisa de garantizarle a la sociedad el uso responsable de los animales de experimentación.

“Se requiere un aval del CICUAE para postularse a fondos de financiamiento, aplicar a tesis doctorales, publicar en revistas internacionales y concretar convenios de cooperación con otros países”, remarcó Romera, quien aseguró: “Estas exigencias fortalecieron el cumplimiento de los principios éticos en el uso de animales de experimentación”.

Por definición, cada CICUAE analiza los protocolos de investigación en línea con el cumplimiento de los principios básicos referidos al trato ético y humanitario de



## La carrera de Técnicos para Bioterio de la UBA es la única en Latinoamérica destinada a la formación universitaria de profesionales idóneos para la cría y mantenimiento de animales de laboratorio.

los animales como modelos experimentales. Evalúan, especialmente, la relación entre beneficios que pretende lograr la investigación y los daños a los animales y los criterios de retiro humanitario anticipado del ensayo y eutanasia, en virtud de considerar las normas internacionales.

Entre los requisitos, estas comisiones solicitan que los proyectos científicos adjunten un detalle de los métodos que se utilizarán para disminuir o paliar el dolor producido durante los procedimientos. Esto implica la descripción de las drogas analgésicas y anestésicas que se suministrarán, con la indicación de dosis y frecuencia de administración.

Asimismo, tienen la función de procurar la formación especializada de los investigadores que manipulan animales, la participación —o supervisión— de un veterinario o especialista en la especie animal que se emplea en los procedimientos experimentales y el acondicionamiento de bioseguridad de las instalaciones.

### Legislación

La ejecución de prácticas atroces de investigación médica y los crímenes de lesa humanidad que dejaron la Segunda Guerra Mundial y el nazismo activaron la acción de movimientos por el respeto de los Derechos Humanos. Una de las iniciativas de paz fue la Declaración de Helsinki, promulgada por la Asociación Médica Mundial en 1964, con el objetivo de fijar los principios éticos que debían guiar toda experimentación con humanos.

Entre sus postulados, este documento define que la investigación médica —basada en un profundo conocimiento de la bibliografía científica y previamente aprobada por un comité de ética— sólo debe realizarse cuando la importancia de su objetivo es mayor que el riesgo y los costos para la persona que participa en la investigación, quien, a su vez, debe prestar consentimiento para participar en los procedimientos.

A excepción de la expresión de voluntad, estos conceptos fueron retomados por la perspectiva de la ciencia que promueve el uso ético de los animales de laboratorio.

“Priorizar los derechos de los animales, así como su bienestar por encima de la investigación; descansar en el trabajo de profesionales capacitados; tener acceso a un veterinario, único responsable de cuidar la salud animal; realizar la experimentación sólo cuando tenga sustento científico y someter los protocolos de estudio a evaluación por comités de la propia institución son premisas que deben considerarse en una política de uso estratégico y responsable de los animales de laboratorio”, enfatizó Díaz.

Desde el punto de vista legal, numerosos países desarrollados y en vías de desarrollo —Estados Unidos, Comunidad Europea, Brasil y Uruguay— elaboraron legislaciones orientadas a regular el empleo de los animales de laboratorio. Este marco implica no sólo el cuidado de los seres vivos, sino también el de los profesionales que los manipulan.

En la Argentina, actualmente hay un proyecto de ley que, con la aprobación de la Cámara de Diputados de la Nación en 2017, espera el tratamiento en el Senado. Mientras, sigue vigente la Ley Nacional 14.346 sancionada en 1954, que garantiza la protección general de la fauna, con prácticamente ninguna regulación para los animales de uso experimental.

El proyecto de ley que cuenta con media sanción fue elaborado por un grupo de expertos de la Asociación Argentina de Ciencia y Tecnología de Animales de Laboratorio (AAyTAL) —que, bajo diferentes denominaciones, tiene 40 años de historia— y en consenso con un sector ampliado de la comunidad científica.

Entre los puntos sobresalientes, el proyecto dictamina la obligatoriedad de los comités multidisciplinarios de ética en las instituciones, la formación acreditada de quienes están en contacto con animales experimentales y la necesidad de trabajar en la trazabilidad de la información a partir del registro de animales, usuarios e instalaciones.

**Más información:** [Alejandra Romera romera.alejandra@inta.gob.ar](mailto:Alejandra.Romera@inta.gob.ar); [Silvina Díaz silvinalauradiaz@yahoo.com.ar](mailto:Silvina.Diaz@inta.gob.ar); [María de la Paz Alfaro palfaro@mincyt.gob.ar](mailto:María.de.la.Paz.Alfaro@mincyt.gob.ar); [Celina Vega vega.celina@inta.gob.ar](mailto:Celina.Vega@inta.gob.ar); [Florencia Mansilla mansilla.florencia@inta.gob.ar](mailto:Florencia.Mansilla@inta.gob.ar); [Patricio Davies davies.patricio@inta.gob.ar](mailto:Patricio.Davies@inta.gob.ar); [Silvina Maidana maidana.silvina@inta.gob.ar](mailto:Silvina.Maidana@inta.gob.ar)

## BIODIVERSIDAD

# Aumentar la producción sin comprometer los recursos es posible

Un consorcio de investigadores de Alemania y Argentina –del que participa el INTA– evaluó el costo ambiental de la expansión de la frontera agropecuaria y el impacto de los cambios en el uso del suelo en el Chaco semiárido. Escenarios posibles para prever las áreas de mayor riesgo de transformación y su impacto.

POR LAURA PÉREZ CASAR

El crecimiento demográfico mundial para 2050 será uno de los mayores factores que presionará al sector agropecuario. Producir lo suficiente para alimentar a cerca de 9 mil millones de habitantes sin presionar por demás al ambiente y dañar los recursos naturales, de por sí escasos, será un gran desafío.

El debate está abierto. Mientras algunos especialistas destacan lo irreversible que se vuelve el costo ambiental de la expansión de la frontera agropecuaria en, por ejemplo, el Chaco semiárido argentino, otros insisten en la necesidad de aumentar tanto la productividad como la rentabilidad de los sistemas productivos.

Para el año 2045, los suelos estarán ¿intensificados o conservados? ¿Hay conciliación posible entre un aumento de productividad y la preservación de los recursos naturales? ¿Cómo se pueden ordenar los territorios para conciliar estos objetivos?

La velocidad con la que se producen los cambios en el uso del suelo en la región Chaqueña impulsaron el análisis prospectivo de los efectos potenciales en la sostenibilidad de los agroecosistemas. Con el objetivo de generar información que permita planificar un manejo sostenible, un consorcio de investigadores de

Alemania y Argentina –del que participa el INTA– se unieron en el proyecto Pasanoa.

De acuerdo con Matías Mastrangelo –investigador del Conicet en el Grupo de Estudio de Agroecosistemas y Paisajes Rurales de la Unidad Integrada Balcarce INTA-UNMdP–, “el estudio permite prever las áreas de mayor riesgo de transformación a futuro y los cambios en la provisión de servicios ecosistémicos escala local y escala de paisaje”.

En este sentido, se refirió al desarrollo de escenarios futuros de cambios en el uso del suelo al año 2045 como una “herramienta muy útil” para discutir en forma abierta e inclusiva con todos los sectores sociales involucrados los potenciales futuros deseados para la región Chaqueña y los caminos para alcanzarlos.

Del análisis surgió que las cinco funciones ecosistémicas claves para la sostenibilidad –almacenamiento de carbono en biomasa, el almacenamiento de carbono en el suelo, el control de la erosión, la retención de excesos de precipitación por vegetación y la fertilidad del suelo– experimentaron disminuciones sustanciales entre 1985 y 2013, en simultáneo con la expansión agropecuaria.

Entre ellas, la más afectada fue la del almacenamiento de carbono en biomasa

con una reducción del 25 %. Se trata de una función clave para la mitigación del cambio climático. A su vez, de los tres servicios ecosistémicos clave evaluados –aptitud potencial para la producción agropecuaria, la regulación del clima y la regulación de inundaciones–, los dos últimos presentaron pérdidas mayores al 10 % entre 1985 y 2013.

De acuerdo con la investigación, “las mayores pérdidas en el conjunto de funciones y servicios ecosistémicos ocurrieron en zonas de activa deforestación por expansión de la frontera agropecuaria, como el este de Salta y Tucumán, noroeste y noreste de Santiago del Estero, el centro y oeste de la provincia de Chaco y el centro-oeste de Formosa”.

“Esto significa que los ecosistemas de la región chaqueña han ido perdiendo, en forma acelerada, su capacidad de brindar beneficios a la sociedad. Por ejemplo, el control de riesgos ambien-

Por la intensificación productiva, la región Chaqueña disminuyó su biodiversidad.





tales, como los cambios climáticos y las inundaciones, es fundamental para la estabilidad de la producción agropecuaria y el bienestar de la población local”, especificó Mastrangelo.

De acuerdo con Daniel Müller –investigador del Instituto de Desarrollo Agropecuario en Economías de Transición (IAMO, por sus siglas en inglés), “hay oportunidades para balancear la producción con la conservación desde escala de predio a la región”. En este sentido, ponderó los sistemas pastoriles porque al tener entre el 20 y el 30 % de cobertura leñosa evitan una pérdida sustancial de biodiversidad.

Por su parte, Leandro Macchi –investigador Instituto de Ecología Regional (IER) Conicet-Universidad Nacional de Tucumán–, aseguró que “las producciones intensivas tienen un costo que se expresa en pérdida de biodiversidad y carbono”. En este sentido, llamó a “buscar el modo de conciliar estos sistemas agrícolas ganaderos con la tierra, como la combinación de paisajes o silvopastura”.

### El impacto de transformar sistemas naturales en productivos

Del análisis de las relaciones de compromiso que se generan entre la producción agropecuaria y la biodiversidad surgió que el contexto del paisaje determina la respuesta de la biodiversidad a la intensificación agropecuaria en el Chaco semiárido.

Es decir, la cantidad y calidad del bosque remanente en el paisaje tiene la propiedad de mitigar los efectos negativos de la intensificación y los cambios en el uso de la tierra. Para el caso de la comunidad de aves se observó esta situación, aunque la relación varía dependiendo de qué especie de ave se analice en particular.

Por ejemplo, algunas especies generalistas capaces de adaptarse más fácilmente a los cambios en el uso del suelo se ven favorecidas por una alta cobertura de bosque en el paisaje a lo largo del gradiente de intensificación. Mientras que otras especies, con requerimientos

muy definidos de hábitat, disminuyen su abundancia a medida que la intensificación se acentúa independientemente de la cobertura de bosque circundante.

Julieta Decarre –especialista en ciencias biológicas del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos del INTA Castelar– analizó los efectos de la degradación del bosque en aquellas comunidades de aves que dependen del bosque para sobrevivir.

¿Qué pasa cuando los sistemas de producción se intensifican?, se preguntó la especialista y, luego de una intensa

Las cinco funciones ecosistémicas clave para la sustentabilidad experimentaron disminuciones entre 1985 y 2013.

## Hacia la gestión sostenible de la tierra

A partir del 40 % de pérdida de cobertura leñosa, las aves disminuyen su abundancia.

El proyecto Pasanoa (Caminos hacia la gestión sostenible de la tierra en el norte de Argentina, por sus siglas en inglés) está conformado por un consorcio de investigadores de Alemania y Argentina. Entre los involucrados se destacan la Universidad Humboldt de Berlín, el Instituto Leibniz de Desarrollo Agrícola en Economías en Transición (IAMO), el INTA y las Universidades de Tucumán, Salta y Mar del Plata.

Financiados por el Ministerio Alemán de Educación e Investigación, los especialistas evaluaron el costo ambiental de la expansión de la frontera agropecuaria y el impacto de los cambios en el uso del suelo en Salta, Formosa, Santiago del Estero y Chaco.



tensificación agropecuaria depende del contexto del paisaje. “La interacción entre intensidad de uso y cobertura de bosque es fuerte y explica gran parte de la ocupación de aves en el paisaje”, explicó, al tiempo que agregó: “La proporción de bosque en el paisaje mitiga el efecto de la intensificación”.

### Cambia, todo cambia

Para María Piquer Rodríguez, investigadora del Instituto de Ecología Regional (IER) Conicet-Universidad Nacional de Tucumán, “la decisión de un productor de transformar un sistema natural como un bosque, en un sistema de manejo agrícola, está impulsada principalmente por la condición de alta productividad del suelo y por la intención de maximizar la rentabilidad de la superficie de tierra”.

En cuanto a la aridez, indicó: “Observamos una tendencia interesante, ya que la conversión de bosque a pastura sería más probable que la conversión de bosque a cultivo, lo que pone de manifiesto que los sistemas ganaderos y pastoriles son más elásticos frente a la diversidad climática”.

“Para el establecimiento del cultivo es importante la logística”, explicó, dado que los costos aumentan con la distancia a las capitales de provincia y esto determina que la probabilidad de conversión disminuya.

Otro punto interesante, que se contrapone a la hipótesis inicial de los investigadores, es que el uso de la tierra no está siempre motivado por una maximización de la rentabilidad. “Observamos

investigación, pudo concluir en que el 70 % de las comunidades de aves dependientes del bosque sufren una reducción abrupta de su abundancia, a medida que la cobertura de vegetación leñosa disminuye.

“A partir del 40 % de pérdida de cobertura leñosa las primeras especies empiezan a disminuir su abundancia. Algunas, incluso, llegan a desaparecer”, especificó Decarre y detalló que “la mayoría de estas especies presentan puntos de quiebre entre el 8 y el 18 % de la cobertura leñosa”.

En este punto, subrayó que la respuesta de la comunidad de aves ante la in-



## Los sistemas pastoriles evitan una pérdida sustancial de biodiversidad.

que ciertos valores culturales, la tenencia de la tierra, la zonificación y la legislación forestal juegan un papel importante a la hora de determinar ese cambio de uso de la tierra”, indicó Piquer Rodríguez.

### Una problemática, tres escenarios

Para Gregorio Gavier –especialista en bosques y vida silvestre del Instituto De Investigación de Recursos Biológicos del INTA Castelar–, “la llanura Chaco Pampeana es una de las zonas con mayor cambio del uso del suelo del mundo” y sentenció: “De continuar o aumentar la tasa de expansión actual habrá cambios sustanciales en el futuro de la región y numerosos conflictos que atender”.

Por este motivo, destacó la importancia de “analizar de un prospectivo de escenarios para evaluar las consecuencias

potenciales de los futuros patrones de uso del suelo y buscar herramientas o soluciones para minimizar los conflictos entre conservación y producción”. Así, se refirió a tres muy diversos entre sí.

En el primero, de expansión de la agricultura, el especialista asume que para el año 2045 vuelven las elevadas tasas de expansión de los 90 con un 40 %, sin nuevas áreas protegidas, sin cuidado del ambiente y con cultivos de uso dominante.

El segundo escenario, denominado “Ecomodernismo”, tiene una tasa de expansión que asciende al 20 % de la vegetación, con una intensificación de áreas productivas un 17 % de áreas protegidas. “Habrá aumento de cultivos, de la mano de las pasturas, debido a las barreras parancelarias que piden certificaciones ambientales”, explicó Gavier.

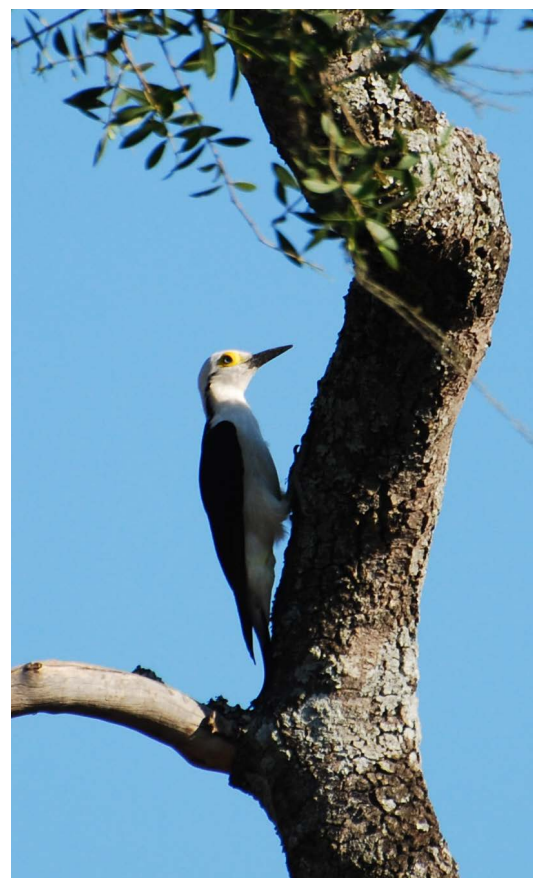
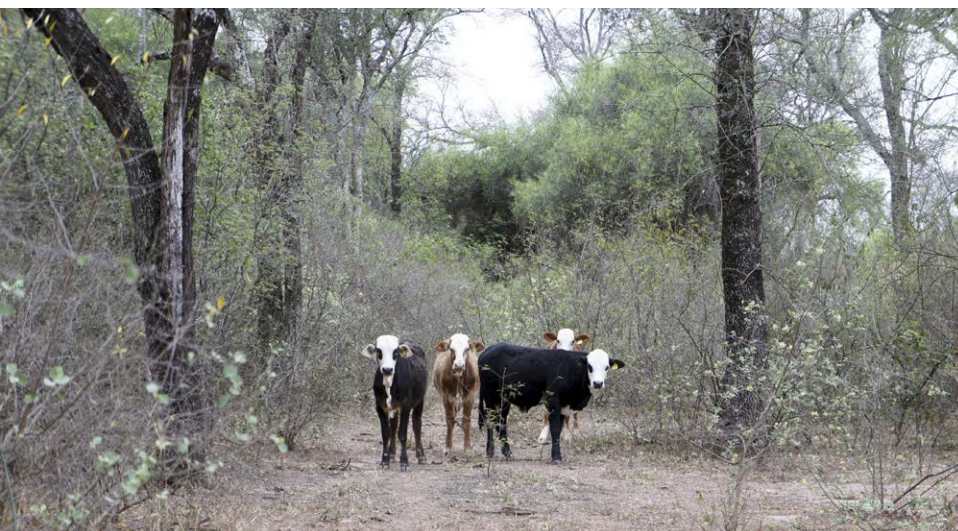
En el tercer escenario, llamado “Sostenibilidad y Diversificación” hay una gran injerencia del Estado en el cuidado de los recursos naturales. En este caso, se favorecería mucho a los pequeños y medianos productores con manejos agroecológicos que preserven los recursos naturales.

“Habrá una tasa de expansión del 10 % para 2045, más baja que la actual, con un 17 % de áreas protegidas con una diversificación de los sistemas productivos: algunos ganaderos y muchos mixtos”, estimó.

---

**Más información:** *Matías Mastrangelo* [matimastra@gmail.com](mailto:matimastra@gmail.com); *Daniel Muller* [d.mueller@hu-berlin.de](mailto:d.mueller@hu-berlin.de); *Leandro Macchi* [leandromacchi@gmail.com](mailto:leandromacchi@gmail.com); *Julieta Decarre* [julidecarre@gmail.com](mailto:julidecarre@gmail.com); *María Piquer Rodríguez* [maria.piquer-rodriguez@geo.hu-berlin.de](mailto:maria.piquer-rodriguez@geo.hu-berlin.de); *Gregorio Gavier* [gavierpizarro.g@inta.gov.ar](mailto:gavierpizarro.g@inta.gov.ar)

---





## INNOVACIÓN AEROESPACIAL

# “SAOCOM es el mayor desafío que ha tenido el país en el área satelital”

Laura Frulla, investigadora principal de la misión y referente del satélite de observación argentino, reconoce el carácter estratégico y los aportes para el agro. Desarrollado por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales -CONAE-, permitirá medir la humedad del suelo y alertará sobre potenciales inundaciones, incendios y enfermedades de interés agrícola.

POR CECILIE ESPERBENT Y MARIO MIGLIORATI  
FOTOGRAFÍA PAULA AGUILERA

El desarrollo de la misión SAOCOM representa un desafío para la ciencia espacial argentina y pone a los ojos del mundo la capacidad de las científicas y científicos para diseñar un satélite que proveerá información en cualquier condición meteorológica, tanto de día como de noche, a través de microondas en banda L.

El SAOCOM 1A ya se encuentra en órbita para la observación de la tierra desde el espacio y, a la espera el próximo año de su gemelo SAOCOM 1B, cuenta con características que superan a los satélites-radar desarrollados por Japón, una potencia aeroespacial.

Con capacidad para brindar información destinada a prevenir, monitorear, mitigar y evaluar catástrofes naturales o antrópicas, también le permitirá al productor contar con datos en tiempo real que podrán marcar la diferencia en una campaña agrícola.

A los ya posibles aportes sobre la reserva de humedad en el suelo y su disponibilidad, índices de vegetación y control de plagas, suma aplicaciones para las alertas sobre potenciales inundaciones, incendios y enfermedades de interés agrícola. “Es información estratégica y de relevancia para los productores”, dice la doctora en física Laura Frulla para agregar: “Contar con estos datos en tiempo real podrá marcar la diferencia en

una campaña”. Este es un factor crítico para la producción agropecuaria y clave para decidir cuál es el mejor momento para la siembra, fertilización y riego, en cultivos como soja, maíz, trigo y girasol.

Y si bien tomará datos de todo el mundo, con el aporte del INTA, podrá saber cuál es la humedad del suelo en la Región Pampeana en un área de interés de alrededor de 83 millones de hectáreas con una resolución de un kilómetro.

Otros usos de este instrumento de radar polarimétrico, con una antena de 35 m<sup>2</sup> y alta sensibilidad en sus adquisiciones, podrán destinarse en aplicaciones hidrológicas, costeras y oceánicas como también en nieve, hielo y glaciares. Aunque también despierta interés y oportunidades para estudios urbanos, de seguridad y defensa junto a otras áreas de interés productivo.

Esta científica reconocida internacionalmente, que se integró hace ya 20 años a la CONAE para trabajar en calibración radiométrica y geométrica del satélite SAC-C, no deja de expresar que se trata de uno de los grandes orgullos de la CONAE y “un gran avance para el país, que nos otorga soberanía tecnológica”.

**¿Qué conocimientos fueron necesarios para identificar lo que se quería**

**medir con este satélite? ¿Qué perfiles aportaron y desde qué disciplinas?**

Este satélite reúne muchas ópticas. Pero en realidad, el nacimiento del satélite desde los requerimientos y de pensar “qué queremos que mida”, se conforma desde el aporte de disciplinas como la agronomía, la biología, así como del conocimiento de profesionales de disciplinas como el urbanismo, la geología y la meteorología. Se tuvieron que tener en cuenta múltiples elementos porque había que darle al instrumento una versatilidad tal que pudiera identificar distintos aspectos; es decir, no solo que permitiera conocer la humedad del suelo, que la puede detectar, sino además detectar rasgos en las zonas urbanas y medir desplazamientos de la superficie, identificar variaciones de alturas y generar modelos digitales de elevación. Para todo esto, se requirieron distintas miradas desde lo que es la aplicación.

**Todos estos aportes, ¿qué capacidad le dieron al SAOCOM para que se distinga del resto de los satélites?**

Hemos analizado el comportamiento de lo que mide un instrumento de radar en microondas (referido como el coeficiente de retrodispersión) de acuerdo con el tipo de superficie, y también hemos tomado como referencia los valo-



“Pudimos hacer un satélite como lo hacen las potencias y esto nos genera orgullo”.

res obtenidos por otros instrumentos de radar en las microondas, sumado a lo que predice la teoría. En función de esto, pudimos definir la capacidad que le daríamos al instrumento para identificar distintos elementos de la superficie terrestre y la sensibilidad a las variaciones de los mismos. Esto está relacionado, entre otros parámetros, con lo que se llama rango dinámico de un instrumento. Este parámetro es justamente el que distingue al instrumento que lleva el SAOCOM del resto en su tipo y lo pone por encima de cualquier otro instrumento de radar. Para entender la importancia de contar con un instrumento con un rango dinámico tal que permita identificar todos los elementos de la superficie terrestre y que además sea sensible a las variaciones de los mismos, podemos recurrir a un ejemplo. Si necesitas medir una mesa que mide 1 m y te damos una regla de 10 cm graduada al milímetro, se puede medir, pero necesitarás realizar al menos 10 mediciones consecutivas para medir 1 m y vas a tener un error de al menos 1 milímetro. Ahora bien, si en cambio te damos una regla de 1 m graduada a 1 décima de mm, podrás medir 1 metro de una sola vez y la medición se hará con una décima de mm de error. Esto llevado a lo que nos ocupa, es decir, el rango dinámico de un instrumento, es entonces el rango de valores de coeficiente de

retrodispersión posibles de ser medidos por el instrumento (ejemplificado con la regla de 1 m) junto con la capacidad de distinguir elementos o la sensibilidad a las variaciones de los elementos (ejemplificado con la graduación de la regla a la décima de mm).

#### **Son características que le otorgan versatilidad como se sostiene desde la CONAE...**

Dada esas características decimos que el instrumento es muy versátil. Puede medir decibeles -potencia-, desde el -5 dB, para lo que es ciudad, hasta 35 dB en lo que respecta a la humedad en el suelo, siendo éste el parámetro más exigente para poder realmente hacer aportes a la agricultura. Esta característica impone condiciones muy restrictivas sobre la antena que porta el SAOCOM. En este sentido, la planitud de la antena debe ser casi perfecta y sus dimensiones de 10 m de largo por 3,5 m de ancho, lo que resulta en una antena de 35 m<sup>2</sup>, con 140 miniantenas para transmitir y recibir los pulsos que hacen posibles las mediciones.

Lo aquí descripto no hace más que reforzar la característica interdisciplinar de este proyecto, y de cualquier proyecto que esté en el marco del Plan Nacional Espacial de la CONAE, cuyo objetivo fun-

damental es satisfacer los sectores económicos, productivos y sociales del país.

#### **Y en particular los agrónomos, ¿qué función tienen?**

Los agrónomos intervienen no sólo en plantear qué información quieren recibir, sino que también intervienen en los procesos de validación. En síntesis, y en general, para el inicio y fin del proyecto. Es decir, para las fases de definición del mismo y validación de las mediciones, necesita la gran variedad de disciplinas abarcativas de los aspectos sociales, económicos y productivos de nuestro país. En cambio, para la fase de desarrollo del satélite y de generación de los productos, se requiere de todas las disciplinas de la ingeniería, incluyendo la industrial, como así también matemáticos, físicos, desarrolladores de software y analistas de sistemas, entre otros...

#### **El satélite fue armando en partes donde intervinieron otros países...**

Los módulos de transmisión y recepción de los pulsos, que son el corazón del instrumento, se construyeron en Italia en Thales Alenia Space (el mayor fabricante de satélites europeo), y los mandaban para Argentina, al Laboratorio de Integración y Ensayos (LIE) en nuestro Centro

## La imagen no es todo

Hay distintos modos en los que se trabaja con imágenes de radar, entre los que se encuentra el *StripMap*, *TOPSAR Narrow* y *Wide*. “Las diferencias que existen entre uno y otro son por ejemplo la resolución espacial y la cobertura”, explica Laura Frulla y aclara: “El modo *StripMap* tiene franjas más angostas y los modos *TOPSAR Narrow* y *Wide* tienen franjas más anchas y, en consecuencia, al tener más cobertura, menos resolución espacial”.

Al respecto, indica que el modo *StripMap*, que es más angosto y tiene menos haces involucrados en la captación para calibrar, es una información que para marzo de 2019 podrá estar disponible. “Aunque nosotros ya estamos planificando y adquiriendo imágenes”, indica.

Actualmente se están ejecutando una serie de pruebas y ajustes en toda la cadena de operación del satélite, lo que incluye el Segmento Terreno. Hay una serie de procedimientos a cumplir bajo cronograma que abarcan desde el pedido de una adquisición hasta su bajada en una estación de recepción, su procesamiento y distribución. Para que la información esté disponible para los usuarios, toda la cadena tiene que estar probada y funcionando.

“Las captaciones que ya se han realizado están hechas en el marco de ese cronograma de pruebas por lo que al momento se ha podido captar una zona del Delta, una zona del sur argentino (Lago San Martín), el área que comprende Vaca Muerta y una porción de la Antártida (la Base Marambio)”, destaca.

A las imágenes generadas por el radar “hay que hacerles muchas correcciones por distintos factores como, por ejemplo, la observación lateral que produce distorsiones geométricas, el patrón de antena, que es diferente en el rango cercano respecto del lejano”, dice.

Por otra parte, la atmósfera ejerce una pequeña rotación a las componentes polarimétricas del pulso. Estos son algunos de los efectos que hay que corregir para que la radiometría de la imagen refleje las condiciones reales de observación.

La investigadora asegura que esta tecnología, en lo que hace a la producción de imágenes, coloca a los instrumentos de radar en una situación de ventaja frente a los sensores ópticos porque no dependen de la iluminación solar y las adquisiciones no se ven imposibilitadas por perturbaciones atmosféricas como lluvia, nubes o humo.

“Cuando decimos que es superior al satélite japonés en banda L, podemos probarlo”.

Espacial en la provincia de Córdoba, donde se fueron probando e integrando a los correspondientes controladores (desarrollados en el país) y a los paneles que conforman la antena cuya estructura estuvo a cargo de CNEA. Cada partecita tuvo que ser probada a medida que se integraba. Ni bien se terminó la integración de los 140 módulos en los 7 paneles de la antena, ésta fue enviada a INVAP, en donde la estaba esperando el cuerpo del satélite.

### ¿Qué participación tuvo el INVAP de la ciudad de Bariloche?

En el INVAP se integró la antena al cuerpo del satélite, cuyo desarrollo ha-

bía estado a su cargo, como así también la electrónica central y algunas componentes de la antena como las cajas de despliegue.

### Con toda esta complejidad y años de trabajo, ¿tuvieron demoras sobre los tiempos proyectados?

Hubo partes que no llegaban cuando tenían que llegar. En el ínterin en Italia hubo un terremoto que produjo demoras, a pesar de toda la colaboración que recibimos. Esto fue por el terremoto de L'Aquila -agosto de 2016- donde se desarrollaban los módulos de recepción y transmisión. También hubo un tema de prioridades europeas, como el de la Agencia Espacial Europea (con la construcción de sus satélites Sentinel) que involucraba a Thales Alenia Space, empresa que estaba desarrollando nuestros módulos. Sin dudas, las esperas fueron un aspecto importante en el proyecto.

### Con toda esta experiencia y camino recorrido, ¿qué conocimientos quedan para el equipo formado en el país?

Si bien somos pequeños frente a las potencias del sector, pudimos hacer un satélite como lo hacen las potencias y esto nos genera orgullo.

### Argentina desarrolló un satélite de avanzada que supera con su tecnología a los que están en funcionamiento...

Cuando decimos que es superior al satélite japonés en banda L, podemos probarlo. No tiene nada que envidiarle y es superior por el rango dinámico del SAOCOM. Hay algo más y tiene que ver con la relación señal a ruido que, al ser mejor, ayuda a la identificación de los distintos aspectos de la superficie terrestre.

### Desde esta visión, ¿cómo se llega a un desarrollo de vanguardia?

Solo se puede explicar porque somos argentinos... creo que esta es la primera respuesta. Por supuesto que hemos tenido colaboración de la Agencia Espacial Europea y de la NASA. Esta última a nivel de campo, en lo que hace a los procesos de validación y a las mediciones en el terreno de humedad en el suelo. La NASA tiene una misión que se llama SMAP que puede identificar humedad



de suelo con 9 km de resolución espacial. A pesar de que ya habíamos hecho otros intentos de instalación de sitios para medición de humedad del suelo, en Argentina instalamos con la NASA el primer sitio efectivo en la localidad cordobesa de Bell Ville, espacio facilitado por el productor Romagnolli. NASA nos sugirió dónde y cómo teníamos que instalar los instrumentos para que las mediciones resulten mejores. Cabe destacar que este sitio fue el único elegido por la NASA para Latinoamérica y se utilizó como sitio modelo para la calibración y validación del producto humedad del suelo generado por SMAP. Así, al día de hoy se cuenta con más de 100 sensores distribuidos en toda la región pampeana a imagen y semejanza del sitio piloto de Bell Ville.

### ¿Cómo los productores podrán acceder a los datos que genere el SAOCOM?

Voy a parafrasear a Pablo Mercuri, director del Centro de Investigación en Recursos Naturales (CIRN) del INTA, en cuanto a que: "Conocer el contenido de agua, es fundamental para su gestión". De por sí, contar con una resolución espacial de 100 m el contenido de humedad en el suelo, para los más de 80 millones de hectáreas que comprende la Región Pampeana, es un gran aporte.

A través de la Web de CONAE los usuarios van a poder acceder a un catálogo para visualizar todas las adquisiciones realizadas. En particular aquellos que tengan convenio con CONAE po-

drán ingresar desde el catálogo a otro nivel para realizar el pedido de la imagen. Allí seleccionarán la imagen deseada si es de archivo o pedir una región de interés para solicitar la adquisición a futuro.

### Estos datos que aportará son muy esperados, por el impacto que tendrán desde lo productivo...

Nosotros no solo vamos a obtener la humedad en el suelo en un área, sino que vamos a contar con las capas del mapa a 2 m de profundidad. Esto dará una idea de si hay napa freática y dónde, siempre y cuando no esté a mucho más de 2 m de profundidad, y también permitirá la identificación de acuíferos. Se trata de un aporte importante que además se lo puede vincular con otro tipo de información. Es un desarrollo que sostiene las políticas públicas y, en el caso del INTA, es un usuario primario de la información que genere.

### ¿Qué representa este desarrollo para la soberanía tecnológica nacional?

Es un orgullo para Argentina poder ser parte de este desarrollo, en el sentido de que las agencias espaciales nos respetan. Nos consideran y están esperando esta información. Pero tenemos que pensar cómo ponerla a disposición, porque no la podemos brindar sin una contraprestación, no la podemos regalar. Contrariamente, en el exterior se está instalando el concepto de uso libre y abierto de la información lo que nos lleva

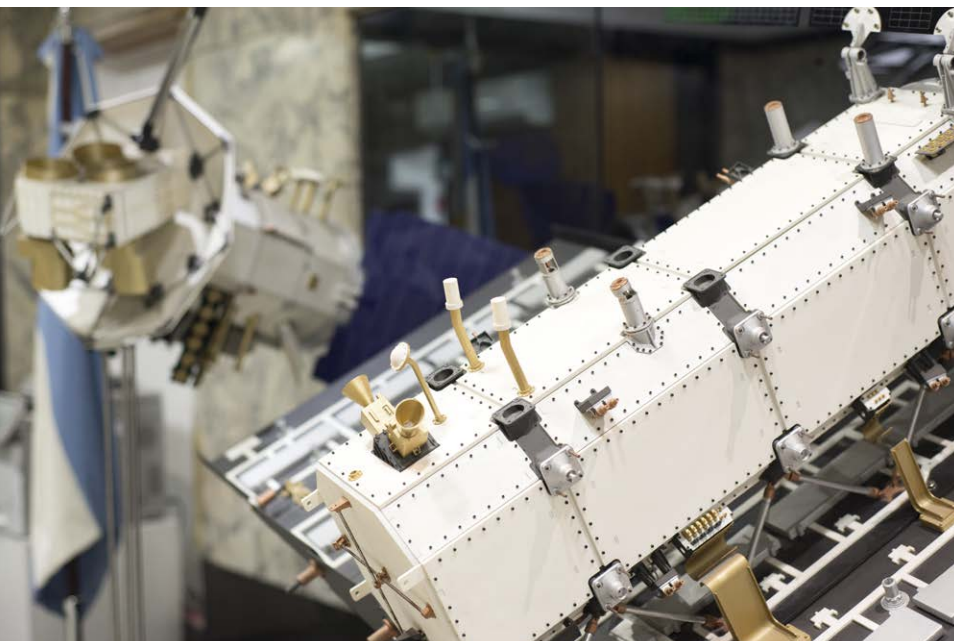
a considerar los usos posibles: gubernamental, emergencias o académico, a partir de destinarles una cuota. De ahí en más el uso que podamos hacer del resto de la información será comercial. En este punto, estamos en una instancia de negociación con las agencias. Otra cuestión surge del soporte que hemos recibido de éstas, por lo cual, y de alguna manera, se tiene que hacer una devolución.

### ¿Cómo se vivió la puesta en órbita del SAOCOM en el país y el mundo? Más allá de lo que significa como noticia y yendo a lo que genera en cuanto a la producción de nuevos datos...

Lo primero que surge es que para que en el país se incorpore el uso de esta información, hay que trabajar y mucho. No están muy instalados sus posibles usos exceptuando al INTA, un caso particular porque tiene trayectoria en el uso de dato satelitales. En ese aspecto es una de las más adelantadas entre todas las instituciones. Del resto no está del todo claro si están en el proceso de transformación, porque todavía dependen del dato acotado.

### Por lo que señala, no terminan de dimensionar la importancia de acceder a esta información en tiempo real...

Es información que hay que procesar y saber interpretar. Interpretar estos nuevos datos que aportará el SAOCOM significa un cambio de concepto.



"Es un orgullo para Argentina poder ser parte de este desarrollo, en el sentido de que las agencias espaciales nos respetan".

“Ahora, con el SAOCOM, hay mucho por trabajar para lograr incorporar el uso de la información satelital en la sociedad...”

## Información estratégica para el campo

La antena radar del satélite –una estructura de 10 metros de largo por 3,5 metros de ancho– emitirá hacia la Tierra pulsos en microondas, en la frecuencia 1,2 gigahercios (GHz), y recibirá la señal asociada a la humedad del suelo. Los valores de humedad de suelo calculados a partir de las mediciones de SAOCOM se mantendrán validados para la región pampeana gracias a la red de instrumentos de medición *in situ* instalada en 67 sitios distribuidos en Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, La Pampa y Entre Ríos.

Con una órbita polar y a más de 620 kilómetros de la superficie terrestre, el SAOCOM medirá la humedad del suelo, pixel a pixel, y a una escala de resolución de 100 metros. Este dato toma mayor relevancia si se lo compara con la misión SMAP (Humedad del Suelo Activo y Pasivo, según las siglas en inglés), de la NASA, con la que se obtiene un mapa de humedad de suelo cuya resolución es de 9 kilómetros y con la misión SMOS (Humedad del Suelo y Salinidad del Océano, según sus siglas), de la Agencia Espacial Europea (ESA), con la que se obtiene un mapa de suelo cuya resolución es de 35 kilómetros.

### Respecto a esta demanda, ¿quiénes en el mundo esperan esta la información? ¿Y qué sucede con los productores argentinos?

En el exterior la demandan las agencias espaciales, las instituciones y las empresas, estas últimas para vender la información. Ésta es información que se consume. Pero tenemos que reconocer que en el exterior hay una trayectoria en lo que hace al uso de información satelital y por lo tanto al conocimiento sobre los posibles usos de los satélites. En nuestro país el lanzamiento y la puesta en órbita del SAOCOM tuvo una repercusión muy importante que no la esperábamos. Y si bien ya habíamos lanzado los satélites SAC-B (1996), SAC-A (1998), SAC-C (2000) y SAC-D (2011), eran más bien

de uso académico. Ahora, con el SAOCOM, hay mucho por trabajar para lograr incorporar el uso de la información satelital en la sociedad y tener así un mayor reconocimiento a la necesidad de contar con este tipo de información.

### De ahora en más, ¿cómo se continúa y con qué proyectos a futuro?

El futuro hay que trabajarlo, construirlo. En esa línea está el SAOCOM 2, pero nos tenemos que adaptar a la realidad del país. El SAOCOM 1A se llevó mucho presupuesto y aún falta lanzar el 1B. Para que tengamos presupuesto depende de nuestro trabajo generando productos y que la gente los demande y se acostumbre a usarlos. Si hay requeri-

mientos, seguramente vamos a tener el presupuesto necesario para atenderlos.

### El SAOCOM 1B es el complemento del 1A ¿Qué funciones tendrá?

Es el gemelo del 1A y viene a mejorar la revisita. El ciclo de repetición del SAOCOM, cuando pasa por un mismo lugar con las mismas condiciones de observación, es de 16 días. Cuando tengamos los 2 satélites será de 8 días.

Ahora bien, se puede ver el mismo lugar con otras condiciones de observación, y la utilidad del dato dependerá del tipo de aplicación que tenga en mano. Por ejemplo, si lo que interesa es monitorear una inundación, el agua podrá ser distinguida independientemente de







las condiciones de observación, y esto favorece a la posibilidad de ver más veces un lugar sin necesidad de esperar 8 días. En cambio, si lo que me interesa es el ciclo fenológico de un cultivo, es imprescindible monitorearlo siempre con las mismas condiciones de observación. Esto se debe a que la reflexión del pulso en el cultivo es diferente o bien porque creció, o bien porque la forma de la observación se modificó. Por tal motivo para identificar el crecimiento, debo eliminar la otra variable vinculada con la forma de observación.

**¿Hay otros proyectos para los próximos años que nos puedan poner a la vanguardia en esta tecnología?**

Desde ya está el SAOCOM 2 y hay que empezar con su desarrollo. Seguramente no demandará el mismo tiempo porque hay un camino recorrido. Estamos en una línea de desarrollo para acortar aún más las distancias temporales, en algo que se reconoce como arquitectura segmentada. Y me refiero a que este satélite tiene una antena de 10 m de largo y un peso de 3 toneladas. La idea es estudiar, y en eso estamos, la posibilidad de lanzar satélites que sean más pequeños: entre 250 kg y 700 kg con antenas más chicas, por ejemplo, de 1 m. Entonces, con 10 satélites con antenas de 1 m operando de manera coordinada, queremos ver si podemos reproducir, con éstos, lo que puede hacer uno con una antena de 10 m.

Estos satélites más pequeños y livianos son mucho más fáciles de manejar, desde el punto de vista del desarrollo y del recurso económico requerido, y además si se rompen se pueden reemplazar. Por otro lado, el lanzamiento de estos satélites está vinculado con el proyecto de lanzadores que tiene la CONAE. El objetivo es estar en condiciones para lanzar nuestros satélites de arquitectura segmentada con nuestros lanzadores desde nuestro territorio.

**En qué grado de avance se encuentran...**

Se está trabajando de manera articulada con el sistema científico-tecnológico argentino.

**¿Cómo se trabaja junto a los jóvenes para que sean el futuro de estos desarrollos?**

Necesariamente hay que trabajar con los jóvenes. Es un tema cultural. Y recupero una frase de Conrado Varotto (ya retirado de la dirección de la CONAE, fundador del INVAP y responsable de poner en órbita los cuatro satélites que tiene la Argentina), quien dice: "La materia gris de los jóvenes es la que hay que aprovechar". Por lo tanto, se trata de contribuir siempre de algún lado.

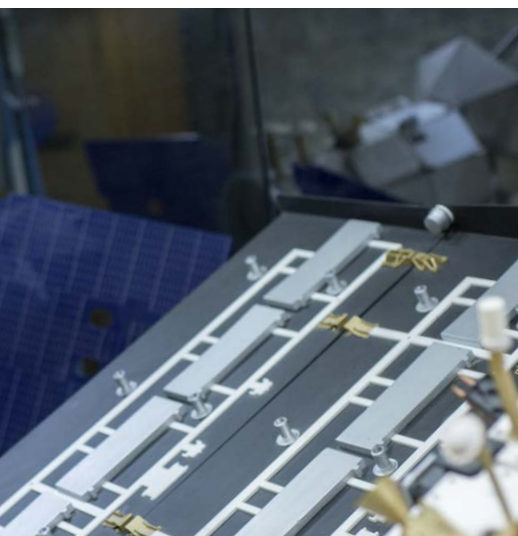
**¿Qué significa ser investigadora principal de la Misión SAOCOM?**

Una gran responsabilidad, por ser quien firma los requerimientos de construcción del satélite y una cara visible en representación de más de 800 profesionales que trabajan en la misión.

**¿Qué es el proyecto SAOCOM?**

SAOCOM es el mayor desafío que ha tenido el país en el área satelital. Nos posicionó internacionalmente como los mejores en el segmento satélites radar y es el proyecto más destacado que ha generado la CONAE.

**Más información:** Laura Frulla  
lfrulla@conae.gov.ar





# Revisión sobre el origen y el desarrollo de la producción de caprinos de Angora en Argentina

MUELLER, J.P.<sup>1</sup>; TADDEO, H.R.<sup>1</sup>; ABAD, M.I.<sup>3</sup>; DEBENEDETTI, S.<sup>4</sup>

## RESUMEN

Los caprinos de Angora, productores de la fibra mohair utilizada desde tiempos remotos en la confección de prendas de lujo, se diseminaron desde el Medio Oriente a varios países incluyendo a la Argentina. En el norte de la Patagonia su cría proporciona medios de vida a una gran cantidad de pequeños productores. Una revisión bibliográfica, una recopilación de testimonios e información no publicada permiten apreciar las particularidades del origen e historia del Angora, como así también permiten resumir las acciones que contribuyeron a su desarrollo en el país. En ese sentido debe resaltarse la acción del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria en cuanto al mejoramiento genético y a la extensión. Con el tiempo los productores organizados y empoderados lograron apoyos adicionales que se enmarcaron en el denominado *Programa Mohair* que a su vez generó la base para la promulgación de una *Ley Caprina* nacional. Problemas en la producción y perspectivas de comercialización mundial del mohair indican que a pesar de precios favorables sostenidos la producción de Angoras enfrenta varios desafíos para mantenerse en el tiempo.

**Palabras clave:** mohair, selección, lana, Patagonia.

## ABSTRACT

*Angora goats, which produce mohair fibres used since ancient times in the manufacture of luxury garments, have spread from the Middle East to several countries including Argentina. In the north of the Patagonia Angoras contribute to the livelihood of a large number of smallholders. A literature review, compilation of testimonies and unpublished information allow us to appreciate the particularities of the origin and history of these goats, as well as to summarize the actions that contributed to its development in the country. In that latter sense, the involvement of the National Institute of Agricultural Research in genetic improvement and extension must be highlighted. Over time organized and empowered smallholders obtained additional support that developed into the so-called Mohair Program, which in turn generated the basis for the enactment of a national Goat Law. Production issues and market outlook of mohair indicates that despite sustained favourable prices for mohair, Angora production faces several challenges to be sustained in time.*

**Keywords:** mohair, selection, wool, Patagonia.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Bariloche. Modesta Victoria 4450, San Carlos de Bariloche, (8400) Río Negro, Argentina. Correo electrónico: mueller.joaquin@inta.gov.ar

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Bariloche. Modesta Victoria 4450, San Carlos de Bariloche, (8400) Río Negro, Argentina. Correo electrónico: taddeo.hector@inta.gov.ar

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Agencia de Extensión Rural (AER) Patagones. Fagnano 637, Carmen de Patagones, (8504) Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: abad.martin@inta.gov.ar

<sup>4</sup>Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, El Bolsón, (8430) Río Negro, Argentina. Correo electrónico: sdebenedetti@magyp.gov.ar

## INTRODUCCIÓN

Con los europeos llegaron las cabras al continente americano. Gracias a su plasticidad se adaptaron a diferentes ambientes, incluyendo el árido y semiárido argentino, para producir carne, leche, fibras y cueros contribuyendo de esa manera medios de vida a sus criadores. Algunos caprinos tienen fibras textiles distintivas en calidad y cantidad. Por ejemplo los caprinos de Angora producen mohair, fibra valiosa por su color blanco nacarado, brillo, elasticidad y suavidad que reviste particular importancia para los pequeños productores del norte de la Patagonia. A lo largo de la historia hubo muchos esfuerzos para desarrollar la cría de esos caprinos en el país. Los esfuerzos se verifican en libros con datos de interés histórico (Ordoñana, 1868; Napp, 1876), en libros más recientes sobre la producción de caprinos en general (De Gea *et al.*, 2005), en publicaciones sobre la producción de cabras con fibras (Lanari, 2008) y en publicaciones de divulgación general (Debene-detti *et al.*, 2010). También existe información no publicada y documentación de difícil acceso en la sede Bariloche del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) que jugó un rol importante en la promoción de la producción de caprinos de Angora en el país. En el presente trabajo se revisa la información publicada y no publicada junto con las experiencias personales de los autores en el tema para resumir la historia del poblamiento del país con cabras de Angora, los conocimientos generados a través de los años y las acciones realizadas para su desarrollo. A los fines de completar el curso histórico de la raza se actualiza el conocimiento sobre el origen y la distribución mundial del caprino de Angora y se ensaya un análisis de perspectivas para su cría en el país.

### Orígenes de los caprinos de Angora

El caprino fue domesticado hace unos diez mil años (Zeder y Hesse, 2000) y hay evidencias de que fibras caprinas fueron usadas para vestimenta hace más de cuatro mil años. En el Estandarte de Ur (Iraq), que se remonta al siglo xxvi a. C., se pueden observar cabras con vellón tipo Angora (figura 1) y en Umma (Iraq) se encontraron tablillas de arcilla del siglo xxi a. C. con escrituras cuneiformes sumerias haciendo referencia a la producción de pelo de cabra (Jones y Snyder, 1961). Moisés resalta la importancia del pelo de cabra en la Biblia al relatar en el Éxodo de los judíos de Egipto, datado entre los siglos xiii y xiv a. C.: “Harás asimismo cortinas de pelo de cabra para una cubierta sobre el tabernáculo” y “Todas las mujeres cuyo corazón las impulsó en sabiduría hilaron pelo de cabra” (Éxodo 35 y 25).

El nombre de cabras de “Angora” hace referencia a la provincia de Angora, actual Ankara en la región central de Turquía, al igual que los conejos de Angora y los gatos de Angora. Pero las cabras no son originarias de esa región. Las cabras domésticas en general se clasifican como *Capra aegagrus hircus* y descienden del caprino silvestre Bezoar Ibex (*Capra aegagrus*) de la cadena montañosa Zagros al oeste de Irán aunque el origen de los caprinos de Angora

se suele vincular al caprino silvestre Markhor (*Capra falconeri*) del sur del Asia Central. Se sabe que las cabras de Angora llegaron a las planicies centrales de Anatolia, Asia Menor, con pastores desplazados desde territorio turcomano, entre el Mar Caspio y el Mar de Aral, por los tártaros durante la avanzada mongol de Ghengis Khan en el siglo xiii. De acuerdo a la tradición otomana, Suleyman Shah y su tribu Kayi, perteneciente a los pueblos túrcicos, arriaron sus cabras desde el este de Irán hacia el río Éufrates. En su cruce, Suleyman Shah perdió la vida, pero su hijo Ertugrul logra llegar a fines de los años 1220 con los caprinos y pastores a la ciudad de Konya que pertenecía al Sultanato de Kayqubad I. El sultán le adjudicó tierras entre Angora y Kayseri donde se quedaron criando sus cabras como mascotas valiosas por el beneficio que obtenían con el comercio de su fibra (Kanturk Yigyt, 2011; Dhuinnshleibhe, 2010). La fibra de esas cabras se denominaba “Mukhayar”, palabra árabe que significa “tela de pelo brillante y lustroso de cabra” o fibra “elegida o preferida” y de la cual se derivó la palabra “mohair” (Hunter y Hunter, 2001).

En 1550 un holandés y luego el naturalista francés Pierre Belon (Hayes, 1868) descubren en la región de Angora cabras con *vellones excepcionales* y en 1554 una pareja de esas cabras fue llevada a Europa y presentada al rey Carlos v del Sacro Imperio Romano Germánico (Hunter y Hunter, 2001). Los productos confeccionados con mohair que fueron llegando a las cortes de Europa eran muy codiciados y pronto su demanda superó la oferta. El interés por criar cabras de Angora en Europa motivó hacia fines del siglo xvi varias introducciones, primero a España y Francia, que no fueron exitosas en iniciar la cría en esos países. En la antigua Ankara el mohair era hilado y procesado a nivel familiar, pero con el incremento de la demanda se desarrolló una industria que hizo florecer la ciudad (Faroqhi, 2009). Con la demanda de mohair sin procesar en alza por la creciente industria textil de las ciudades de Leiden (Holanda) y Amiens (Francia), el sultán Süleyman I, el Magnífico, del



Figura 1. Detalle del centro del panel de la “Paz” del Estandarte de Ur (Museo Británico, Londres) con animales domésticos que pueden interpretarse como caprinos con vellón tipo Angora.

Imperio otomano se vio obligado a prohibir las exportaciones de caprinos de Angora y mohair sin procesar para proteger el negocio y la infraestructura textil creada en Ankara. Solo prendas de mohair o mohair hilado podía ser ofrecido en los mercados extranjeros.

Relatos como los del botánico francés Joseph Pitton de Tournefort, describiendo la excepcionalidad del mohair de cabras (figura 2) que observó en su viaje por el Levante en 1700-1702 (Tournefort, 1717), incrementaron aún más la demanda de productos de mohair. A pesar de la prohibición, en 1765 el gobierno español logra importar cabras de Angora, lo mismo hace M. de La Tour d' Aigues quien las llevó a Francia en 1787 con pastores turcos y otros países europeos de la época como Suecia, Venecia (país independiente en ese entonces), Alemania e Inglaterra. Sin embargo todas esas importaciones no condujeron al establecimiento de la cría sostenida de la raza en Europa.



**Figura 2.** Cabra de Angora observada en Turquía en los años 1700-1702 (Fuente: Tournefort, 1718).

Por presión de la reina Victoria de Inglaterra la prohibición de exportación de caprinos de Angora cesó con la firma del Tratado Balta-Liman en 1838 (Hunter y Hunter, 2001) y en ese mismo año el coronel británico retirado John Henderson compra al sultán Mahmud II 12 machos y una hembra Angora para iniciar la cría en su campo de Sudáfrica. A la llegada de los animales a Port Elizabeth se descubre que los machos fueron esterilizados, pero por fortuna la hembra estaba preñada y parió un macho durante el largo viaje por barco, permitiendo comenzar una modesta reproducción de la raza en ese país. Aunque otras fuentes aseguran que la primera introducción a Sudáfrica fue en realidad en el año 1839 por parte del alemán Adolph Mosenthal con dos hembras (una resultó preñada dando origen a un macho) y un macho (esterilizado), lo cierto es que se sucedieron luego importaciones más cuantiosas en los años 1856 a 1868. Esas cabras de Angora se cruzaron con las razas rústicas locales y la cría de Angoras creció rápidamente tal que pronto Sudáfrica pasó a ser un suministrador importante de mohair de alta calidad. Al mismo tiempo, en Turquía, la gran demanda por mohair había promovido cruzamien-

tos con caprinos ordinarios que deterioraron la calidad del mohair de ese país.

En 1849 el estadounidense James Davis recibió 7 hembras y 2 machos de Angora como regalo del sultán Abdülmeçit I por sus servicios de consultor sobre la producción de algodón. Las cabras las llevó a su establecimiento en Texas y pronto las vendió al Coronel Richard Peters quien es acreditado como el verdadero difusor de caprinos de Angora en ese país (Bailey, 1905). Algo más tarde también llegan las primeras cabras de Angora a Nueva Zelanda y en 1856 a Australia.

### Las primeras cabras en Argentina

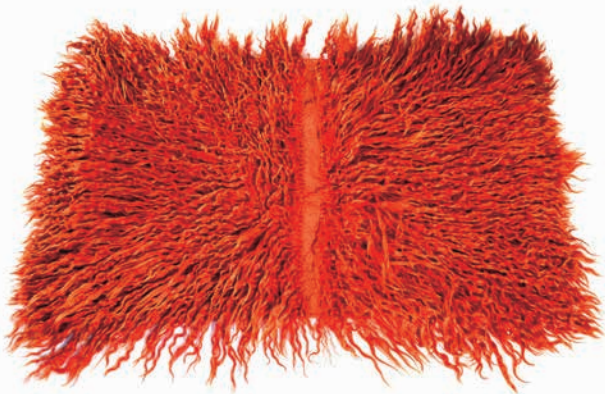
Desde el inicio de la colonización, españoles y portugueses trajeron sus animales domésticos en las expediciones a América. Aunque Pedro de Mendoza en su expedición al Río de la Plata de 1535 llevaba, entre otros animales domésticos, 20 cabras (según el "Archivo General de Indias" citado por Napp, 1876) la introducción efectiva de bovinos, ovinos y caprinos al territorio argentino fue primero desde el Perú. Es probable que el capitán Juan Núñez del Prado y Gerónimo Luis de Cabrera llevaron caprinos del Cuzco a Córdoba y a Tucumán en 1549 (Napp, 1876) y que el capitán Nuflo de Chávez, fundador de Santa Cruz de la Sierra (Bolivia), llevó poco después de 1554 cabras y ovejas desde Perú a Asunción, desde donde llegaron a su vez en 1556 a Santiago del Estero, la primera ciudad fundada en lo que es hoy el territorio argentino (Carrazzoni, 1996). Una expedición muy importante fue la que encabezó Felipe de Cáceres en 1569, que también integraba Juan de Garay, llevando equinos, vacunos, ovinos y caprinos desde Santa Cruz de la Sierra hasta Asunción (Carrazzoni, 1996). En 1587 el Adelantado Juan Torres de Vera y Aragón introduce de la provincia de Charcas (Virreinato de Perú) 4000 vacas, 4000 ovejas, 500 cabras y yeguarizos al Paraguay desde donde se diseminaron a Buenos Aires, Santa Fe y Corrientes (Díaz de Guzmán, 1612). Esos caprinos eran descendientes de poblaciones de Andalucía (actuales razas Blanca Celtibérica y Blanca Andaluza) y de Castilla, Cádiz, León y Extremadura (actuales razas Castellana de Extremadura y Verata). Eventualmente esos primeros caprinos también tenían origen en poblaciones de las Islas Canarias, islas que eran un puesto de abastecimiento regular de las expediciones a América. Las sucesivas introducciones, cruzamientos y selección natural, dieron origen a un "mosaico genético" que después de trescientos años de adaptación a los diferentes ambientes y sistemas de producción formaron el caprino genéricamente denominado "criollo" y que es la base de la ganadería caprina Argentina.

### El poblamiento con caprinos de Angora

Con el tiempo la ganadería caprina argentina fue requiriendo ciertas especializaciones productivas, es decir, animales con un perfil productivo más definido. El antecedente más significativo en ese sentido se remonta al año 1826,



cuando por gestiones del entonces presidente argentino Bernardino Rivadavia, llegan 30 cabras de Angora, productoras de mohair, y 6 cabras de "Thibet" al país. Las cabras procedían supuestamente del Imperio otomano, lo cual se presta a dudas porque en esa época seguía vigente la prohibición de exportar caprinos de Angora desde ese Imperio. El erudito estanciero uruguayo de origen español Domingo Ordoñana manifiesta haber leído una carta de Rivadavia al corresponsal de la exportación en Europa agradeciendo el envío de los animales (Ordoñana, 1868). Otros documentos del Ministerio de Agricultura argentino mencionan que las cabras llegaron "vía Jardín de Aclimatación de París" (Nogués 2017, comunicación personal), por lo que es muy probable que esas primeras cabras de Angora tenían su origen en Francia y eran descendientes de cabras de Angora de Anatolia. Se sabe que los animales importados fueron llevados a los campos "de los Padres" (con referencia a los padres jesuitas) de la Chacarita y que luego pasaron al establecimiento "Rincón de San Ginés" en Mercedes, provincia de Buenos Aires. Desafortunadamente parte de las cabras, que habían prosperado en la zona, fueron faenadas por la tropa de uno de los caudillos que saqueaban la zona. En 1836 las restantes cabras fueron al campo de Don Manuel Chopitea en Vera donde otro caudillo diezmó el hato para usar los cueros como pellones ("cojinillos") en recados (figura 3).



**Figura 3.** Cojinillo Federal de cabra de Angora, datado para el último cuarto del siglo XIX (Fuente: Colección Hilario, 2016).

Según Ordoñana (1868) hubo pequeñas introducciones de Angora por don Gregorio Lezama y el Sr. Lecoq de Buenos Aires. Los hermanos Ledesma establecen un hato diseminador de caprinos de Angora en Córdoba en 1865 y luego el Sr. Carlos Barker trae más Angoras del Cabo de la Buena Esperanza (Sudáfrica) a su campo "Las Peñas" de Córdoba. En la exposición ganadera nacional en esa provincia se exponen vellones, pellones y animales Angora de gran calidad (Napp, 1876). A principios de 1868, en la prensa montevidéana, Juan Bautista Perfecto Giot publica un aviso de venta de caprinos de Angora que "se esquilan como las ovejas". Ordoñana (1868) también describe maravillas del mohair y de las cabras de Angora en Tucumán que "se pueden esquilan dos veces al año".

Poca información se encontró sobre los caprinos de "pelo" en la primera mitad del siglo xx. Comentarios sobre la supuesta llegada de caprinos de Angora con los colonos sudafricanos que se establecieron en la Colonia Escalante de Chubut entre 1902 y 1907, no pudieron ser corroborados. Nuevo Freire (2015) rescata un documento sobre el Sr. Selwym Sugden quien criaba caprinos de Angora en su cabaña "La Angora" y presentó animales de pedigrí en la Exposición Ganadera de Bahía Blanca del año 1926. En el catálogo de la exposición del año 1928 Sugden ofrecía en venta sus cabras de pedigrí con "pelo de 45 cm de largo, cotizando este pelo a 8 dólares la libra" (Pérez Uriarte, 1994).

Según Morris y Arrigo (1998) en la década de 1920 llegaron caprinos de Angora a Zapala (Neuquén) y según el Sr. Nazario Chameli, su padre, Nazrala Chameli, compró tierras en El Moligüe (Río Negro) y comenzó la cría de cabras de Angora en 1932. Da Ponte (1983) menciona planteles Angora puros importantes en la década de 1930 y Scaraffía (1994) escribe que don Moisés Buzader llevó Angoras de Buenos Aires en tren a Zapala y luego por arreo a la Estancia Llamuco (Neuquén) para establecer un hato que llegó a unos 5000 caprinos de Angora y cruzas y que fue el principal distribuidor de Angora en esa provincia (Scaraffía, 1994). En la década de 1940 los Angora de Neuquén fueron cruzados con caprinos criollos perdiéndose calidad en el mohair producido, en particular en la zona norte de la provincia en la cual la trashumancia es habitual. En la misma época en Sudáfrica hubo un gran avance en la promoción de la raza y en la mejora de la calidad del mohair que llevó a ese país a ser el mayor productor mundial hasta el presente.

A inicios de la década de 1960, el Sr. Urbano Vergés importó cabras de Angora de la meseta Edwards cerca de San Angelo, Texas (EE. UU.) y las llevó a su campo en Tala Pozo, Río Hondo, Santiago del Estero, donde tuvo dificultades para su cría y decidió donarlas al INTA Catamarca en 1963 (Enrique Nogués, 2017, comunicación personal). Se trataba de 21 hembras y 3 machos que fueron la base de un pequeño hato, ubicado en el Campo Anexo Santa Cruz del INTA, cuyos machos eran distribuidos en diferentes parajes de las provincias de Catamarca, La Rioja y Santiago del Estero (Nogués, 1983). Según el Med. Vet. Enrique Nogués y el Ing. Carlos Nuevo Freire (Nogués, 2015b) la cría de cabras de Angora era efectiva en zonas altas de Jagüé (La Rioja), Tinogasta (Catamarca), Tafí del Valle (Tucumán), Quebrada del Toro (Salta) y Abra Pampa (Jujuy). También el Campo Experimental de INTA en Hornillos (Jujuy), por interés de Eduardo Castellanos, tuvo ejemplares de esta raza, que más adelante fueron transferidos al INTA Abra Pampa en la puna jujeña por su mejor adaptación y dado el estímulo que quiso darle a la actividad Don Víctor Cabezas, director de esa unidad. Cabe señalar que muchos años más tarde, en 1993, el Dr. Gustavo Rebuffi volvió a incorporar Angoras al INTA Abra Pampa, en este caso procedentes de Río Negro.

En todo caso, y al igual que en otros países productores, las cabras locales preexistentes han sido la base genética sobre las cuales se practicaron los cruzamientos absorben-

tes con las introducciones dando origen a las variedades Angora en cada lugar. Un estudio reciente muestra que a nivel molecular las poblaciones de caprinos de Angora de Francia, Argentina y Sudáfrica son diferentes y que las poblaciones de Francia y Argentina parecieran tener ancestros comunes en caprinos de Angora de Sudáfrica (Visser *et al.*, 2016).

### El INTA Bariloche y el caprino de Angora

En las décadas de 1950 y 1960 la cría de caprinos de Angora se había expandido notablemente en el NO de la Patagonia, alcanzando a 1,38 millones de cabezas en 1960 (Méndez Casariego, 1986) y exportándose 1,6 millones de kg de mohair en 1962 (Leers, 1983). En 1956 se crea el INTA y en 1965 se crea la Estación Experimental Regional del INTA en Bariloche. Los técnicos de esa unidad disponían de muy poca información sobre los sistemas de producción de la región y más bien se concentraron en la producción ovina. Los caprinos eran descriptos como “criollos” o “de pelo” que producían “pelo” (Leers, 1983) hasta que el Ing. Qco. Leonardo Duga, entonces jefe del laboratorio de lanas del INTA Bariloche, en su viaje de estudios a Australia y EE. UU. en el año 1973 reconoce a esos caprinos como de “Angora” y productores de “mohair” (Leonardo Duga, 2017, comunicación personal).

Poco después Campbell (1975) y Campbell y Álvarez Costa (1978) estudiaron a estos caprinos con relevamientos identificando una gran cantidad de productores e instando al abordaje sistemático de su problemática. En esos años también se establece un núcleo de caprinos de Angora en el Campo Experimental que el INTA Bariloche tiene en Pilcaniyeu, Río Negro. El proceso de poblamiento del campo fue liderado inicialmente por el Ing. Guillermo Campbell y se basaba en el intercambio de ovinos por cabras de Angora seleccionadas en hatos de criadores de la zona de Laguna Blanca, cerca de Zapala (Neuquén), Laguna Carrilafquen cerca de Ing. Jacobacci (Río Negro) y El Esorial cerca de Gastre (Chubut). En esos años los caprinos de Angora visualmente mejores se detectaron en esta última localidad.

En la Primera Reunión Nacional de Caprinos celebrada en Bariloche en 1977, Nogués (1983) explicó que la absorción de hatos criollos con los caprinos de Angora de origen estadounidense donados al INTA Catamarca solo alcanzó cierto éxito en las áreas serranas de Ambato y El Alto (1200 a 1800 m s. n. m.), donde el clima más temperado y la ausencia de arbustos posibilitaron un desempeño razonablemente exitoso. Basándose en esa experiencia y a los fines de un mejor aprovechamiento de estos animales el hato Angora de INTA Catamarca es derivado en parte a Pilcaniyeu en el año 1979 integrándose al núcleo allí en formación. Esos animales aportaron vellones más densos y más pesados aunque la fibra resultó más gruesa que la patagónica. También se observaba un tono más dorado de los vellones, color probablemente relacionado con una mayor producción de suint. Otra parte del hato de Catamarca es derivada a Trelew (Chubut) donde el Dr. Osvaldo Laporte formó un pequeño

hato distribuyendo machos a pequeños productores de la zona. El hato fue trasladado en 1980 a la meseta chubutense y el programa de mejora fue conducido por la dirección de ganadería provincial (Med. Vet. Andrés La Torraca y el Med. Vet. Alberto Defosse, 2017 comunicación personal). Más recientemente el mejoramiento genético en esa provincia estuvo conducido por el Med. Vet. Vernon Hughes con un hato cooperativo en la zona de Cushamen.

A la reunión de caprinos de 1977 también asistió el Ing. Norberto da Ponte, de la firma textil Wells Argentina S.A. de Buenos Aires, quien alentó a la producción de cabras de Angora (Da Ponte, 1983) y ofreció la compra de mohair de calidad para su industria. Es así que en ese mismo año el Dr. Grenville Morris (figura 4) inicia un trabajo de extensión con los productores de caprinos de Angora a partir de la Agencia de Extensión Rural Bariloche del INTA, que se mantendría por muchos años y que fuera fundamental para el desarrollo de la actividad en la provincia de Río Negro. En ese mismo año Morris (1983) comprometió a 15 productores a clasificar y vender su mohair en forma conjunta. En esa primera venta conjunta se logró un muy buen precio para el total de 150 kg de mohair ofrecido. A partir de esa experiencia Morris, y luego sus sucesores, continuaron con el trabajo de apoyo y organización de los productores de caprinos de Angora hasta el presente.



**Figura 4.** El Dr. Grenville Morris, reconocido especialista y promotor de la producción de caprinos de Angora del INTA Bariloche (foto año 2002).

Se sucedieron en 1978 y 1981 otras dos reuniones nacionales de producción caprina en Bariloche en las que la temática del mohair era de gran interés por los buenos precios y alta demanda con destino a la exportación que había (Leers, 1983). El núcleo Angora de Pilcaniyeu fue creciendo y fue sujeto a estudios básicos sobre hábitos dietarios (Somlo *et al.*, 1983), sistemas de manejo (Campbell *et al.*, 1983c; Campbell, 1983) y calidad de mohair (Campbell *et al.*, 1983b;

Méndez Casariego *et al.*, 1983). En la época los animales se esquilaban una vez al año, en primavera, pero los ensayos demostraron la conveniencia de esquila a los animales adultos también en otoño. Si el manejo invernal era a campo, se sugería esquila en otoño solamente la barriga de las cabras dejando un "poncho" de protección al frío y evitando que queden pegadas a la nieve en inviernos muy fríos.

En esa época también se realizaron los primeros trabajos de investigación sobre parámetros genéticos y fenotípicos de estos caprinos (Campbell *et al.*, 1983a; Somlo *et al.*, 1991) que a su vez dieron fundamentos a planes de mejora genética por selección tanto en el núcleo de Pilcaniyeu como en hatos de productores (Campbell *et al.*, 1983d; Mueller, 1983, 1989). Una de las dificultades observadas en el uso de información objetiva de finura y medulación del mohair era la falta de correlación entre mediciones tomadas en muestras de la zona del lomo y la zona del costillar del vellón (Mueller, 1989). Años más tarde el tema fue estudiado en mayor profundidad por Taddeo *et al.* (2000). El interés por reducir el porcentaje de fibras meduladas y aumentar el peso de vellón motivó un primer intento de importación de Angoras de Texas en 1987/8 que finalmente no se concretó por no cumplir los animales con los protocolos sanitarios exigidos por nuestro país (Méndez Casariego, 1986).

Sobre el núcleo Angora establecido en Pilcaniyeu y el interés de los productores por reproductores nacidos en ese núcleo, el INTA planteó el proyecto Organización de un sistema de provisión de reproductores de caprinos de Angora para pequeños productores o Proyecto Caprino, por el cual, sucintamente, productores multiplicadores recibían machos del núcleo y vendían los hijos como padres para otros hatos (Mueller, 1987). El proyecto se ejecutó entre los años 1989 y 1992, pero siguió operando otros 4 años con la misma metodología. El Proyecto Caprino comenzó con 21 multiplicadores y finalizó con 54 por lo que su impacto fue enorme (Mueller, 1995). Cabe señalar que este fue el primer proyecto del INTA Bariloche. Anteriormente las actividades del instituto estaban organizadas en planes de investigación. El trabajo sobre proyectos implicaba comenzar con un diagnóstico participativo y la elaboración en conjunto con los destinatarios del proyecto la estrategia de intervención y la planificación de las actividades (Manazza, 1994). En los talleres realizados se determinó, por ejemplo, la conveniencia de que sean los propios miembros de las comunidades que elijan a su multiplicador, decisión que favoreció el compromiso de disseminación del mejoramiento genético.

A los fines de acelerar la mejora en pureza del mohair (reducción de fibras meduladas) y aumentar los pesos de vellón la firma Pelama Chubut S.A., principal comprador de mohair del país, importó en 1995 semen y reproductores Angora de la cabaña Texzimba de Allan Douglas ubicada en la Isla Norte de Nueva Zelanda. Se trataba de 5 machos de origen Texas y 3 machos de origen sudafricano (importados a su vez vía Zimbabue) que fueron donados al INTA y a la Asociación Argentina Criadores de Caprinos de Angora (ASARCAN, fundada en 1992). Los 8 machos fueron usados en el servicio de 1996 en el núcleo de Pilcaniyeu y

evaluados por prueba de progenie. La progenie de padres extranjeros resultó tener mayores pesos de vellón que la progenie de padres del núcleo. La progenie Texana se destacó por la finura y la sudafricana por el brillo, suavidad y carácter, pero las diferencias en medulación no resultaron significativas (Lanari *et al.*, 1998). Pruebas de este tipo se realizaron por primera vez en el país el año anterior con 6 machos nacidos en el propio núcleo.

En marzo de 1998 se importan otros 3 reproductores Angora de Nueva Zelanda con apoyo del Ente de Desarrollo de la Línea Sur de Río Negro (EDRS). Morris y Arrigo (1998) resaltan el trabajo de mejora en los hatos multiplicadores de María Álvarez, Pascual y Alejo Sepúlveda, Amílcar Marín, Anacleto Huentelaf y Juan Sapag. Por ejemplo Sapag y Scaraffía (1994) describen que en Espinazo del Zorro (Neuquén) lograron incrementar el peso de vellón del hato general de 1,3 kg a 1,8 kg usando machos del núcleo de Pilcaniyeu. Basándose en estudios sobre criterios y sistemas de apareamiento (Mueller y Taddeo, 1993) y parámetros genéticos actualizados (Taddeo *et al.*, 1998a, b), el Dr. Héctor Taddeo coordinó la implementación de un programa de mejora basado en un núcleo disperso con 9 hatos multiplicadores ubicados en Río Negro en el año 1998 (Abad *et al.*, 2002).

### El "Programa Mohair" y la "Ley Caprina"

En 1995, el Dr. Greenville Morris y el Med. Vet. Jorge Arrigo idean un proyecto para dar continuidad al Proyecto Caprino, y no perder el acercamiento que se había logrado con los pequeños productores de Angora de Río Negro y Neuquén. El nuevo proyecto, Proyecto de capacitación para el sector de pequeños productores caprinos, incluía aspectos adicionales a los estrictamente genéticos, tales como los sanitarios y de manejo del hato en general, siempre apuntando a mejoras en la producción. Una serie de reuniones y talleres de diagnóstico de la situación productiva, comercial y socio-organizativa con las organizaciones de pequeños productores de Neuquén y Río Negro condujeron a la presentación en el año 1998 a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación (SAGPyA) un Programa para el mejoramiento de la producción y calidad del mohair (SAGPyA, 2000) o Programa Mohair. En 1999 se implementa el programa con un abordaje integral a la producción de caprinos de Angora, incluyendo la comercialización del mohair en las provincias de Neuquén y Río Negro a las que luego se sumó Chubut. El programa fue liderado por el Med. Vet. Jorge Arrigo con comités de gestión provinciales integrados en Río Negro por la Asociación Rionegrina de Caprinocultores de Angora (ARCAN, previamente denominada ASARCAN), la Federación de Cooperativas de la Región Sur, Cooperativa Peumayen de Pichi Leufu, Cooperativa Pichi Cullín de Corralito, Cooperativa Peñi Mapu de Ñorquinco, Comunidad Mariano Solo de Colan Conhue, Cooperativa Maquincho, Cooperativa La Amistad de Valcheta; en Neuquén por la Asociación Criadores de Caprinos de Angora de Neuquén (ACCAN), Quiñe Raqui Zuan, Crianceros Unidos, Macho



Negro, Comunidad Gelay Co y en Chubut por la Cooperativa de Productores Cordilleranos del Río Chubut.

A partir de la demanda de las organizaciones de productores participantes del Programa Mohair se gestionaron recursos para la construcción de cobertizos de parición, aguadas, galpones, alambrados, galpones de acopio, mesas de clasificación, prensas hidráulicas, silos y carros para el acopio y distribución de forraje. También se les dio un fuerte impulso a las actividades de mejoramiento genético. Así en el año 1999 comienza la ejecución del Programa de mejoramiento genético de las cabras de Angora del Norte de la Patagonia coordinado por el Dr. Alejandro Gibbons y financiado por el FONCyT (PID Nro. 003/98) el cual se articula en el Proyecto regional de capacitación en mejoramiento genético de ovinos y caprinos Angora en el norte de la Patagonia ejecutado por el INTA a partir del año 2003 y coordinado por el Dr. Héctor Taddeo. Mediante estos instrumentos se financió el funcionamiento de un núcleo disperso, con cabañas vinculadas y multiplicadores por parajes en las 3 provincias. Se usaron técnicas de inseminación artificial con semen congelado, inseminación artificial con semen fresco y servicios a corral para las cuales se aprovecharon las instalaciones del Centro de Inseminación Artificial de Ing. Jacobacci (CIAIJ), en ese entonces a cargo del Med. Vet. Martín Abad, y que había sido construido en el predio de la Sociedad Rural local con aportes de la SAGPyA a través del EDRS. También se utilizaron salas de inseminación portátil, diseñadas para cumplir su función en el ambiente patagónico. Las cabras para inseminar eran previamente seleccionadas en las cabañas del programa. Gibbons *et al.* (2013) describen las tecnologías reproductivas utilizadas y las lecciones aprendidas en el proyecto.

En un nuevo intento por acelerar el mejoramiento genético se logra la importación de otros 13 reproductores desde Australia en 2001 con recursos del Gobierno de Neuquén y el EDRS. En el año 2006 la Corporación de Fomento de Chubut (CORFO) junto con el Gobierno de Neuquén importa 8 machos y 9 hembras de Australia, además de 500 dosis de semen. A partir del año 2008 se ejecutó el proyecto Fortalecimiento de la producción de lana y mohair de la región norte

de la Patagonia, financiado por la SAGPyA y cofinanciado por la ONG italiana Coordinamento di Iniziative Popolari di Solidarieta Internazionale (CIPSI) en apoyo al Programa Mohair, con financiamiento de personal, eventos de capacitación, vehículos y adquisición de reproductores entre otros bienes (Debenedetti *et al.*, 2010). Por ejemplo con financiamiento del CIPSI se importaron otros 18 machos de Australia en el año 2010 para el uso compartido por organizaciones de productores. Al mismo tiempo con aportes del Ministerio de Trabajo de la Nación, se importaron 10 hembras y 12 machos, incorporando variabilidad genética a la cabaña Provincial de Caprinos Angora de Campana Mahuida en Loncopué, Neuquén. La vinculación genética entre cabañas, lograda con todas estas importaciones, exigió ajustar la metodología de evaluación genética de la población registrada de caprinos de Angora (Giovannini *et al.*, 2010). Además esa población registrada permitió estudiar asociaciones de regiones cromosómicas con caracteres de interés de mejora genética (Cano *et al.*, 2009).

Importante fue la adopción de un sistema de clasificación de mohair. Muchos años atrás la SAGPyA había aprobado normas referidas al acondicionamiento y clasificación del mohair en origen con un régimen de clasificación y tipificación de mohair (Resolución SAGPyA Nro. 287 de 1985) propuesto por Duga (1985) pero que no fue aplicado. En 1999 se había acordado, con la principal empresa exportadora de mohair, Pelama Chubut S. A., un sistema de clasificación de mohair en 6 categorías. Luego, en el año 2002, y a sugerencia del especialista australiano Douglas Stapleton, se promovió un sistema de clasificación del mohair en 11 categorías considerando finura, largo de mecha y el contenido de kemp. En ocasión de las Jornadas de Comercio Exterior en el Mercado de Lanasy Fibras Naturales de la Patagonia, realizadas en Trelew en el año 2007, representantes de la organización Mohair South Africa, recomendaron aplicar el sistema sudafricano de clasificación, que rige actualmente, y que facilitó la exportación de mohair a ese país. De acuerdo a este sistema, el mohair se describe con tres letras según largo de mecha, características adicionales y finura, respectivamente. Según largo de mecha el mohair puede ser: A (>15 cm, animales de

Provincia	Zona	Peso de vellón (kg)	Rinde al lavado (%)	Largo de mecha (cm)	Diámetro medio (mic)	CV (%)	Fibras meduladas (%)
Neuquén	Norte	1,2	85	24	26,6	33	10,8
Neuquén	Centro	1,3	87	22	25,1	27	7,3
Neuquén	Sur	1,3	85	22	26,2	27	7,0
Río Negro	Norte	1,6	85	24	23,4	25	7,4
Río Negro	Centro	1,4	85	20	27,4	26	6,2
Chubut	Norte	1,7	90	18	31,5	24	5,7

**Tabla 1.** Características del mohair argentino a principios de los años 1980.

Nota: Los análisis de Neuquén y Río Negro se refieren a la categoría "kid" y el análisis de Chubut se refiere a la categoría "adulto". Fuente: Duga y Somlo (1985) y Leonardo Duga (2017, comunicación personal).

Categoría de mohair	Porcentaje de la oferta	Diámetro medio (mic)	Rinde al peine (%)	Rinde al lavado (%)	Materia vegetal (%)	Kemp (%)	Valor (USD/kg)
Adulto	66%	28,4	84,8	88,3	1,1	0,7	8,6
Jóven	16%	26,2	80,7	83,9	1,0	0,2	9,9
Kid	8%	23,7	79,3	70,9	1,0	0,1	11,3
Macho	1%	33,6	87,7	91,4	1,2	0,2	7,0
Pintado	9%						4,8
<b>Total</b>	100%	27,6	83,6	86,0	1,1	0,6	8,6

**Tabla 2.** Características del mohair argentino en el año 2015.

Fuente: Elaborado a partir de los resultados del análisis de laboratorio y de los resultados de ventas de un total de 32.000 kg de mohair provenientes de 5 organizaciones de productores ubicados en Neuquén, Río Negro y Chubut (Abad, 2015, informe no publicado).

esquila anual), B (15-12,5 cm), C (12,5-10 cm), D (10-7,5 cm), E (7,5-5 cm) o L (mechas muy cortas, garras o dobles cortes, fibras que caen bajo la mesa de clasificación). Según características adicionales puede ser: F (vellón destaca por su finura), S (vellón destaca por su estilo y carácter), SDY (contenido de vegetales <3%), SRB (contenido de vegetales >3%), STN (fibras con puntas amarillas), X (alto contenido de kemp) y N (mechas del cuello). Según edad y finura puede ser: K (kid, 22-30  $\mu\text{m}$ ), YG (joven, 30-32  $\mu\text{m}$ ) o H (adulto, >32  $\mu\text{m}$ ). Otras categorías que se incluyen en solitario, sin incluir a las anteriores son: MAT (mechas de la zona del cuarto aplastadas), RAM (mohair con olor proveniente de castrones), PAINT (fibra con pintura) y GREY (fibras con pigmentación natural).

El Programa Mohair fue exitoso en la implementación de acciones de intervención con pequeños productores en las tres provincias. Se implementaron programas de vivienda rural, electrificación, bancos rotatorios de alimentos, mejoras de las logísticas con la compra de camiones, acoplados, carros, fortalecimiento de las organizaciones, comercialización, entre otras acciones. En Neuquén en particular se lograron mejoras notables en la producción y en los precios de mohair (Lanari *et al.*, 2009; Sapag y Arrigo, 2010). Una consecuencia social importante del trabajo conjunto fue el empoderamiento de los productores a través de sus organizaciones el cual condujo a una mayor capacidad de negociación y mejor articulación con organismos públicos que a su vez contribuyó para que en el año 2006 se sancionara la Ley Nacional Nro. 26.141 titulada Régimen para la recuperación, fomento y desarrollo de la actividad caprina o Ley Caprina, cuyo objetivo fue: lograr la adecuación y modernización de los sistemas productivos basados en el aprovechamiento del ganado caprino, en un marco sostenible en el tiempo y que permita mantener, desarrollar e incrementar las fuentes de trabajo y la radicación de la población rural tendiendo a una mejor calidad de vida. Mediante esta ley se financiaron la mayoría de los proyectos de desarrollo que incluyeron la inversión en cobertizos, alambrados, captación de agua, inversiones comunitarias (galpones, prensas, balanzas, caladores, silos para acopio de granos), fondos de prefinanciamiento de zafra, ferias, exposiciones, desarrollos

comerciales y la importación, en el año 2016, de 434 embriones Angora de Sudáfrica (Abad, 2016).

### Calidad de mohair y agregado de valor

Con la adopción de los programas de mejora genética también se incrementaron los resultados del análisis de muestras de mohair que, a su vez, permitieron describir objetivamente la calidad del mohair argentino. Desde los parámetros reportados por Campbell *et al.* (1983b) y Duga y Somlo (1985) (tabla 1) la calidad del mohair argentino mejoró sensiblemente a través de los años.

Así, en el mohair de varias organizaciones ofrecido recientemente para venta se observaron muy buenas finuras y bajos niveles de kemp en las diferentes categorías (tabla 2). El valor de venta promedio de ese mohair resultó 8,6 USD/kg cuando en la misma fecha las barracas ofrecían en promedio 4,7 USD/kg (Abad, 2015, informe no publicado). En esa fecha el indicador de precios al productor en Sudáfrica estaba en unos 14 USD/kg. Aunque en estos años solo el 10-15% del total de mohair comercializado se vendió bajo normas del Programa Mohair, se supone que los precios logrados en los remates arrastraron los precios pagados a vendedores individuales.

Los resultados de la calidad de mohair de las tablas 1 y 2 no son estrictamente comparables ni son una muestra fiel de todo el mohair producido. En función de las sugerencias del especialista australiano Douglas Stapleton se ha dejado de medir el porcentaje de fibras meduladas cuando se observa en fibras finas y solo se mide en aquellas fibras gruesas o kemp (Arrigo, 2005). Cambios favorables en la calidad del mohair a través del tiempo se observaron en las proporciones de mohair fino y grueso ofrecidas a venta por participantes del Programa Mohair. La proporción de categorías de mohair de menos de 30  $\mu\text{m}$  aumentó del 25 al 80% entre los años 2000 y 2009 y la proporción de categorías de mohair con más de 30  $\mu\text{m}$  disminuyó recíprocamente (Sapag y Arrigo, 2010). Además los participantes del programa lograron precios de venta 40% mayores a los valores obtenidos por mohair vendido en forma individual

fuera del programa. Las diferencias se deben a varios factores incluyendo diferencias en la calidad del mohair que típicamente se comercializan en esos mercados. En todo caso, las diferencias de precio también sugieren caminos por recorrer para el productor individual. Estos caminos comienzan en el recurso genético y su mejoramiento, el manejo nutricional, reproductivo y sanitario para seguir en la esquila prolija, clasificación, descripción y oferta conjunta.

El agregado de valor al mohair es otra opción a nivel del productor, nivel local o nacional. A nivel de productor individual existe un pequeño mercado para hilados manuales y artesanías. A nivel de productores agrupados se destaca la experiencia realizada en 1997 por un grupo de 14 productores miembros de ASARCAN con la producción del llamado Top Mohair. Contando con el financiamiento del Programa Social Agropecuario (PSA) y el asesoramiento del INTA se acopió un lote de 2834 kg de mohair, al que se le sumaron

391 kg de mohair más 983 kg de lana Corriedale, que aportó la barraca San Marco de Ing. Jacobacci, los que totalizaron 4208 kg. A los productores participantes el PSA les otorgó un prefinanciamiento de \$ 2/kg. Luego del proceso, quedaron disponibles para la venta 2607 kg de tops que se vendieron en promedio a \$ 6,30/kg. Durante ese año se vendía en el mercado local el mohair sucio entre \$ 1 y \$ 1,5/kg.

Recientemente INTA Bariloche incursionó en el lavado, peinado e hilado de mohair en forma pura (figura 5) o en mezclas con otras fibras utilizando equipamiento industrial de pequeña escala (Maurino y Sacchero, 2014, 2015).

### La producción mundial de mohair y su comercio

En las últimas 4 décadas la producción mundial de mohair tuvo un pico de 25 millones de kg a fines de los años 1980 bajando a algo menos de 5 millones en los últimos años (figura 6). La reducción ocurrió principalmente en los tres países productores tradicionales: Sudáfrica, Turquía y EE. UU.

En Sudáfrica la reducción del stock de caprinos de Angora y producción de mohair coincide con la abolición del *apartheid* en 1991, que provocó cambios de orientación productiva en los establecimientos con Angora. Luego, en los años 2000 los precios de mohair fueron poco atractivos a lo que se sumó una sequía prolongada (2004 a 2009) que afectó al stock y los pesos de vellón en ese país. Turquía, que en los años 1960 contaba con más de 5 millones de cabezas, bajó su población Angora a menos de 160.000 y bajó su producción de mohair a unas 200 toneladas en el año 2012, la reducción en ese país se adjudicó a los bajos precios y una serie de factores internos (Kanturk Yigit, 2011; Dellal *et al.*, 2014). En los EE. UU. el máximo stock de caprinos de Angora se registró en 1965 con 4,6 millones de cabezas y una producción de 14.300 toneladas de mohair. Hacia 1994 el stock bajó a 1,7 millones de cabezas, una reducción adjudicada fundamentalmente a la depredación (Scrivner, 1985). En 1995 se eliminaron los subsidios al productor de ovinos y caprinos en ese país y el proceso de reducción de stock se acentuó estabilizándose en 150.000 cabezas de esquila en los últimos años.

Las cifras de stock de caprinos de Angora para Argentina en la figura 8 se basan en estimaciones de referentes porque el país no dispone de censos de caprinos por raza. Una estimación de la población de caprinos de Angora del país se logró utilizando las estadísticas anuales del stock caprino provincial publicadas por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Para el año 2015 la información de SENASA se presentó desglosada por provincia, departamento y categoría de animal e indicó que los departamentos del sur del Neuquén, zona en la que se concentra la raza Angora, comprenden el 21% del total de los caprinos provinciales, de los cuales el 95% son animales de esquila, el resto son cabritos. Las proporciones de caprinos de esquila de Río Negro y de Chubut resultaron ser el 93 y 95% del total, respectivamente. Suponiendo que el 95% de los caprinos de esas dos provincias son de raza Angora, se puede estimar en 417.000 el total de caprinos de Angora esquilados en el país.



**Figura 5.** Hilado 100% mohair, elaborado en la Hilandería Mini-mills de Zapala (Gentileza Ing. Sacchero, 2017).



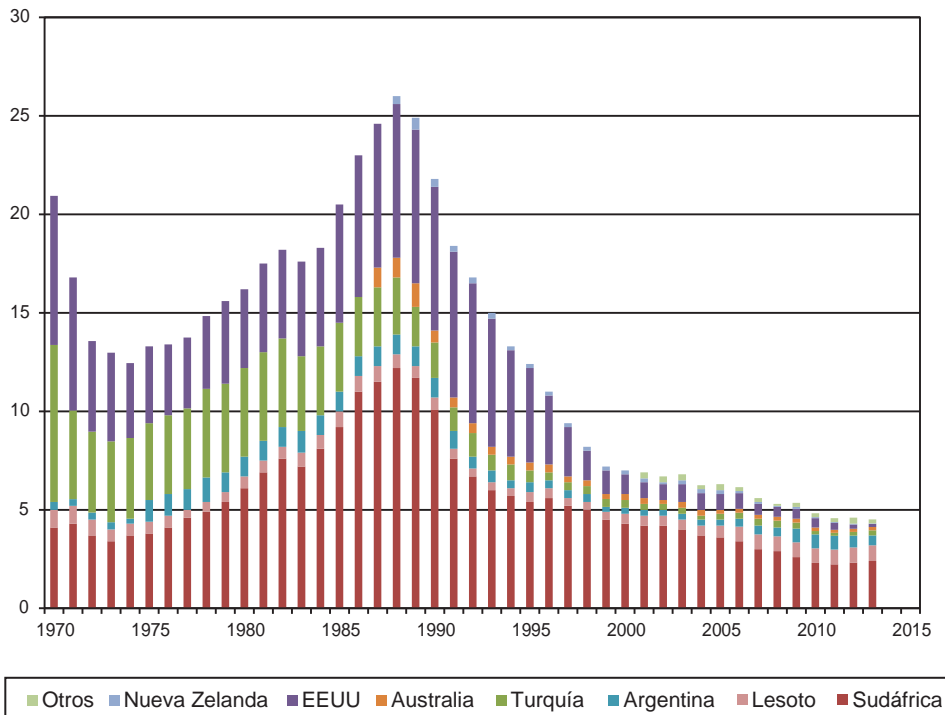


Figura 6. Producción mundial de mohair por países en millones de kg (Mohair, 2013).

Tampoco se dispone de estadísticas de producción de mohair aunque el SENASA registra estadísticas de la cantidad de kg de mohair exportado que fue fiscalizado por la Dirección de Tráfico Internacional y la Dirección Nacional de Protección Vegetal. Según SENASA (2017) en 2016 se exportaron 138.000 kg, sin embargo es posible que esa cifra no incluya el equivalente exportado en forma de bobinas de mohair lavado y peinado. Se estimó que el 75% de la producción de mohair es transformado en esas bobinas (Muller, 2011), en particular en la planta industrial de la empresa Pelama Chubut S. A. (figura 7). A su vez se estima que el

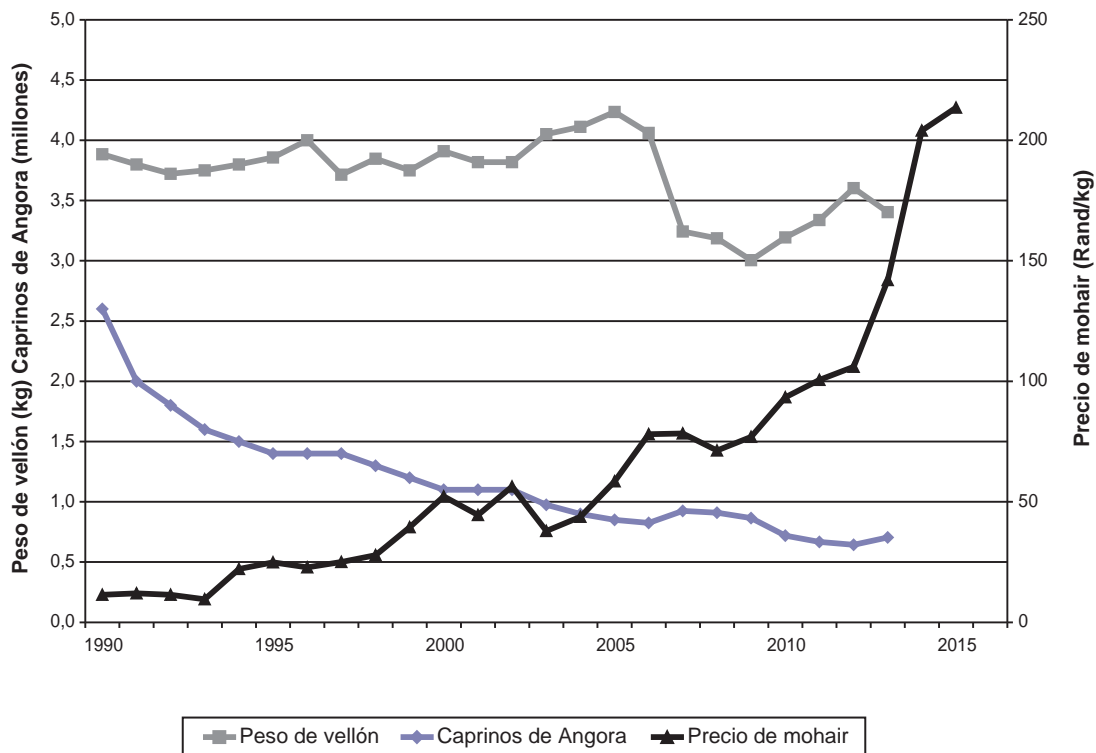
90% de la producción es exportada y que el 10% restante se comercializa en el país para su industrialización, autoconsumo y artesanía. Entonces, aceptando estos supuestos y los registros de exportación para el año 2016, se estimó la producción de mohair del país en algo más de 600.000 kg.

Con la reducción de la producción de mohair en Turquía, EE. UU. y Sudáfrica cobraron importancia relativa otros países productores. Argentina es ahora tercer productor mundial detrás de Sudáfrica y Lesoto cuya producción crece hace varios años. En Australasia y en algunos países del Asia Central la producción de mohair también tiene cierta importancia (Iñiguez *et al.*, 2014). Sudáfrica tiene una participación algo mayor al 50% del comercio mundial de mohair por lo que los precios que obtiene ese país para las diferentes calidades son referencia de mercado. Es de notar en ese sentido la tendencia positiva que tienen los precios pagados al productor desde hace más de una década en ese país (figura 8). En parte la debilidad de la moneda de ese país frente al dólar de EE. UU. y al euro contribuyó al alza de los precios locales, pero la reducción de la oferta mundial de mohair y factores vinculados a la demanda han aumentado también fuertemente los precios en esas otras monedas.

La reciente caída de imagen de la fibra del conejo de Angora también benefició la demanda de mohair. La cría de conejos de Angora en condiciones de bajo estándar de bienestar en China generó rechazo del comprador de artículos de lujo y provocó que marcas como Zara y GAP bloquearan a partir del 2013 la venta de productos con esa fibra y de esa manera potenciaron la demanda por mohair,



Figura 7. Bobinas de mohair lavado y peinado en la planta industrial de Pelama Chubut S.A. ubicada en Trelew, Chubut (foto año 2007).



**Figura 8.** Evolución del stock de caprinos de Angora, pesos de vellón y precio del mohair al productor en Sudáfrica (Mohair, 2013; DAFF, 2015).

que alcanzó precios máximos históricos en 2014. Por un lado, un análisis del mercado internacional de mohair reciente indica que los compradores tradicionales, Italia y Gran Bretaña, están reduciendo su participación en el mercado mientras que países como India, Japón y China la aumentan (DAFF, 2015). En 2015 las ventas de Sudáfrica a Gran Bretaña, Italia y Japón cayeron mientras que las ventas a China, Taiwán y Bulgaria aumentaron. Estos nuevos actores del mercado contribuyeron al alza en la demanda de mohair de animales adultos y a mejoras en los precios de esa categoría de mohair. Por otro lado se ha notado una baja en el precio de mohair fino (kid y joven), típicamente procesado en Italia para trajes. El escaso crecimiento económico de ese país puede haber contribuido a esa tendencia (Saayman, 2016).

En general, la diversificación de la demanda y la preferencia de nuevos consumidores por fibras naturales se reflejaron en la tendencia al alza de los precios. La industria de hilos para tejer contribuyó fuertemente al incremento de la demanda. La tendencia de la moda para el segmento de niños y para tejidos más pesados para el invierno, con una variedad de industrias tejedoras involucradas, ha sido muy positiva. Se observó también que empresas más pequeñas entraron al mercado del mohair desde países no tradicionales. En este caso con telas de invierno confeccionadas con hilados tipo Worsted (basado en fibras largas que no requieren cardado) ganando popularidad entre las grandes marcas de moda a nivel mundial (Saayman, 2015).

Hay también nuevos consumidores de mohair en tejedores particulares que valoran colores naturales. Los colores naturales del mohair no blanco son de escasa frecuencia, pero por ejemplo Tayikistán, que cuenta con 233.000 cabezas de Angora, tiene un 30% de animales con mohair no blanco (Kosimov *et al.*, 2013), producto que ese país ha logrado colocar en forma de hilados y prendas en mercados de tejedoras particulares (ICARDA, 2015).

Los buenos precios del mohair de los últimos años parecieran detener la reducción generalizada de las poblaciones de caprinos de Angora en el mundo con la particularidad de concentrarse la cría más bien en hatos familiares pequeños que en hatos comerciales grandes. Esta tendencia se observa en los EE. UU., Lesoto y otros países. Otra tendencia que pareciera ser irreversible es el aumento de los costos de producción en todos los países. En Sudáfrica la mano de obra para la esquila suele ser "golondrina" y provenir de Lesoto, pero políticas de empleo recientes promueven la mano de obra nacional con fuertes incrementos de costos para el productor.

De todos modos es necesario recordar que el mohair es un insumo de productos de lujo, sujetos a la moda, con posibles fluctuaciones bruscas en la demanda. El consumidor de artículos de vestimenta de lujo actual tiene múltiples opciones, desde los sintéticos que imitan las propiedades de las fibras naturales a la elección de otras fibras naturales especiales. A la cadena del mohair le corresponde concientizar

al consumidor de las propiedades del mohair y garantizarle que su producción se desarrolla en un medioambiente sostenible y respetando condiciones de bienestar animal.

### **El caprino de Angora en la actualidad argentina y sus perspectivas**

El productor de caprinos de Angora en la Argentina es típicamente un pequeño productor y como tal no escapa a la problemática general de los pequeños productores agropecuarios del país. En la zona productora núcleo de Río Negro el 87% de los productores no tiene la suficiente dotación de animales que le permita vivir exclusivamente de ellos y el 70% no tiene suficientes animales para cubrir las necesidades de consumo de carne (Muzi y Losardo, 2015). Este productor suele tener tenencia precaria de la tierra, escaso acceso al crédito y escasos recursos para enfrentar dificultades climáticas o económicas, entre otras limitaciones para su desarrollo. El resultado es que el productor de caprinos de Angora suele tener una fuerte dependencia de subsidios y otros aportes del estado a lo que se suma una tendencia a la emigración de sus hijos hacia zonas urbanas en busca de opciones de medios de vida.

El ambiente en el cual se desarrolla la producción de caprinos de Angora sufrió los efectos del sobrepastoreo y de sequías prolongadas a las que se les sumaron los efectos de las cenizas de la erupción del volcán Puyehue en el año 2011 con pérdidas del 60% de ovinos y caprinos en la zona núcleo de Río Negro (Muzi y Losardo, 2015). En Chubut y Neuquén sucedió algo similar aunque con menor intensidad. El caprino de Angora es conocido por su susceptibilidad a restricciones alimenticias y al frío y según la experiencia de algunos productores esas dificultades se acentúan con la cría de caprinos Angora mejorados con germoplasma importado. Para reducir el riesgo de pérdidas de animales sería necesario un manejo más intensivo utilizando cobertizos para la protección contra el frío y alimentación estratégica para afrontar restricciones de forraje, entre otras prácticas. De todos modos la escasa adaptación de estos genotipos puros a los sistemas de producción extensiva habituales en la Patagonia merece mayor atención de los investigadores. Ante el mismo problema en Sudáfrica se propuso generar genotipos con una proporción de genes de la raza Boer (Snyman, 2004) o seleccionar animales de mayor adaptación con asistencia de marcadores genéticos (Visser *et al.*, 2013).

Más globalmente y para la planificación de la actividad a nivel regional será necesario considerar los efectos del cambio climático esperado para la zona productora de caprinos de Angora. El principal efecto del cambio climático en Patagonia norte puede ser un aumento de la frecuencia de eventos climáticos extremos lo cual acentuaría las dificultades antes mencionadas. Sortear los efectos de cambios de temperatura en futuros escenarios de cambio climático parecieran ser también el principal desafío para la producción de caprinos de Angora en Sudáfrica (Hetem *et al.*, 2011).

El repoblamiento de la zona afectada por las cenizas y eventos climáticos adversos ocurre en parte con créditos para la compra de animales, en muchos casos de bovinos, ovinos o caprinos criollos. Estos últimos tienen mayor tasa reproductiva que los caprinos de Angora, proveyendo al productor con más carne para autoconsumo o venta y acelerando la recuperación del stock.

Muzi y Losardo (2015) proponen repensar la ganadería agroexportadora tradicional de la región, basada en ovinos y caprinos de lana y mohair, y dar lugar a una ganadería focalizada en el autoconsumo. La reorientación de la producción de caprinos de Angora a la producción de caprinos criollos es razonable en términos económicos. Se calculó que hatos criollos con 20 puntos más de tasa de destete superan en ingreso por venta de chivitos a los ingresos por venta de chivitos y mohair a hatos Angora con pesos de vellón de 1 kg, mucho más si ese productor vende su mohair en forma individual a la barraca local. Aunque también se calculó que hatos Angora con pesos de vellón de 2 kg requieren al menos 40 puntos más de destete en un hato caprino criollo para ser superados en ingresos (Mueller 2017, sin publicar). Aunque esa diferencia reproductiva es más difícil de lograr en forma sostenida pareciera que en la Argentina la cría de caprinos de Angora solo se sostendría con hatos de buena productividad.

Salvando las dificultades que enfrenta el productor de caprinos de Angora individual es importante reconocer que el volumen de producción de mohair del país activa una cadena de valor con el interés de varios actores, pero si ese volumen cae en forma considerable, la cadena se puede cortar, por ejemplo, con la desaparición de compradores de mohair a nivel local. Tiene que ser de interés público generar condiciones para que eso no suceda.

Al ser la Argentina un contribuyente protagónico de la producción mundial de mohair también cuenta con responsabilidades y oportunidades importantes. Las responsabilidades tienen que ver con el mantenimiento del prestigio de la fibra y su demanda sostenida. En ese sentido el camino trazado originalmente por el Proyecto Caprino en cuanto al mejoramiento genético y en especial el camino trazado más recientemente por el Programa Mohair en cuanto al manejo, sanidad, mejoramiento genético, clasificación, acondicionamiento y comercialización han sido positivos en el logro de mejoras en productividad de los animales y mejoras en el precio del mohair logrado. Sapag y Arrigo (2010) resaltan especialmente la importancia de la organización de los productores para recorrer esos caminos. Las oportunidades tienen que ver con las condiciones y capacidades de producción y las capacidades de procesamiento e industrialización ya instaladas en el país que permiten aprovechar contextos de mercado internacional favorable, como se observan actualmente.

De todos modos Sapag y Arrigo (2010) también alertaron sobre los elementos que obstaculizan el desarrollo del sector. En particular en cuanto a las dificultades que genera la dispersión geográfica y la diversidad de intereses de los



diferentes actores. Esas dificultades para generalizar, unificar y sostener los instrumentos de intervención que han sido exitosos en una época permiten pensar que acciones más puntuales con grupos de productores más acotados, quizá sean más efectivas y menos conflictivas.

Considerando que la producción caprina en general, y la de caprinos de Angora en particular, se desarrolla casi exclusivamente en sistemas de pequeños productores, el apoyo del estado con instrumentos financieros, servicios de extensión y tecnología apropiada es crítico. En ese sentido la Ley Caprina en cuanto al apoyo financiero y las acciones del INTA en cuanto al apoyo tecnológico resultan fundamentales.

## AGRADECIMIENTOS

A pioneros en la generación de tecnologías para la producción de caprinos de Angora y su extensión: Guillermo Campbell, Grenville Morris, Roberto Somlo, Hugo Méndez Casariego, Jorge Manazza, Esteban Ezcurdia, Jorge Arrigo, Amalia Sapag, Gabriel Scodelari, Marcelo Acebal, Carlos Irasola, María Rosa Lanari, Alejandro Gibbons y Diego Sacchero entre muchos otros. El reconocimiento a los criadores Juan Chuburu y Juan Sapag y muchos otros. A José María Garramuño y Rafael Navarro por su dedicación al núcleo de caprinos de Angora de Pilcaniyeu. A Martín Nogués y Leonardo Duga por el aporte de sus recuerdos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABAD, M. 2016. Informe de gestión. Ley Caprina – Programa Mohair. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Buenos Aires, p. 13.
- ABAD, M.; ARRIGO, J.; GIBBONS, A.; LANARI, M.R.; MORRIS, G.; TADDEO, H. 2002. Breeding scheme for Angora goat production in North Patagonia. 7<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 19-23 de agosto, Montpellier, Francia, pp. 12-14.
- ARRIGO, J. 2005. Dr. Douglas Stapleton: Australiano experto en mohair. Presencia Año 17, Número 50, 38-41.
- BAILEY, C.P. 1905. Practical Angora goat rising. Bailey & Sons, San José, California. E-book: 2010. (Disponible: <http://www.gutenberg.org/files/33084/33084-h/33084-h.htm> verificado: 1 de marzo de 2017).
- CAMPBELL, G. 1975. La producción caprina en la Patagonia. Informe Nro. 2, INTA Bariloche, p. 22.
- CAMPBELL, G. 1983. Experiencias de manejo en caprinos de Angora. Información, Desarrollo e Innovación Agropecuaria Suplemento 39, 25-27.
- CAMPBELL, G.; ÁLVAREZ COSTA, E. 1978. El caprino de Angora en el noroeste de Patagonia. Serie Relevamientos y Estudios de Situación, Parte 1, Comunicación Técnica Nro. 225., INTA Bariloche, p. 52.
- CAMPBELL, G.; MUELLER, J.P.; SOMLO, R.; MENDEZ CASARIEGO, H.; DUGA, L. 1983a. Heredabilidad, repetibilidad y principales correlaciones fenotípicas de caracteres de producción en caprinos de Angora. Información, Desarrollo e Innovación Agropecuaria Suplemento 39, 79-80.
- CAMPBELL, G.; SOMLO, R.; DUGA, L. 1983b. Estudio piloto sobre el caprino Angora en la Patagonia y calidad del mohair. Revista Argentina de Producción Animal 9, 351-363.
- CAMPBELL, G.; SOMLO, R.; MÉNDEZ CASARIEGO, H.; DUGA, L. 1983c. Determinación de métodos de manejo del caprino en el NO de la Patagonia. Información, Desarrollo e Innovación Agropecuaria Suplemento 39, 72-75.
- CAMPBELL, G.; SOMLO, R.; MÉNDEZ CASARIEGO, H.; DUGA, L. 1983d. Selección y mejoramiento de la cabra de Angora en hatos del noroeste de la Patagonia. Información, Desarrollo e Innovación Agropecuaria Suplemento 39, 76-78.
- CANO, M.E.; DEBENEDETTI, S.; ABAD, M.; ALLAIN, D.; TADDEO, H.R.; POLI, M.A. 2009. Chromosomal segments underlying quantitative trait loci for mohair production in Angora goats. Animal Genetic Resources 45, 107-112.
- CARRAZZONI, J.A. 1996. Crónicas ganaderas del noreste argentino. Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, Tomo L, Nro. 17, p. 30.
- DA PONTE, N.J. 1983. El mohair dentro de las necesidades de la industria textil. Información, Desarrollo e Innovación Agropecuaria Suplemento 39, 34.
- DAFF. 2015. A profile of the South African mohair market value chain. Department of Agriculture, Forestry & Fisheries. Republic of South Africa, p. 37.
- DE GEA, G.S.; PETRINA, A.I.; MELLANO, A.; BONVILLANI, A.; TURIELLO, P. 2005. El ganado caprino en la Argentina. Antecedentes para su estudio. Universidad Nacional de Río Cuarto, p. 37.
- DEBENEDETTI, S.; ACEBAL, M.; ABAD, M.; ROSSO, H.; SUAREZ, A. 2010. Patagonian mohair: Angora goat production in a really harsh environment. The Angora Goat and Mohair Journal 52, 40-43.
- DELLAL, G.; SOYLEMEZOGLU, F.; ERDOGAN, Z.; PEHLIVAN, E.; KOKSAL, O.; TUNCER, S.S. 2014. Present situation and future of animal fiber production in Turkey: A review. Journal of Life Sciences 8, 192-200.
- DHUIINSHLEIBHE, S. 2010. Favorite fibers of handspinners. The Company of the Silver Spindle, p. 7. (Disponible: [http://kws.atlantia.sca.org/Favorite\\_Fibers\\_of\\_Handspinners.pdf](http://kws.atlantia.sca.org/Favorite_Fibers_of_Handspinners.pdf) verificado: 01 de marzo de 2017).
- DÍAZ DE GUZMÁN, R. 1612. Historia Argentina del descubrimiento, población y conquista de las Provincias del Río de la Plata. Imprenta del Estado, Buenos Aires, 1835.
- DUGA, L. 1985. Proyecto de régimen para la clasificación y tipificación del mohair argentino. Seminario Regional de Lanás, 30 de septiembre al 4 de octubre, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, p. 48.
- DUGA, L.; SOMLO, R. 1985. Calidad del mohair en la Argentina. Seminario Regional de Lanás, 30 de septiembre al 4 de octubre, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, p. 47.
- FAROQHI, S. 2009. Artisans of empire: crafts and craftspeople under the Ottomans. IB Tauris Publishers, Londres, p. 272.
- GIBBONS, A.; ARRIGO, J.; TADDEO, H.; ABAD, M.; CUETO, M. 2013. Application of artificial insemination with frozen semen in an Angora goat breeding project in northern Patagonia, Argentina. En: RUANE, J.; DARGIE, J.D.; MBA, C.; BOETTCHER, P.; MAKKAR, H.P.S.; BARTLEY, D.M.; SONNINO, A. (Eds.). Biotechnologies at work for smallholders: Case studies from developing countries in crops, livestock and fish, capítulo 3.3, FAO, pp. 90-97.
- GIOVANNINI, N.; DEBENEDETTI, S.; VOZZI, P.A.; MUELLER, J.P. 2010. Estructura de datos y modelos estadísticos para la implementación de una evaluación genética en caprinos de Angora. Revista Argentina de Producción Animal 30 (Supl 1), 102.

- HAYES, J.L. 1868. The Angora goat: its origin, culture and products. Museum of the Boston Society of Natural History. A.A. Kingman Press, Boston. (Disponible: [https://books.google.com.ar/books?id=JRGpAAAAYAAJ&pg=PA12&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ar/books?id=JRGpAAAAYAAJ&pg=PA12&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false) verificado: 01 de marzo de 2017).
- HETEM, R.S.; DE WITT, B.A.; FICK, L.G.; FULLER, A.; MALONEY, S.K.; MEYER, L.C.R.; MITCHELL, D.; KERLEY, G.I.H. 2011. Effects of desertification on the body temperature, activity and water turnover of Angora goats. *Journal of Arid Environments* 75, 20-28.
- HILARIO. 2016. El caballo y eso que va encima. Artes, Letras & Oficios. Signos virreinales y gritos de Libertad. Cojinillo federal, pieza 26. (Disponible: [http://www.hilariobooks.com/index.php?cat\\_id=18](http://www.hilariobooks.com/index.php?cat_id=18) verificado: 01 de marzo de 2017).
- HUNTER, L.; HUNTER, E.L. 2001. Mohair. En: FRANCK, R.R. (Ed.). *Silk, mohair, cashmere and other luxury fibres*. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, pp. 68-132.
- ICARDA. 2015. Linking livestock producers and rural women to global yarn markets. *Science Impacts*, ICARDA, p. 2.
- IÑIGUEZ, L.; MUELLER, J.P.; OMBAYEV, A.; ARYNGAZIYEV, S.; AJIBEKOV, A.; YUSUPOV, S.; IBRAGIMOV, A.; SULIEMENOV, M.; EL-DINE HILALI, M. 2014. Characterization of mohair and cashmere in regions of Kazakhstan, Kyrgyzstan and Uzbekistan. *Small Ruminant Research* 120, 209-218.
- JONES, T.B.; SNYDER, J.W. 1961. *Sumerian Economic Texts from the Third Ur Dynasty*. University of Minnesota Press.
- KANTURK YIGYT, G. 2011. Angora goat and mohair production in Turkey. *Archives of Applied Science Research* 3, 145-153.
- KOSIMOV, F.F.; KOSIMOV, M.A.; RISCHKOWSKY, B.; MUELLER, J.P. 2013. Evaluation of mohair quality in Angora goats from the Northern dry lands of Tajikistan. *Small Ruminant Research* 113, 73-79.
- LANARI, M.R. 2008. Producción de fibras caprinas -Mohair y Cashmere- en Argentina. *Revista Argentina de Producción Animal* 28, 255-259.
- LANARI, M.R.; PÉREZ CENTENO, M.; ARRIGO, J.; DEBENEDETTI, S.; ABAD, M. 2009. Razas locales y fibras caprinas, bases para un desarrollo rural del norte de la Patagonia Argentina. *Animal Genetic Resources Information* 45, 55-59.
- LANARI, M.R.; TADDEO, H.R.; CUETO, M.I.; ARRIGO, J.; MORRIS, G.; MUELLER, J.P. 1998. Introducción de caprinos de Angora de origen Texas y Sudáfrica. Análisis de características productivas en progenies F1. *Revista Argentina de Producción Animal* (Sup. 1) 18, 296.
- LEERS, C.A. 1983. La exportación de pelo de cabra en la Argentina. *Información, Desarrollo e Innovación Agropecuaria Suplemento* 39, 32-33.
- MANAZZA, J.A. 1994. Experiencias en proyectos de sistemas de producción de sustentación con pequeños rumiantes. En: IÑIGUEZ, L.; TEJEDA, E. (Eds.). *Producción de rumiantes menores en los valles interandinos de Sudamérica*. Memorias de un taller sobre metodologías de la investigación, Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria y SR-CRSP, 16-19 de agosto de 1993, Tarija, Bolivia, pp. 201-210.
- MAURINO, J.; SACCHERO, D. 2014. Informe técnico sobre fabricación de hilos con mezclas de fibras especiales. *Comunicación Técnica INTA EEA Bariloche* Nro. 681, p. 8.
- MAURINO, J.; SACCHERO, D. 2015. Informe técnico sobre fabricación de hilos de "kid" mohair. *Comunicación Técnica INTA EEA Bariloche* Nro. PA 682, p. 7.
- MÉNDEZ CASARIEGO, H.F. 1986. Las cabras de Angora en la Patagonia. *Presencia* 1, 6 27-33.
- MÉNDEZ CASARIEGO, H.F.; CAMPBELL, G.; SOMLO, R. 1983. Análisis de la variación de los parámetros de producción y calidad de mohair con la edad del caprino Angora. *Información, Desarrollo e Innovación Agropecuaria Suplemento* 39, 67-71.
- MOHAIR. 2013. Year in review 2013. Mohair South Africa NPC, Puerto Elizabeth, Sudáfrica, p. 24.
- MORRIS, G.A. 1983. Aspectos relacionados con la extensión en la producción de caprinos de Angora. *Información, Desarrollo e Innovación Agropecuaria Suplemento* 39, 31.
- MORRIS, G.A.; ARRIGO, J. 1998. El Angora en la Patagonia. *Presencia*, Año 13, Número 43, 14-16.
- MUELLER, J.P. 1983. Experiencias en selección de caprinos de Angora. *Información, Desarrollo e Innovación Agropecuaria Suplemento* 39, 28-30.
- MUELLER, J.P. 1987. Organización de un sistema de provisión de reproductores de caprinos de Angora para pequeños productores. *Presentación Proyecto INTA Bariloche* Nro. 1069, EEA Bariloche, p. 22.
- MUELLER, J.P. 1989. Mejoramiento genético de caprinos de Angora. *Comunicación Técnica INTA EEA Bariloche* Nro. PA 22, p. 8.
- MUELLER, J.P. 1995. Impacto del Proyecto Caprino en los pequeños productores minifundistas de Río Negro y Neuquén. *Comunicación Técnica INTA EEA Bariloche* Nro. PA 198, p. 8.
- MUELLER, J.P. 2011. Programa nacional fibras animales. Documento base. INTA, p. 13.
- MUELLER, J.P.; TADDEO, H.R. 1993. Estudios sobre criterios de selección y sistemas de apareamiento en caprinos de Angora. *Comunicación Técnica INTA EEA Bariloche* Nro. PA 236, p. 14.
- MUZI, M.E.; LOSARDO, P.G. 2015. Caracterización socio-productiva de la situación post-ceniza del área de Comallo (Río Negro). *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 41, 263-269.
- NAPP, R. 1876. *La República Argentina*. Imprenta Sociedad Anónima, Buenos Aires, pp. 324-325. (Disponible: [https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.\\$b709631;view=1up;seq=316](https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.$b709631;view=1up;seq=316) verificado: 01 de marzo de 2017).
- NOGUÉS, E.M. 1983. Situación del caprino Angora en Catamarca y La Rioja. *Información, Desarrollo e Innovación Agropecuaria Suplemento* 39, 13-16.
- NOGUÉS, E.M. 2015a. Balidos caprinos desde Catamarca I. (Disponible: <http://zootecniadigital.blogspot.com.ar/2015/01/balidos-caprinos-desde-catamarca-i.html> verificado: 01 de marzo de 2017).
- NOGUÉS, E.M. 2015b. Balidos caprinos desde Catamarca III. Cabras de Angora: odiseas en la "tierra prometida". (Disponible: <http://zootecniadigital.blogspot.com.ar/2015/03/balidos-caprinos-desde-catamarca-iii.html> verificado: 01 de marzo de 2017).
- NUEVO FREIRE, C. 2015. Balidos (ovinos y caprinos). (Disponible: <http://zootecniadigital.blogspot.com.ar/2009/10/balidos.html> verificado: 01 de marzo de 2017).
- ORDOÑANA, D. 1868. Cabras cachemiras y angoras: ventajas de su propagación en el Río de la Plata con especialidad en el Uruguay: método práctico de la cría de las cabras. Imprenta Vitoria, Montevideo, p. 191.
- PÉREZ URIARTE, E. 1994. Los cien años de la sociedad rural de Bahía Blanca, 1894-1994: su historia viva. Imprenta Harris, Bahía Blanca, p. 346. (Disponible: [http://www.docslib.org/view/los-cien-a-209-os-de-la-sociedad-rural-de-bahia\\_9d5a8a447e95acec.html](http://www.docslib.org/view/los-cien-a-209-os-de-la-sociedad-rural-de-bahia_9d5a8a447e95acec.html) verificado: 01 de marzo de 2017).
- SAAYMAN, D. 2015. Mohair market review. *The Angora Goat and Mohair Journal* 56, 14-15.
- SAAYMAN, D. 2016. Mohair market review. *The Angora Goat and Mohair Journal* 57, 16-17.

SAGPYA. 2000. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Creación del "Programa para el mejoramiento de la producción y calidad del mohair". Resolución Nro. 351/2000.

SAPAG, A.; ARRIGO, J. 2010. Programa Mohair Neuquén: una experiencia de desarrollo articulada entre productores minifundistas organizados e instituciones del estado. Estrategias y experiencias para el trabajo en extensión. Encuentro nacional de economía agraria y extensión rural, 6-8 de octubre de 2010, Potrero de los Funes, San Luis, p. 24. (Disponible: <http://agro.unc.edu.ar/~extrural/Sapag.pdf> verificado: 01 de marzo de 2017).

SAPAG, J.; SCARAFFÍA, L.G. 1994. El trabajo del multiplicador en el proyecto caprino de Angora. VII Reunión Nacional de Producción Caprina, INTA EEA Bariloche, p. 100.

SCARAFFÍA, L.G. 1994. El proceso de angorización en la provincia de Neuquén. VII Reunión Nacional de Producción Caprina, INTA EEA Bariloche, p. 98.

SCRIVNER, J.H. 1985. The decline of the Angora goat industry in three Texas counties. *Journal of Range Management* 38, 158-162.

SENASA. 2017. (Disponible: <http://www.senasa.gov.ar/cadena-animal/caprinos/informacion/informes-y-estadisticas> verificado 01 de marzo de 2017).

SNYMAN, M.A. 2004. Mohair production and reproduction of Angora and Angora × Boer goat genotypes in a sub-optimum environment. *Small Ruminant Research* 53, 75-87.

SOMLO, R.; CAMPBELL, G.; PELLIZA SBRILLER, A. 1983. Estudio de los hábitos dietarios de caprinos de Angora en pastizales de áreas patagónicas. *Información, Desarrollo e Innovación Agropecuaria Suplemento* 39, 85-91.

SOMLO, R.; MUELLER, J.P.; MÉNDEZ CASARIEGO, H.F.; CAMPBELL, G.; DUGA, L.; TADDEO, H.R. 1991. Repeatability, phenotypic correlations and correction factors of production characteristics of Angora goats in Patagonia. Recent advances in goat production, Proceedings of the v International Conference on Goats, 2-8 de marzo, Nueva Delhi, India, pp. 1637-1647.

TADDEO, H.R.; ALLAIN, D.; MUELLER, J.P.; DE ROCHAMBEAU, H. 1998b. Factors affecting fleece traits of Angora goat in Argentina. *Small Ruminant Research* 28, 293-298.

TADDEO, H.R.; ALLAIN, D.; MUELLER, J.P.; DE ROCHAMBEAU, H.; MANFREDI, E. 1998a. Genetic parameter estimates of production traits of Angora goats in Argentina. *Small Ruminant Research* 28, 217-223.

TADDEO, H.R.; DUGA, L.; ALMEIDA, P.; WILLEMS, P.; SOMLO, R. 2000. Variation of mohair quality over the body in Angora goats. *Small Ruminant Research* 36, 258-291.

TOURNEFORT, J.P. 1717. Traducción al inglés en 2014. A voyage to the Levant. Cambridge University Press, p. 350.

VISSER, C.; LASHMAR, S.F.; VAN MARLE-KÖSTER, E.; POLI, M.A.; ALLAIN, D. 2016. Genetic diversity and population structure in South African, French and Argentinian Angora goats from genome-wide SNP data. *PLoS One* 11(5).

VISSER, C.; VAN MARLE-KÖSTER, E.; SNYMAN, M.A.; BOVENHUIS, H.; CROOIJMANS, R.P.M.A. 2013. Quantitative trait loci associated with pre-weaning growth in South African Angora goats. *Small Ruminant Research* 112, 15-20.

ZEDER, M.A.; HESSE, B. 2000. The initial domestication of goats (*Capra hircus*) in the Zagros mountains 10,000 years ago. *Science* 287, 2254-2257.



# Métodos de colocación de fósforo en trigo y maíz bajo siembra directa en el sudeste bonaerense

BARBIERI, P.A.<sup>1,2</sup>; ECHEVERRÍA, H.E.<sup>1</sup>; SAÍNZ ROZAS, H. R.<sup>1,2</sup>

## RESUMEN

La siembra directa (SD) produce cambios físicos, químicos y biológicos en el suelo que pueden afectar la disponibilidad de P para los cultivos. El uso eficiente de fertilizantes debe combinar factores como dosis, momento, método de colocación y la fuente de manera que se maximice el rendimiento, reduciendo al mínimo las pérdidas de nutrientes al ambiente. El objetivo del trabajo fue evaluar la respuesta de los cultivos de trigo (*Triticum aestivum*, L.) y maíz (*Zea mays*, L.) al agregado de P en función del método de aplicación. Se evaluó la colocación en la línea de siembra y en cobertura total (al voleo) sobre el rendimiento, contenido de P en grano y eficiencia de recuperación del fertilizante. Se realizó un experimento en el partido de Tandil (sudeste de la prov. de Buenos Aires) con prolongada historia en SD. El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con una combinación factorial de dosis de P (0, 25 y 50 kg ha<sup>-1</sup>) y método de aplicación (en línea y al voleo tres meses antes de la siembra). Para ambos cultivos no se determinó interacción dosis de P y método de colocación para las variables analizadas. El rendimiento de los cultivos y el contenido de P en granos se incrementaron por efecto de la dosis y no hubo diferencias entre métodos de colocación. El incremento en rendimiento por el agregado de P (promedio de los tratamientos fertilizados y testigo) fue similar para ambos cultivos, 18 y 20% para trigo y maíz, respectivamente. Similar comportamiento fue determinado para el contenido de P en grano, siendo el incremento de 22 y 28% para trigo y maíz, respectivamente. La eficiencia de recuperación del P en el grano para ambos cultivos no fue afectada por la dosis de P ni por el método de colocación (17,4 y 12,1% para 25 y 50 kg P ha<sup>-1</sup>; 14,2 y 15,3% para voleo y línea, respectivamente). Los resultados indican que en sistemas estabilizados bajo SD del sudeste bonaerense, con niveles elevados de MO y actividad biológica, la eficiencia de uso de P sería similar para aplicaciones al voleo o en la línea.

**Palabras clave:** fertilización, fósforo siembra directa, trigo, maíz.

## ABSTRACT

*No till (SD) produces physical, chemical and biological changes in the soil and can affect crop P availability. Efficient use of fertilizers should combine factors such as rate, timing, placement method and source in a way to maximizes grain yield minimizing nutrient losses to the environment. The objective was to evaluate wheat (*Triticum aestivum*, L.) and maize (*Zea mays*, L.) crops response to P rate and placement method (banded 5 cm beside and below the seeds or broadcast 3 months before sowing) on grain yield, grain P content and fertilizer recovery efficiency. The experiments were carried out at Tandil (southeast of Buenos Aires Province)*

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Balcarce, Unidad Integrada Balcarce (UIB), Ruta Nac. 226 km 73,5 (7620) CC276. Balcarce, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: baribieri.pablo@inta.gov.ar

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

with a long history under SD. The experimental design was in randomized complete blocks with a factorial combination of P rate (0, 25 and 50 kg ha<sup>-1</sup>) and placement methods (in-line and broadcast three months before sowing). No interaction P rate and placement method were determined in both crops. Grain yield and grain P content was increased by rate and there were no differences between placement methods. Grain yield increases from P (average of fertilized treatments and control) was similar for both crops, 18 and 20% for wheat and maize, respectively. Similar result was determined for P content in grain, with increases of 22 and 28% for wheat and maize, respectively. In both crops, fertilizer recovery efficiency was not affected by P rate or placement method (17.4 and 12.1% for 25 and 50 kg P ha<sup>-1</sup>; 14.2 and 15.3% for broadcast and in-line, respectively). The results indicate that in stabilized no till system at southeast of Buenos Aires Province, soils with high OM content and biological activity, the efficiency of P use would be similar for broadcast or in-line applications

**Keywords:** fertilization, phosphorus, no till, wheat, corn.

## INTRODUCCIÓN

La intensificación en el uso del suelo y el rendimiento promedio de los principales cultivos se incrementaron notablemente en los últimos años en la región pampeana. Esta situación ha generado una progresiva disminución de la disponibilidad de distintos elementos nutritivos como el fósforo (P), principalmente en suelos de la región pampeana norte (Sainz Rozas *et al.*, 2012), la cual tenía los niveles de P nativo más elevados. Por el contrario, en el sudeste bonaerense, área con bajos niveles de P nativo, dicha situación se ha revertido como consecuencia del uso frecuente de fertilizantes fosfatados (Echeverría y García, 1998).

Las deficiencias de P en planta generalmente se relacionan con su rol en la transferencia y almacenaje de energía. Los cultivos con deficiencia de P presentan un crecimiento inicial reducido y lento. Las plantas con deficiencias de P presentan, principalmente, menor expansión foliar y menor número de hojas o macollos. La reducción de la tasa de expansión foliar y del número de macollos lleva a una menor intercepción de la radiación incidente (Abbate y Lazaro, 2001). Si bien los requerimientos de P son bajos en estadios tempranos del cultivo, una adecuada acumulación de P es importante para maximizar el rendimiento (Grant *et al.*, 2001).

El P agregado en fertilizantes fosfatados reacciona con los constituyentes físicoquímicos del suelo, lo que puede afectar la respuesta del cultivo a la fertilización. El P del fertilizante puede ser precipitado por cationes como el hierro (Fe), aluminio (Al) y calcio (Ca) dependiendo del pH del suelo, ya que este determina la presencia y abundancia relativa de los cationes que precipitan el P (García *et al.*, 2005). El P del fertilizante también puede ser adsorbido sobre óxidos de Fe y Al a través del mecanismo de intercambio aniónico, proceso que en algunos casos produce la penetración del anión fosfato dentro del cristal haciendo que no esté disponible para el cultivo (García *et al.*, 2014). Además, el anión fosfato también puede ser adsorbido por los bordes de las arcillas (Borrow, 2017). Los procesos descritos son denominados fijación de P. De lo mencionado se desprende que suelos con alta proporción de arcillas del tipo 1:1, elevadas concentraciones de Fe y Al intercam-

biale o formando óxidos e hidróxidos de dichos cationes tienen una elevada capacidad de fijación de P (Udo y Uzo, 1972; Hingston *et al.*, 1972; Borggaard *et al.*, 1990). Los suelos del sudeste bonaerense presentan características químicas y físicas que ocasionan que la adsorción y precipitación de P no sean procesos relevantes o si se producen, estos son reversibles (Pose *et al.*, 2011). Por lo tanto, la fijación de P no debería afectar de manera relevante la eficiencia de uso de dicho nutriente.

La superficie cultivada bajo siembra directa (SD) se ha incrementado sustancialmente en los últimos años. Dicho sistema de labranza incrementa el contenido de materia orgánica (MO) y de P en las capas más superficiales del suelo respecto a la labranza convencional, estratificación que es evidente al poco tiempo de implementada la SD (Calviño *et al.*, 2002). Por una parte, la acumulación de MO en las capas más superficiales del suelo disminuiría la capacidad de fijar P, dado que existe una relación inversa entre el contenido de MO y la capacidad de fijación de P (Fox y Kamprath, 1970). No obstante, Gutierrez Boerm *et al.* (2008) determinaron que el contenido de MO no afectó la capacidad de adsorción de P y que la variación en la capacidad de absorción de P se relacionó con el contenido de arcillas y las aplicaciones previas de P. Por otra parte, la presencia de residuos en superficie en suelos bajo SD reduce las pérdidas de agua por evaporación y mantiene el suelo con un mayor contenido de humedad en los estratos superficiales (Dominguez *et al.*, 2001). Esta condición genera una mayor masa y actividad de raíces en condiciones de absorber nutrientes en los estratos superficiales del suelo. La falta de remoción y mezcla reduce el contacto de los fertilizantes con los coloides del suelo, disminuye la fijación y consecuentemente incrementa la disponibilidad de este nutriente para los cultivos (Fink y Wesley, 1974; Dick, 1983; Guertal *et al.*, 1991). Esto podría generar pérdidas de P y problemas de eutroficación en suelos con pendiente (Sharpley *et al.*, 2003).

La respuesta del cultivo a la forma de colocación de P depende también de la cantidad y distribución de las precipitaciones. En ambientes subhúmedos o semiáridos con mayor riesgo de déficit hídrico, la absorción del P aplicado en superficie se vería restringida debido a la baja humedad

del horizonte superficial, la que produce un cambio en los patrones de crecimiento y actividad de raíces, observándose un mayor crecimiento en profundidad. En zonas como el sudeste bonaerense, en la cual normalmente se registran condiciones de buena humedad edáfica, particularmente al comienzo de la estación de crecimiento del cultivo de trigo y maíz (Calviño y Sadras, 2002, Calviño *et al.*, 2003, Reussi Calvo y Echeverría, 2006), es probable que la humedad del suelo no constituya un impedimento a la absorción de P para aplicaciones superficiales de este.

La aplicación de P al voleo anticipada es una práctica que ahorra tiempo y trabajo a la siembra, disminuye el peso de la sembradora y la consiguiente compactación del suelo, y elimina inconvenientes operativos como atacaduras en los tubos de bajada del fertilizante, principalmente bajo condiciones de días húmedos como normalmente ocurren en el período de siembra del cultivo de trigo. Además, la aplicación de elevadas dosis de fertilizantes en la línea de siembra puede disminuir la emergencia del cultivo por efecto salino o por toxicidad con amoníaco, cuando se utilizan fertilizantes como el fosfato diamónico. Otra ventaja de gran importancia es que la aplicación de P al voleo disminuye la variabilidad horizontal de P en el lote ocasionada por la fertilización en bandas, la que a menudo trae aparejado el riesgo de una evaluación errónea de la disponibilidad de P para el cultivo (Stecker *et al.*, 2001).

Las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos de la región pampeana y los cambios en dichas propiedades inducidos por la SD permiten hipotetizar que la colocación del P al voleo no afectaría la eficiencia de uso de este respecto de la aplicación en líneas en suelos bajo SD. Barbagelata *et al.* (2008) para el cultivo de trigo bajo SD en Entre Ríos y Tellería *et al.* (2016) para el cultivo de maíz bajo SD no determinaron diferencias en rendimiento entre métodos de aplicación de P (voleo vs. línea de siembra). No obstante, para las condiciones edafoclimáticas del sudeste bonaerense existe poca información acerca de la respuesta de los cultivos al método de colocación de P. En tal sentido, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta en rendimiento y la eficiencia de recuperación del fertilizante en el cultivo de trigo y maíz bajo SD, en función de la dosis y el método de colocación de P.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante dos estaciones de crecimiento se realizó un experimento en el partido de Tandil, sobre un suelo Paleudol petrocálcico con 1% de pendiente y una historia de SD mayor a 4 años siendo soja el cultivo antecesor. El suelo bajo estudio presentó un horizonte superficial (0-20 cm) de textura franca, 55 g kg<sup>-1</sup> de MO y un contenido de P Bray I (Bray y Kurtz, 1945) de 12,5 y 3,7 mg kg<sup>-1</sup> de 0-10 y 10-20 cm de profundidad, respectivamente. Los experimentos fueron conducidos sin limitaciones de otros nutrientes. En la primera campaña se implantó trigo y se fertilizó con una combinación factorial de dosis de P (0, 25 y 50 kg ha<sup>-1</sup>) y método de aplicación (al voleo dos meses antes de la siembra y en línea a la siembra al costado de la semilla). El segundo año se implantó maíz y recibió los mismos tratamientos, el contenido de P Bray

del suelo determinado al momento de la siembra en cada parcela se presenta en la tabla 1.

Tratamientos	Profundidad	P (±DE)
	cm	mg kg <sup>-1</sup>
0-P	0-10	9,2 (4,8)
	10-20	3,8 (1,4)
25 V	0-10	18,4 (8,3)
	10-20	5,0 (1,7)
25 L	0-10	16,8 (3,8)
	10-20	4,5 (1,4)
50 V	0-10	21,1 (2,8)
	10-20	4,9 (1,9)
50 L	0-10	20,1 (7,2)
	10-20	6,5 (3,9)

**Tabla 1.** Contenido de P a la siembra del cultivo de maíz.

DE = Desvío estándar

El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones y una combinación factorial de dosis de P (25 y 50 kg ha<sup>-1</sup>) y método de aplicación: al voleo anticipado (3 meses) y por debajo y al costado de la línea de siembra. Además, se adicionó un tratamiento sin P, tratamiento que fue tenido en cuenta en el análisis de la dosis de P. El análisis del método de colocación de P se realizó con las dosis de 25 y 50 kg de P ha<sup>-1</sup>. Las unidades experimentales fueron de 6 m de ancho por 15 m de largo, la fuente de P utilizada fue fosfato diamónico (18-46-0). En ambos cultivos, se utilizaron materiales adaptados para la zona, las malezas y los insectos fueron controlados siguiendo las prácticas de manejo utilizadas por los productores.

En madurez fisiológica se determinó el rendimiento del cultivo (14% de humedad), contenido de P en grano (Blanchar *et al.*, 1965) y se calculó la recuperación del fertilizante como la diferencia entre el contenido de P en grano de los tratamientos fertilizados ( $P_{Fert}$ ) y el testigo ( $P_{Test}$ ) dividido la dosis aplicada ( $(P_{Fert} - P_{Test}) / \text{Dosis de P} \times 100$ ). Para estimar la recuperación en planta al valor obtenido en grano se lo dividió por 0,75, el cual representa el índice de cosecha de P para el cultivo de trigo y maíz (García y Reussi Calvo, 2014; Echeverría *et al.*, 2014). El análisis de la varianza fue realizado usando el procedimiento GLM incluido en las rutinas del Statistical Analysis Systems (SAS) (SAS Institute Inc, 2008). Las medias de tratamientos fueron comparadas usando el test de LSD cuando el análisis de la varianza indicó efecto significativo de los tratamientos.

## RESULTADOS

### Condiciones climáticas

La disponibilidad de agua durante el ciclo del cultivo de trigo fue adecuada para no limitar el crecimiento y el



rendimiento del cultivo, dado que las precipitaciones ocurridas desde junio a diciembre sumaron un total de 617 mm. Las precipitaciones superaron ampliamente la evapotranspiración potencial (ETP) principalmente en el tercer decadio de octubre y primero de noviembre, período considerado crítico para la determinación del rendimiento (fig. 1). En el ciclo del cultivo de maíz, las precipitaciones totalizaron 518 mm. Este valor es cercano a la evapotranspiración del cultivo determinada para la zona (530 mm) por Andrade y Gardiol (1995). No obstante, la distribución de las precipitaciones provocó que en algunos momentos del ciclo se determinaran deficiencias hídricas (100 mm). Esto pudo haber afectado el rendimiento del cultivo, principalmente el peso de los granos ya que las deficiencias hídricas se observaron hacia el final del período crítico y durante la etapa de llenado (fig. 1). La adecuada humedad edáfica es fundamental para no limitar la absorción de P en aplicaciones superficiales de este, sobre todo en SD, donde el P se acumula en los estratos superiores del suelo.

### Rendimiento

En ambos cultivos, no se determinó interacción entre dosis y localización de P. El rendimiento en grano se incrementó con el aumento de la dosis de P, pero no difirió entre métodos de localización (fig. 2). El peso de 1000 granos no fue afectado por la disponibilidad de P (datos no mostrados), lo que indica que la deficiencia de P disminuyó el rendimiento del cultivo a través de un menor número de granos por unidad de superficie, coincidiendo con lo reportado por Grant *et al.* (2001), Abbate y Lazaro (2001) para trigo y Plénet *et al.* (2000), Liu *et al.* (2011) para maíz.

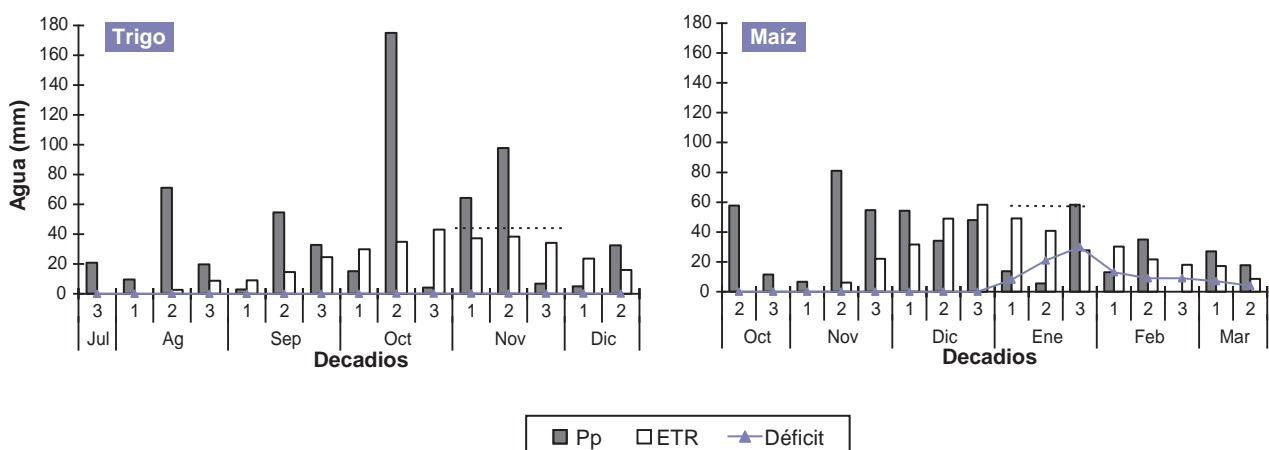
### Concentración, contenido de P en grano y eficiencia de recuperación del fertilizante

Al igual que lo determinado para el rendimiento, en am-

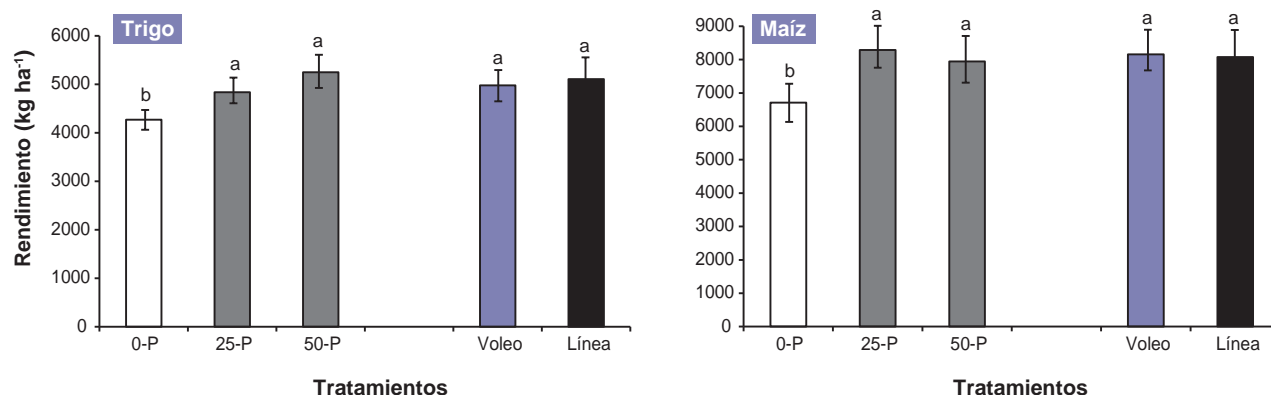
bos cultivos no se determinó interacción entre dosis y método de colocación para la concentración, contenido de P en grano ni en la eficiencia de recuperación del fertilizante. La concentración de P en grano se incrementó por efecto de la aplicación de P y no fue afectada por el método de colocación (tabla 2). La aplicación de P incrementó el contenido de este nutriente en grano, pero no fue afectado por la forma de colocación (fig. 3). En el mismo sentido, la eficiencia de recuperación del fertilizante para ambos cultivos no fue afectada por la dosis de P ni por el método de colocación (fig. 4). Estos resultados indicarían que la colocación de P en líneas al costado y debajo de la línea de siembra no mejoraría la eficiencia de uso del P en suelos bajo SD, respecto de aplicaciones al voleo.

### DISCUSIÓN

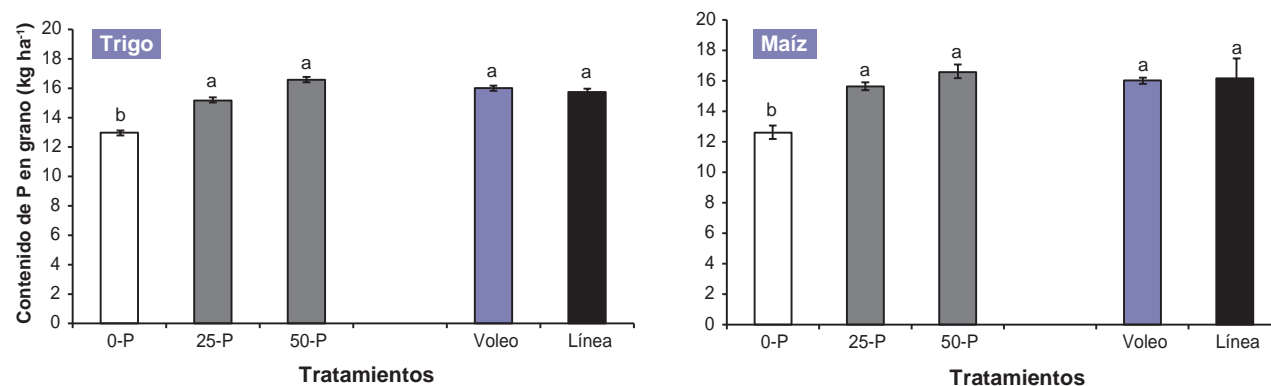
En el cultivo de trigo, se obtuvieron elevados rendimientos, producto de las muy buenas condiciones meteorológicas en los estadios críticos del cultivo (20 días antes y 10 días después de la floración), que permitieron fijar gran número de granos, principal componente del rendimiento del trigo (Abbate *et al.*, 1994). Para el cultivo de maíz, si bien se determinaron deficiencias hídricas durante fines del periodo crítico y llenado de granos que podrían haber afectado el rendimiento del cultivo (fig. 1), el rendimiento promedio obtenido (7800 kg ha<sup>-1</sup>) fue similar a los informados para la zona en condiciones de secano (Aramburu Melos *et al.*, 2015). Se determinó un elevado incremento en rendimiento al agregado de P; en trigo la respuesta fue de 567 (13%) y 978 kg ha<sup>-1</sup> (23%) para las dosis de 25 y 50 kg de P ha<sup>-1</sup>, respectivamente; mientras que para maíz la respuesta fue de 1575 (24%) y 1273 kg ha<sup>-1</sup> (18%) para la dosis de 25 y 50 kg de P ha<sup>-1</sup>, respectivamente (fig. 2). La elevada respuesta en trigo se explica por los bajos contenidos de P-Bray (8,1 mg kg<sup>-1</sup>, promedio de profundidades), valor que está por debajo de los umbrales críticos informados por Zamuner *et al.* (2003) para este cultivo. En el maíz la



**Figura 1.** Balance de agua decadio durante el ciclo de cultivo de trigo y maíz. Pp = precipitación, ETR = evapotranspiración real. La línea punteada indica el período crítico de cultivo.



**Figura 2.** Rendimiento del cultivo de trigo y maíz en función de la dosis y del método de colocación de P (5 cm debajo y al costado de la línea de siembra y al voleo 3 meses antes de la siembra). Barras con las mismas letras no difieren al 5% de probabilidad según el test de la DMS. 0, 25 y 50 kg P ha<sup>-1</sup>. Barras verticales indican el desvío estándar.



**Figura 3.** Contenido de P en grano del cultivo de trigo y maíz en función de la dosis y del método de colocación de P (5 cm debajo y al costado de la línea de siembra y al voleo 3 meses antes de la siembra). Barras con las mismas letras no difieren al 5% de probabilidad según el test de la DMS. 0, 25 y 50 kg P ha<sup>-1</sup>. Barras verticales indican el desvío estándar.

Tratamientos	Trigo	Maíz
	% p (±DE)	
0-P	0,34 (0,02) a	0,18 (0,02) b
25-P	0,36 (0,08) a	0,26 (0,04) a
50-P	0,37 (0,05) a	0,29 (0,02) a
Voleo	0,36 (0,06) a	0,26 (0,05) a
Línea	0,38 (0,04) a	0,29 (0,05) a

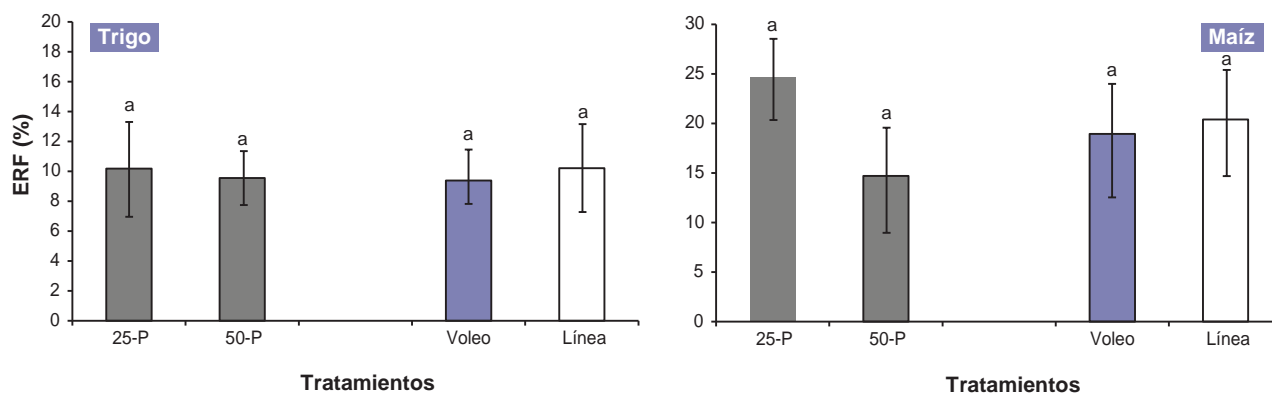
**Tabla 2.** Concentración de P en grano del cultivo de trigo y maíz en función de la dosis y del método de colocación de P (5 cm debajo y al costado de la línea de siembra y al voleo 3 meses antes de la siembra).

Valores con las mismas letras no difieren al 5% de probabilidad según el test de la DMS. DE= Desvío estándar.

respuesta al P no solo se explica por la fertilización del año, sino también por el efecto residual de la fertilización al trigo, ya que para las dosis de 0, 25 y 50 kg ha<sup>-1</sup> (aplicados al trigo)

se determinaron valores (promedio de profundidades) de 6,5, 11,2 y 13,2 mg kg<sup>-1</sup> (tabla 1), respectivamente. Estos valores, aún los más elevados, están por debajo del umbral crítico informado por Echeverría *et al.* (2015) para el cultivo de maíz.

Para contenido de P en grano y al igual que lo observado para el rendimiento, se determinó un elevado incremento del contenido de P en grano por efecto de la fertilización con P. En trigo, la respuesta fue de 2 (17%) y 4 kg ha<sup>-1</sup> (28%) para las dosis de 25 y 50 kg de P ha<sup>-1</sup>, respectivamente; mientras que para maíz la respuesta fue de 5 (40%) y 7 kg ha<sup>-1</sup> (53%) para la dosis de 25 y 50 kg de P ha<sup>-1</sup>, respectivamente (fig. 3). Estos resultados ponen de manifiesto la importancia de una adecuada disponibilidad de P para obtener elevados rendimientos en los cultivos de trigo y maíz. El similar rendimiento determinado para la aplicación de P al voleo respecto de la aplicación en bandas coincide con lo reportado por Halvorson y Havlin (1992), Echeverría *et al.*, 2004 y Barbagelata y Melchiori (2008) para trigo bajo SD, y por Bordoli y Mallarino (1998) y Telleria *et al.* (2016) para maíz bajo SD y Borges y Mallarino (2000) soja bajo SD.



**Figura 4.** Eficiencia de recuperación del fertilizante (ERF) para el cultivo de trigo y maíz en función de la dosis y del método de colocación de P (5 cm debajo y al costado de la línea de siembra y al voleo 3 meses antes de la siembra). Barras con las mismas letras no difieren al 5% de probabilidad según el test de la DMS. 0, 25 y 50 kg P ha<sup>-1</sup>. Barras verticales indican el desvío estándar.

En ambos cultivos, la eficiencia de recuperación del fertilizante no fue afectada por la dosis o el método de colocación de P (fig. 4). Estos resultados indican que la fijación de P por el suelo en formas poco disponibles no sería un proceso relevante, permitiendo que el P del fertilizante permanezca disponible para el cultivo en formas lábiles o en solución. La baja capacidad de fijación de P sería debido al bajo contenido de arcillas tipo 1:1, bajo contenido de Al intercambiable y de óxidos de Fe y Al de los suelos del sudeste bonaerense (Scoppa, 1975; Fabrizzi *et al.*, 1998, Fernández Palma 2008; Pose *et al.*, 2011). En suelos bajo SD, Guertal *et al.* (1991) reportaron que la capacidad de fijación de P es baja en las capas más superficiales del suelo y aumenta con la profundidad. Dichos autores atribuyen este comportamiento a la elevada concentración de formas lábiles del P (iones fosfatos adsorbidos con baja energía de retención), las cuales ocupan los sitios de fijación. Cuando dicho pool fue removido con resinas de intercambio, la capacidad de fijación de P en las capas superficiales se incrementó notablemente (Guertal *et al.*, 1991).

La formación de simbiosis entre raíces de plantas y hongos micorrízicos arbusculares del suelo se ven favorecidos bajo SD y permiten que las raíces capten el P de manera efectiva, lo que incrementaría la eficiencia en la adquisición de P por la planta promoviendo el crecimiento vegetal (Jeffries *et al.*, 2003). Incrementos de crecimiento en plantas colonizadas por los hongos micorrízicos arbusculares han sido bien evidenciados (Rilling, 2004; Covacevich *et al.*, 2005; Smith; Read, 2008; Feddermann *et al.*, 2010, Covacevich *et al.*, 2011). Por lo tanto, este sería otro factor que contribuiría a explicar la falta de diferencias en absorción de P y rendimiento en grano determinados entre métodos de colocación de P.

Por último, la escorrentía y las pérdidas de suelo de los campos son las principales fuentes no puntuales de contaminación de P (Thompson, 2012). En el sudeste bonaerense, hay evidencias que podría perderse P en suelos cultivados con papa con altos niveles de P

disponible y con pendiente (Zamuner *et al.*, 2015). En tal sentido, es necesario desarrollar estrategias de manejo de P más eficientes, no solo para aumentar la rentabilidad, sino también para reducir los problemas de contaminación del agua. Por lo tanto, las aplicaciones de P al voleo no deberían realizarse en sitios con pendiente y con elevada disponibilidad de P, principalmente si la probabilidad de ocurrencia de precipitaciones de gran intensidad luego de la fertilización es elevada.

## CONCLUSIONES

Los resultados de esta experiencia permiten afirmar que, en suelos estabilizados bajo SD, con niveles elevados de MO y actividad biológica, y con baja capacidad de fijación de P, es factible la aplicación de P al voleo sin afectar la eficiencia de uso de este, aún en suelos con niveles bajos a medios de P-Bray.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABBATE, P.E.; ANDRADE, F.H.; CULOT, J.P. 1994. Determinación del rendimiento en trigo. Boletín Técnico N.º 133. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. INTA. p. 17.
- ABBATE, P.; LAZARO, L. 2001. Deficiencias de fósforo como determinantes del número de granos en trigo. Congreso Nacional de Trigo, Carlos Paz, Córdoba, Argentina. Actas en CD.
- ANDRADE, F.H.; GARDIOL, J. 1995. Sequía y producción de los cultivos de maíz, girasol y soja. Boletín Técnico N.º 132. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. INTA. p. 15.
- ARAMBURU MERLOS, F.; MONZON, J.P.; MERCAU, J.L.; TABOADA, M.; ANDRADE, F.H.; HALL, A.; JOBBAGY, E.; CASSMAN, K.G.; GRASSINI, P. 2015. Potential for crop production increase in Argentina through closure of existing yield gaps. Field Crops Research 184: 145-154.
- BARBAGELATA, P.A.; MELCHIORI, R.J.M. 2008. Efecto de la forma de aplicación del fósforo sobre el rendimiento de trigo en Entre Ríos. VII Congreso Nacional de Trigo, v Simposio de Ce-



- reales de Invierno, I Encuentro del Mercosur. Julio de 2008 Santa Rosa, La Pampa.
- BLANCHARD, R.W.; REHM, G.; CALDWELL, A.C. 1965. Sulfur in plant materials by digestion with nitric and perchloric acid. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 29: 71-72.
- BORDOLI, J.M.; MALLARINO, A.P. 1998. Deep and shallow banding of phosphorus and potassium as alternatives to broadcast fertilization for no-till corn. *Agron. J.* 90: 27-33.
- BORGGGAARD, O.K.; JORGENSEN, S.S.; MOBERG, J.P.; RABEN-LANGE, B. 1990. Influence of organic matter on phosphate adsorption by aluminium and iron oxides in sandy soils. *J. Soil Sci.* 41: 443-449.
- BARROW, N.J. 2017. The effects of pH on phosphate uptake from the soil. *Plant and Soil*, 410: 401-410.
- BRAY, R.H.; KURTZ, L.T. 1945. Determination of total, organic and available form of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59: 360-361.
- CALVIÑO, P.A.; ECHEVERRÍA, H.E.; REDOLATI, M. 2002. Estratificación de fósforo en el suelo y diagnóstico de la fertilización fosfatada en trigo en siembra directa. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur (INPOFOS)* 14: 1-4.
- CALVIÑO, P.A.; SADRAS, V.O. 2002. On-farm assesment of constraints to wheat in relation to different previous crops. *J. Agric. Sci. Cambridge.* 118: 157-163.
- CALVIÑO, P.A.; ANDRADE, F.H.; SADRAS, V.O. 2003. Maize yield as affected by water availability, soil depth and crop management. *Agronomy Journal.* 92:275-281.
- COVACEVICH, F.; SAINZ ROZAS, H.R.; BARBIERI, P.A. ECHEVERRÍA, H.E. 2005. Formas de colocación de fósforo sobre el crecimiento y la micorrización espontánea del cultivo de trigo. *Ciencia del Suelo.* 23: 39-45.
- COVACEVICH, F.; BARBIERI, P.A.; ECHEVERRÍA, H.E. 2011. Efecto de la labranza y la fertilización sobre la micorrización arbuscular nativa en trigo en una zona agrícola del Sudeste Bonaerense (Argentina). 2.º Congreso Nacional de Biología de Suelos, Mar del Plata.
- DICK, W.A. 1983. Organic carbon, nitrogen and phosphorus concentration and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47: 102-107.
- DOMINGUEZ, G.F.; STUDDERT, G.A.; ECHEVERRÍA, H.E.; ANDRADE, F.H. 2001. Sistemas de cultivo y nutrición nitrogenada en maíz. *Ciencia del Suelo.* 19: 47-56.
- ECHEVERRÍA, H.E.; GARCÍA, F.O. 1998. Guía para la fertilización fosfatada de trigo, maíz, girasol y soja. *Boletín Técnico N.º 149.* Est. Exp. Agrop. INTA Balcarce. p. 16.
- ECHEVERRÍA, H.E.; SAINZ ROZAS, H.; BIANCHINI, A.; GARCÍA, F.O. 2004. Utilización y residualidad de fósforo bajo siembra directa en la región pampeana. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná-Entre Ríos. 22-25 junio de 2004. Actas en CD, p. 8.
- ECHEVERRÍA, H.E.; SAINZ ROZAS, H.; BARBIERI, P.A. 2014. Maíz y Sorgo. En: ECHEVERRÍA, H.E.; GARCÍA, F.O. (eds.). *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos.* Ediciones INTA. Bs. As. Argentina. pp. 435-478.
- FABRIZZI, K.; PICONE, L.; BERARDO, A.; GARCÍA, F. 1998. Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada en las propiedades químicas de un Argiudol Típico. *Ciencia del Suelo.* 16: 71-76.
- FEDDERMANN, N.; FINLAY, R.; BOLLER, T.; ELFSTRAND, M. 2010. Functional diversity in arbuscular mycorrhiza—the role of gene expression, phosphorous nutrition and symbiotic efficiency. *Fungal Ecol.* 3:1-8.
- FERNÁNDEZ, PALMA F. 2008. Localización de fósforo en trigo en siembra directa en el sudeste bonaerense. Tesis de grado UNMP. pp. 43.
- FINK, R.J.; WESLEY, D. 1974. Corn yield as affected by fertilization and tillage system. *Agron J.* 66: 70-71.
- FOX, R.L.; KAMPRATH, E.J. 1970. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34: 902-907.
- GARCÍA, F.O.; PICONE, L.I.; CIAMPITTI, I.A. 2014. Fósforo. En: H. ECHEVERRÍA, H.; GARCÍA, F.O. (eds). *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos.* Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina. pp. 229-264.
- GARCÍA, F.O.; REUSSI CALVO, N.I. 2014. Trigo. En: ECHEVERRÍA, H.E.; GARCÍA, F.O. (eds.). *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos.* Ediciones INTA. Bs. As. Argentina. pp. 401-434.
- Guertal E.A.; Eckert D.J.; Traina S.J.; Logan T.J. 1991. Differential phosphorus retention in soil profiles under no-till crop production. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55: 410-413.
- Grant, C.; Flaten D.; Tomasiewicz, D.; Sheppard, D. 2001. The importance of early season phosphorus nutrition. *Can. J. Plant Sci.* 81: 211-224.
- GUTIÉRREZ BOEM, F.H.; ALVAREZ, C.; CABELLO, M.; FERNÁNDEZ, P.; BONO, A.; PRYSTUPA, P.; TABOADA, M. 2008. Phosphorus retention on soil surface of tilled and no-tilled soils *Soil Sci. Soc. Am. J.* 72:1158-1162.
- HINGSTON, F.J.; POSNER, A.M.; QUIRK, J.P. 1972. Anion adsorption by goethite and gibbsite – I: the role of the proton in determining adsorption envelopes. *J. Soil Sci.* 23:177-191.
- LIU, K.; MA, B.; LUAN, L.; LI, L. 2011. Nitrogen, phosphorus, and potassium nutrient effects on grain filling and yield of high-yielding summer corn. *J. of Plant Nut.* 34:1516-1531.
- PLÉNÉT, D.; MOLLIER, A.; PELLERIN, S. 2000. Growth analysis of maize field crops under phosphorus deficiency. II. Radiation-use efficiency, biomass accumulation and yield components. *Plant and Soil* 224: 259-272.
- POSE, N.; ZAMUNER, E.C.; ECHEVERRÍA, H.E. 2012. Grado de saturación y riesgo de pérdida de fósforo en un Molisol del sudeste cultivado con papa. *Ciencia del Suelo* 30:1-8.
- REUSSI CALVO, N.I.; ECHEVERRÍA, H.E. 2006. Estrategias de fertilización nitrogenada en trigo: balance hídrico para el sur bonaerense. *Ciencia del Suelo* 24: 115-122.
- RILLING, M.C. 2004. Arbuscular mycorrhizae and terrestrial ecosystem Processes. *Ecol. Lett.* 7: 740-754.
- SAS INSTITUTE. 2008. The SAS system for windows. Version 9.2. SAS Institute, Cary, NC.
- SAINZ ROZAS, H.R.; ECHEVERRÍA, H.; ANGELINI, H. 2012. Fósforo disponible en suelos agrícolas de la región Pampeana y Extra Pampeana argentina. *RIA* 38: 33-39.
- SCOPPA, C. 1975. La mineralogía de los suelos de la llanura pampeana en la interpretación de su génesis y distribución. Presentado en la VII Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo, Bahía Blanca.
- SHARPLEY, A.N.; DANIEL, T.; SIMS, T.; LEMUNYON, J.; STEVENS, R.; PARRY, R. 2003. *Agricultural phosphorus and eutrophication (2<sup>nd</sup> Edition).* U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS 149. pp. 44.
- SAS INSTITUTE. 2008. The SAS system for windows. Version 9.2. SAS Institute, Cary, NC.
- SMITH, S.E.; READ, D.J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis.* Elsevier, New York. p. 800.
- STECKER, J.A.; BROWN, J.R.; KITCHEN, N.R. 2001. Residual phosphorus distribution and sorption in starter fertilizer bands applied in no-till culture. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 1173-1183.

TELLERÍA, M.G.; GUTIÉRREZ BOEM, F.H.; FERRARIS, G.N. 2016. Respuesta del cultivo de maíz a la aplicación anticipada de fósforo. *Inf. Agron. Hispanoamerica* 22:20-24.

THOMPSON, L.B. 2013. Field evaluation of the availability for corn and soybean of phosphorus recovered as struvite from corn fiber processing for bioenergy. Graduate Theses and Dissertations. Universidad de Iowa.

UDO, E.J.; UZU, F.O. 1972. Characteristics of phosphorus adsorption by some Nigerian soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 36: 879-883.

ZAMUNER, E.C.; PICONE, L.I.; ECHEVERRÍA, H.E. 2003. Profundidad de muestreo de suelo: Relación del rendimiento con el fósforo disponible. Profundidad de muestreo de suelo: Relación del rendimiento con el fósforo disponible. Simposio "El Fósforo en la Agricultura Argentina". INPOFOS Cono Sur, Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

ZAMUNER, E.C.; LLOVERAS, J.; ECHEVERRÍA, H.E. 2015. Métodos agronómicos y ambientales de determinación de fósforo en Argiudoles del sudeste bonaerense. *Ciencia del Suelo* 33:55-63.

# Crecimiento y rectitud del fuste de orígenes geográficos de *Corymbia* spp. en la Mesopotamia argentina

LÓPEZ, J.A.<sup>1</sup>; VERA BRAVO, C.D.<sup>1</sup>

## RESUMEN

En los últimos años *Corymbia* spp. y sus híbridos comenzaron a revalorarse como un género importante para la obtención de madera de calidad para usos sólidos de alto valor en diferentes regiones del mundo. Con el objetivo de evaluar el comportamiento de materiales cosechados en el área de distribución natural de *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* (CCC), *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* (CCV) y *Corymbia maculata* (CM), al 9.º año de edad se evaluó el crecimiento en diámetro, altura, volumen y rectitud del fuste de 22 orígenes pertenecientes a dichas entidades en tres sitios de la Mesopotamia argentina. El análisis a nivel de sitios individuales mostró que CCV fue el taxón más promisorio. En dos de los sitios evaluados CCV superó en volumen y rectitud del fuste a las otras entidades y en el tercer sitio tuvo un crecimiento levemente inferior a CM, aunque sin diferencias estadísticas significativas. El análisis conjunto a nivel de orígenes dentro de taxones reveló baja interacción a través de los sitios ya que la correlación genética fue alta tanto para el volumen como para la rectitud del fuste ( $rgB= 0,77$  y  $0,99$  respectivamente). Dada la existencia de muy buenos ejemplares dentro de los orígenes de CCV, se seleccionaron 30 ejemplares sobresalientes en volumen a través de los tres sitios. Estos individuos luego de movilizados y propagados vía injerto, conformarán el primer Huerto Semillero Clonal de CCV en Argentina. Se prevé que la ganancia genética de dicho huerto será aproximadamente del 17% en relación con el volumen promedio de todos los individuos evaluados de CCV.

**Palabras clave:** *Corymbia citriodora* subsp. *variegata*, interacción genotipo-ambiente, Huerto Semillero Clonal.

## ABSTRACT

In recent years *Corymbia* spp. and their hybrids began to revalue as an important genus for the obtention of quality wood for solid high-value applications in different regions of the world. With the objective to evaluate the behavior of materials collected in the natural distribution area of *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* (CCC), *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* (CCV) and *Corymbia maculata* (CM), the growth in volume (VOL) and the stem straightness (RF) were evaluated at 9<sup>th</sup> years of growth in 22 provenances belonging to these entities in three sites of the Mesopotamia region of Argentina. The site-site analysis showed that CCV was the most promising material. In two of the sites evaluated CCV overcame in VOL and RF to the other entities; at the third site had a slightly less growth than CM, although the statistical analysis did not reveal significant difference. The combined analysis revealed a low interaction among sites, since the genetic correlation at provenances within taxa level was high for stem volume and straightness ( $rgB = 0.77$  and  $0.99$  respectively). Given the good performance of CCV and the existence of very good specimens within the provenances, we selected 30 outstanding individuals in volume across the three sites. These individuals, after being mobilized and propagated

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Bella Vista, Ruta 27, km 38,3, Bella Vista, Corrientes. Correo electrónico: lopez.juanadolfo@inta.gob.ar; vera.bravo@inta.gob.ar



by grafting, will form the first Clonal Seed Orchard of CCV in Argentina. It is expected that the genetic gain of the Orchard for VOL in relation to the average of all the CCV assessed individuals is around 17%.

**Keywords:** *Corymbia citriodora* subsp. *variegata*, genotype-environment interaction, Clonal Seed Orchard.

## INTRODUCCIÓN

*Eucalyptus torelliana*, *Eucalyptus citriodora* y *E. maculata* fueron reubicados taxonómicamente por Hill and Johnson (1995) como *Corymbia torelliana*, *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora*, *Corymbia citriodora* subsp. *variegata*, *Corymbia henryi* y *Corymbia maculata*. Estos taxones son conocidos en Australia como *spotted gums* (gomeros manchados) y si bien su introducción en varias regiones del mundo data de hace muchos años, últimamente comenzaron a revalorarse como una de las entidades con mayor potencial para la obtención de madera de calidad para usos sólidos de alto valor en turnos más largos que las especies de *Eucalyptus* más difundidas (Gardner *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2010; Hung *et al.*, 2016).

En Brasil y Sudáfrica las primeras introducciones de orígenes de *Corymbia* spp. (en ese entonces *E. citriodora* y *E. maculata*) se realizaron a partir de la década de 1960 (Pasztor y Coelho, 1978; Darrow, 1985). En Argentina en 1980 se instaló uno de los primeros ensayos de especies de *Eucalyptus* donde *E. maculata* (actualmente *Corymbia maculata*) al 15.º año de edad tuvo un crecimiento destacado, aunque inferior a *E. grandis*, *E. dunnii* y *E. saligna* (Marcó y Mendonza, 1997). En Australia, dada la revalorización de estos taxones, la domesticación de *Corymbia* spp. se reinició a partir de 1999 (Smith *et al.*, 2007).

Con el propósito de incorporar y estudiar la adaptabilidad de otras latifoliadas alternativas para usos sólidos de alto valor, el INTA Bella Vista (Ctes.) realizó la introducción de una valiosa colección de 22 lotes de semilla de material salvaje cosechados en el área de distribución natural de *Corymbia* spp. Esta colección fue instalada en tres sitios de la región Mesopotámica. Por ello, el principal objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento y la rectitud del fuste de dichos materiales al 9.º año de edad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la tabla 1 se describen los 22 orígenes evaluados de los taxones *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* (CCC), *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* (CCV) y *Corymbia maculata* (CM).

El material fue producido en el vivero de la EEA del INTA Bella Vista (28° 26' 48 S; 58° 58' 57 O) e implantado en tres sitios de la región Mesopotámica (tabla 2). El diseño experimental adoptado fue el de set en bloques con 5 repeticiones y unidades experimentales de 2 filas de 4 árboles sin bordura. La distancia de plantación en el S1 y S2 fue de 3 m x 3 m y en el S3 de 2,9 m x 2,9 m.

Al 9.º año de edad se midió el diámetro a 1,30 m de altura (DAP) y la altura total (ALT). Los individuos con DAP inferior a 10 cm no fueron considerados.

Dado que en la región no existen desarrolladas funciones de volumen para *Corymbia* spp., las estimaciones de los volúmenes individuales con corteza expresados en m<sup>3</sup> (VOL) fueron calculados con un coeficiente mórfo de 0,5 (Scolforo y Figueiredo Filho, 1998, Santos *et al.*, 2015) utilizando la siguiente ecuación:  $VOL = (\pi/4) \times (DAP)^2 \times ALT \times 0,5$  donde  $\pi = 3,14$ , DAP y ALT expresados en metros.

La rectitud del fuste (RF) se ponderó a través de una apreciación subjetiva de cuatro clases (1=RF Mala y 4= RF Muy Buena).

Para el análisis de los sitios en forma individual y para el conjunto de estos se aplicó la metodología de modelos lineales mixtos utilizando el procedimiento MIXED (SAS, 2011). Este procedimiento estima los componentes de varianza de los efectos aleatorios utilizando REML (Máxima Verosimilitud Restringida). Para determinar las diferencias estadísticas entre taxones y entre orígenes dentro de taxones, considerándolos como efectos fijos, se procesó el método TYPE 3 del procedimiento MIXED. Debido al desbalance producido al no incluir en el análisis a los individuos con DAP inferior a 10 cm, las medias de taxones y orígenes fueron estimadas a través de los mínimos cuadrados utilizando la sentencia LSMEANS (SAS, 2011). Para las comparaciones múltiples entre las medias de los taxones ajustadas por LSMEANS, se utilizó la prueba de t de Student a un nivel de  $P < 0,05$  ejecutando la opción PDIFF de dicho procedimiento.

Para el análisis de cada ensayo en forma individual, se utilizó el siguiente modelo lineal mixto:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + BT_{ij} + O(T)_{kj} + \varepsilon_{ijk}$$

donde  $\mu$  es la media general;  $B_i$ , el efecto de bloques;  $T_j$ , el efecto de taxones;  $BT_{ij}$ , la interacción bloques por taxones;  $O(T)_{kj}$ , el efecto de orígenes dentro de taxones y  $\varepsilon_{ijk}$  corresponden a los residuos aleatorios.

Para el análisis conjunto, con el fin de remover posibles efectos de escala y homogeneizar la estructura de las varianzas, los datos de VOL fueron estandarizados dividiendo cada valor individual por el desvío estándar fenotípico del bloque en el que se encontraba dicho individuo (Falconer, 1983; White, 1996). La RF no fue estandarizada dada la similitud de los Cuadrados Medios Residuales de los 3 ensayos. El modelo lineal mixto utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_l + B(S)_{il} + T_j + ST_{lj} + O(T)_{kj} + SO(T)_{ljk} + \varepsilon_{ijkl}$$

donde  $\mu$  es la media general; SI, el efecto de sitios; B(S)il, el efecto de bloques dentro de sitios; Tj, el efecto de taxones; STlj, la interacción sitios por taxones; O(T)kj, el efecto de orígenes dentro de taxones; SO(T)lkj, la interacción sitios por orígenes dentro de taxones y  $\varepsilon$  ijkl

corresponden a los residuos aleatorios. Para la estimación de los componentes de varianza solo sitios y bloques dentro de sitios fueron asumidos como efectos fijos.

Para estimar la correlación genética Tipo B a nivel de taxones (rgBT) y de orígenes dentro de taxones (rgBO)

N.º de orden	N.º CSIRO	Orígenes	N.º de madres	Latitud	Longitud	Altitud
<b><i>Corymbia citriodora</i> subsp. <i>citriodora</i> (CCC)</b>						
1	20014	Mt Janet (QLD)	7	15° 53'	144° 42'	700
2	19385	Cheviot Hills (QLD)	61	19° 38'	144° 38'	920
3	20015	Killarny Station (QLD)	10	22° 10'	149° 19'	400
4	20016	Gladstone (QLD)	8	23° 50'	151° 09'	20
5	20012	Dawson Range (QLD)	9	24° 00'	149° 31'	300
6	19692	Springsure (QLD)	7	24° 13'	148° 12'	450
7	20017	Kroombit Tops (QLD)	12	24° 26'	151° 03'	800
8	19693	Monto SF (QLD)	10	24° 48'	150° 59'	500
<b><i>Corymbia citriodora</i> subsp. <i>variegata</i> (CCV)</b>						
11	19694	Monto SF (QLD)	9	24° 49'	150° 56'	475
12	19666	Mount Moffat NP (QLD)	10	24° 53'	147° 59'	1.000
13	19665	Saddler Springs (QLD)	15	25° 06'	148° 04'	700
14	19691	Murphy Range (QLD)	10	25° 17'	149° 11'	420
15	19690	Mt Hutton (QLD)	10	25° 52'	148° 16'	650
16	19664	Barakula SF (QLD)	11	26° 16'	150° 32'	300
17	19469	Richmond Range SF (NSW)	12	28° 50'	152° 44'	350
18	19564	Paddys Land SF (NSW)	13	30° 06'	152° 10'	1.100
<b><i>Corymbia maculata</i> (CM)</b>						
19	20150	Curryall SF (NSW)	11	32° 04'	149° 50'	650
21	19308	Kyola SF (NSW)	11	35° 35'	150° 20'	70
22	19308	Nelligen (NSW)	12	35° 37'	150° 04'	200
23	19422	Bodalla SF (NSW)	10	36° 11'	150° 06'	60
24	19421	Munbala SF (NSW)	10	36° 38'	149° 56'	120
25	19382	Mottle Range (VIC)	10	37° 37'	148° 13'	280

**Tabla 1.** Materiales evaluados de *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* (CCC), *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* (CCV) y *Corymbia maculata* (CM).

QLD: Queensland

NSW: New South Wales

	S1	S2	S3
<b>Localidad</b>	Bella Vista. Corrientes	Paso de los Libres. Corrientes	Humaitá. Entre Ríos
<b>Latitud (S)</b>	28° 26' S	29° 32' S	31° 46' S
<b>Longitud (O)</b>	58° 55' O	57° 02' O	58° 06' O
<b>Altitud (m s. n. m.)</b>	70	25	57
<b>Suelo</b>	Arenoso profundo. Suborden UDALFES	Arenoso hidromórfico. Suborden ACUEPTES	Arenoso pardo. Suborden UMBREPTS

**Tabla 2.** Características generales de los sitios de ensayo.

considerando los tres ensayos en conjunto se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$rgB T = \frac{\sigma^2 T}{\sigma^2 T + \sigma^2 ST}$$

$$rgB O = \frac{\sigma^2 O(T)}{\sigma^2 O(T) + \sigma^2 SO(T)}$$

Adicionalmente y a efectos de contar con una estimación aproximada de ganancias genéticas individuales en VOL, esta información fue analizada utilizando la metodología de modelos mixtos (modelo lineal mixto univariado) utilizando el programa SELEGEN-REML/BLUP (Versión 2014) que permite el análisis de varias poblaciones en bloques y sin estructura familiar (Modelo 24). Este procedimiento solicita una estimación de la heredabilidad aditiva individual, la que se obtuvo de la literatura (Resende, 2006). En este sentido y según Cornelius (1994); Smith *et al.* (2007) y Hung *et al.* (2016) se utilizó un valor promedio para la heredabilidad aditiva de 0,22.

El modelo individual utilizado, en notación matricial, se consigna a continuación:

$$y = Xb + Zg + Wp + \varepsilon$$

donde  $y$  es el vector de datos,  $b$  es el vector de los efectos de bloques (asumidos como fijos) y sumados a la media general,  $g$  es el vector de los efectos genotípicos de los orígenes (asumidos como aleatorios),  $p$  es el vector de los efectos de parcela y  $\varepsilon$ , el vector de los residuos (aleatorios).  $X$ ,  $Z$  y  $W$  representan las respectivas matrices de incidencia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3 se observa que en los tres sitios de ensayo, como en el análisis conjunto, las unidades taxonómicas mostraron diferencias altamente significativas para todas las variables analizadas ( $P < 0,0001$ ). Se destaca *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* como el taxón de mejor comportamiento en crecimiento volumétrico y rectitud del fuste coincidiendo con lo reportado por Pasztor y Coelho (1978), Darrow (1985) y Smith *et al.* (2007). En este sentido, en los S1 y S2 CCV fue estadísticamente superior ( $P < 0,05$ ) en volumen a CCC y CM. En cambio, en el S3 tuvo 2,7% menos volumen que CM aunque sin diferenciarse estadísticamente. En cuanto a la rectitud del fuste (RF) *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* fue superior a las otras dos entidades a través de los tres sitios.

Cabe destacar que *Corymbia maculata*, una de las entidades más conocidas en la región, fue mejorando su adaptabilidad a medida que la latitud fue más coincidente con la de su zona de distribución natural, así en el S1 fue la de menor crecimiento, en el S2 solo fue superada por CCV y en el S3 fue el taxón de mayor productividad en volumen (0,228 m<sup>3</sup>) aunque estadísticamente no se diferenció de CCV.

Examinando la variación de los orígenes dentro de taxones se puede ver que en el S1 las diferencias fueron altamente

significativas ( $P < 0,0001$ ) para todas las variables analizadas. En el S2 a excepción de la ALT y la RF para el DAP y el VOL no se detectaron diferencias y en el S3 las diferencias fueron más ajustadas para el DAP y VOL ( $P = 0,0415$  y  $0,0249$  respectivamente) y la RF no mostró diferencias entre orígenes dentro de taxones (tabla 3). No obstante, en los tres sitios y dentro de cada uno de los taxones evaluados fue posible identificar orígenes de excelente comportamiento, particularmente entre los orígenes de CCV con crecimientos similares a los producidos por *E. grandis* y *E. dunnii* en sitios semejantes (Marcó y López, 1995; Marcó y Mendonza, 1997; López, 2011).

El análisis conjunto para VOL y RF evidenció diferencias altamente significativas ( $P < 0,0001$ ) entre sitios, taxones y entre orígenes dentro de taxones (tablas 3 y 4). La interacción entre taxones por sitio resultó significativa para VOL con una  $rgB$  de 0,513 y para RF no fue significativa con una  $rgB$  de 0,972. El comportamiento interactivo del VOL puede ser explicado por el desempeño del taxón CM que en el S1 fue el de menor crecimiento y en el S3 el de mayor (tabla 3).

La interacción de los orígenes dentro de taxones a través de los sitios para VOL y RF resultó no significativa con una  $rgB$  de 0,769 y 0,993 respectivamente. Este resultado indica que los orígenes correspondientes a cada unidad taxonómica no alteraron su comportamiento relativo a través de los sitios, más fuertemente en la rectitud del fuste que en el VOL. En este sentido, considerando VOL y RF (tabla 3) en el taxón CCC se destacaron los orígenes 2- Cheviot Hills (QLD) y 8-Monto SF (QLD), en el taxón CCV, aunque sin diferenciarse estadísticamente, los orígenes 17- Richmond Range SF (NSW), 12- Mount Moffat NP (QLD), 13-Saddler Springs (QLD) y 15- Mt Hutton (QLD) y en el taxón CM los orígenes 22-Nelligen (NSW), 23- Bodalla SF (NSW) y 21- Kyola SF (NSW).

Los resultados obtenidos muestran que entre los taxones de *Corymbia* evaluados, *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* se destacó como la entidad más promisoría ya que posee los mejores crecimientos y una buena rectitud del fuste. Evaluaciones preliminares realizados en el S2 por López *et al.* (2009) señalan que a pesar de tratarse de material salvaje, los crecimientos promedios de algunos orígenes de CCV son comparables a los de *Eucalyptus grandis* comercial (SAFCOL 2.0). Así mismo, resultados obtenidos por López (2016) muestran que CCV tiene una densidad básica de la madera de 712 kg/m<sup>3</sup> en promedio. Estos altos valores de densidad ubican a este taxón en una posición destacada para acceder a los estratos más altos de la cadena de valor (por ejemplo: pisos, partes de muebles exigentes en material de alta resistencia mecánica). Sumado a lo mencionado por estos autores, cabe consignar que CCV no tiene buena tolerancia a las bajas temperaturas, tiene baja capacidad de enraizamiento y es susceptible a *Quambalaria pitereka* no obstante, la generación de híbridos con *Corymbia torelliana* sería una estrategia a iniciar a efectos de salvar dichas desventajas, tal como indican los resultados obtenidos por Lee *et al.* (2005).

Dado el buen comportamiento de CCV, la no disponibilidad de semilla local y la existencia de muy buenos



	S1				S2				S3				CONJUNTO	
	DAP	ALT	VOL	RF	DAP	ALT	VOL	RF	DAP	ALT	VOL	RF	VOL	RF
<b>Taxones</b>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001
<b>Orig. (Tax.)</b>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,6049	0,0045	0,4181	<0,0001	0,0415	0,0003	0,0249	0,0814	<0,0001	<0,0001
<b>Promedio de Taxones</b>														
<b>CCC</b>	15,0 b	17,0 b	0,165 b	1,8 c	16,2 b	18,8 b	0,211 b	2,5 c	14,7 b	16,8 c	0,153 b	2,1 c	0,179 b	2,1 c
<b>CCV</b>	16,8 a	19,2 a	0,234 a	2,6 a	18,0 a	20,4 a	0,281 a	3,0 a	16,7 a	18,8 a	0,222 a	3,0 a	0,247 a	2,8 a
<b>CM</b>	14,5 c	16,0 c	0,143 c	2,4 b	16,4 b	18,2 b	0,209 b	2,8 b	17,4 a	18,1 b	0,228 a	2,8 b	0,185 b	2,6 b
<b>Promedio de Orígenes</b>														
<b>1</b>	12,8	12,6	0,085	1,0	13,6	15,0	0,114	1,5	13,0	13,9	0,102	1,4	0,100 i	1,2 j
<b>2</b>	17,6	19,5	0,251	2,0	16,8	19,0	0,218	2,8	16,2	17,9	0,191	2,5	0,225 bcd	2,4 fgh
<b>3</b>	13,4	16,2	0,119	2,1	15,6	18,2	0,185	2,2	14,2	16,4	0,133	2,1	0,145 hi	2,1 hi
<b>4</b>	14,2	16,6	0,139	1,6	15,9	19,1	0,212	2	14,1	15,7	0,128	1,7	0,162 gh	1,8 i
<b>5</b>	14,9	18,2	0,167	2,0	16,1	19,2	0,214	2,9	14,4	17,9	0,151	2,8	0,179 fgh	2,5 def
<b>6</b>	16,5	17,5	0,207	2,2	17,1	19,7	0,248	2,5	--	--	--	--	0,223 bcde	2,4 fgh
<b>7</b>	14,2	16,6	0,140	1,9	17,4	19,5	0,254	2,6	15,7	17,9	0,181	2,1	0,186 efg	2,2 gh
<b>8</b>	16,1	18,8	0,201	2,2	16,5	20,0	0,236	3,1	15,9	18,2	0,185	2,4	0,210 cdef	2,5 def
<b>11</b>	16,1	19,4	0,210	2,2	17,9	21,3	0,285	2,9	16,6	19,1	0,220	3,0	0,236 abc	2,8 bcd
<b>12</b>	17,9	19,5	0,274	2,6	18,3	20,9	0,295	3,1	16,0	18,8	0,201	3,2	0,265 a	2,9 abc
<b>13</b>	17,6	20,0	0,268	2,7	18,4	20,7	0,292	3,1	15,1	18,3	0,174	3,3	0,252 ab	2,9 abc
<b>14</b>	16,5	20,0	0,235	2,6	17,6	19,9	0,260	3	15,7	18,1	0,186	2,8	0,234 abc	2,8 bcd
<b>15</b>	17,2	19,0	0,240	2,8	18,3	20,7	0,292	2,7	16,6	18,9	0,215	2,9	0,250 ab	2,8 bcd
<b>16</b>	16,1	19,2	0,216	2,3	18,0	20,5	0,280	2,6	17,5	19,8	0,240	2,9	0,243 abc	2,5 def
<b>17</b>	16,8	18,9	0,232	3,1	17,9	19,7	0,284	3,3	19,1	18,9	0,299	3,3	0,265 a	3,2 a
<b>18</b>	16,3	17,8	0,204	3,0	18,0	19,5	0,266	3,2	16,7	18,2	0,235	3,0	0,231 abc	3,0 ab
<b>19</b>	14,4	16,3	0,144	2,6	15,8	18,1	0,189	2,6	17,4	18,6	0,237	2,8	0,181 fgh	2,7 cdef
<b>21</b>	15,1	16,0	0,158	2,4	16,2	18,5	0,205	2,6	17,5	18,7	0,232	2,6	0,193 defg	2,5 ef
<b>22</b>	14,4	16,1	0,141	2,4	17,6	18,8	0,250	2,9	17,9	18,0	0,240	3,1	0,206 cdef	2,7 cde
<b>23</b>	14,9	15,7	0,145	2,4	15,9	17,9	0,193	2,7	18,1	19,3	0,256	3,0	0,190 defg	2,6 cdef
<b>24</b>	13,4	15,0	0,108	2,2	16,1	17,6	0,193	2,8	16,6	16,5	0,192	2,5	0,157 gh	2,5 efg
<b>25</b>	14,6	16,3	0,147	2,7	16,4	18,6	0,214	3,1	17,0	17,8	0,213	2,8	0,184 fg	2,8 bcd
$\bar{\chi}$	15,5	17,7	0,186	2,3	16,9	19,3	0,239	2,7	16,4	18,1	0,205	2,7	0,205	2,5

**Tabla 3.** Nivel de probabilidad obtenido en el análisis de la varianza en cada sitio y para el conjunto de los sitios, medias de taxones y orígenes.

Medias de taxones y orígenes ajustadas por LSMEANS

Taxones con igual letra no difieren a  $p < 0,05$ .

$\bar{\chi}$  : promedio general del ensayo.

Fuentes de Variación	Nivel de probabilidad		Componentes de varianza	
	VOL	RF	VOL	RF
Sitios	<0,0001	<0,0001	---	---
Taxones	<0,0001	<0,0001	0,07041	0,1194
Taxones x Sitios	<0,0001	0,1431	0,06685	0,00335
Orígenes (Taxones)	<0,0001	<0,0001	0,04012	0,07118
Orígenes (Taxones) x Sitio	0,144	0,6504	0,01205	0,00045
rgB Taxones			0,513	0,972
rgB Orígenes (Taxones)			0,769	0,993

**Tabla 4.** Resultados del análisis conjunto para VOL y RF, componentes de varianza y correlaciones genéticas tipo B.

ejemplares en los 3 sitios analizados donde en el tercer cuartil, considerando el promedio de los tres sitios, se constató la existencia de individuos entre 29% y 200% de mayor volumen que la media y entre 47% y 54% de ejemplares con rectitud del fuste superior al promedio (datos no presentados); como parte de una estrategia de corto plazo se seleccionaron fenotípicamente en dichos ensayos 30 ejemplares sobresalientes en VOL y RF utilizando las metodologías clásicas de selección masal (árboles comparación). De estos individuos se cosecharon semillas y ramas de copa a efectos de iniciar su movilización siguiendo el protocolo de propagación desarrollado por Vera Bravo y López (2011) y así establecer el primer Huerto Semillero Clonal de CCV en Argentina, el cual permitirá abastecer de material seleccionado al sector forestal de la región.

En la tabla 5 se puede observar que la ganancia genética predicha promedio (GgP) de los 12 selectos de *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* en el S1 sería de 16,8% y los 9 individuos seleccionados en el S2 y S3 tendrían una GgP de 14,2% y 20,2% respectivamente. Tal como se consigna en dicha tabla algunos selectos aportarían muy poca ganancia y otros, que al aportar ganancias negativas, desmejorarían la calidad del HSC. No obstante, se espera que los ensayos de progenie establecidos con dicho material brinden la información para confirmar su inferioridad genética.

## CONCLUSIONES

El análisis a nivel de sitios individuales evidenció que *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* se destacó como el taxón de mejor comportamiento en crecimiento y rectitud

del fuste. En dos de los sitios evaluados CCV superó en volumen y rectitud del fuste a las otras entidades y en el tercer sitio tuvo un crecimiento levemente inferior a CM, aunque sin diferencias estadísticas significativas.

La interacción entre taxones por sitio resultó significativa para el volumen con una  $rgB$  de 0,51 siendo explicado este comportamiento interactivo por el desempeño de *Corymbia maculata* que fue mejorando su adaptabilidad a medida que la latitud fue más coincidente con la de su zona de distribución natural.

El análisis conjunto a nivel de orígenes dentro de taxones reveló baja interacción a través de los sitios ya que la correlación genética fue alta tanto para el volumen como para la rectitud del fuste ( $rgB=0,77$  y  $0,99$  respectivamente).

Dada la existencia de muy buenos ejemplares dentro de los orígenes de los CCV, se seleccionaron 30 ejemplares sobresalientes en volumen a través de los tres sitios. Estos individuos luego de movilizados y propagados vía injerto, conformarán el primer Huerto Semillero Clonal de CCV en Argentina. Se prevé que la ganancia genética de dicho Huerto será aproximadamente del 17% en relación con el volumen promedio de todos los individuos evaluados de CCV.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ing. Ftal. Mariano A. Hernández y a los auxiliares Juan Sanchez, Cristian Almirón y José Ruiz Díaz por su valiosa colaboración en el trabajo de campo.

S1				S2				S3			
Origen	VOL	RF	GgP%	Origen	VOL	RF	GgP%	Origen	VOL	RF	GgP%
18	0,443	4	23,9	12	0,744	4	32,5	17	0,439	4	38,3
17	0,346	4	23,2	18	0,643	4	27,0	17	0,397	4	33,0
12	0,363	4	22,7	17	0,615	4	22,7	17	0,386	4	31,9
17	0,386	4	20,3	12	0,605	4	20,7	18	0,473	4	31,5
13	0,507	4	20,0	11	0,483	3	17,2	18	0,414	4	24,3
15	0,357	3	18,7	11	0,425	4	7,1	15	0,392	4	18,4
15	0,435	4	17,2	12	0,367	4	6,1	12	0,31	4	3,2
13	0,392	3	15,6	17	0,271	4	0,7	13	0,309	4	1,2
18	0,392	4	15,4	18	0,274	3	-3,1	12	0,25	4	-0,2
17	0,244	4	13,2								
18	0,312	4	6,2								
12	0,328	4	5,4								
<b>GgP</b>			16,8				14,5				20,2
$\bar{\chi}$	0,234	2,6		0,281	3			0,222	3		

**Tabla 5.** Ganancia genética predicha (GgP %) en VOL de los 30 individuos seleccionados de *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* en relación con la media general del taxón en cada sitio.

VOL y RF corresponden a los valores fenotípicos medidos en los ensayos; GgP %: ganancia genética predicha de los individuos seleccionados en cada sitio expresada en %; GgPp: ganancia genética promedio por sitio;  $\bar{\chi}$ : media fenotípica de CCV en cada sitio.

## BIBLIOGRAFÍA

- CORNELIUS, J. 1994. Heritabilities and additive genetic coefficients of variation in forest trees. *Can. J. For. Res.* 24:372-379.
- DARROW, K. 1985. Provenance trials of *Eucalyptus maculata* in South Africa: tenth year results. *South African Forestry Journal* 133: 12-18.
- FALCONER, D.S. 1983. Introducción a la genética cuantitativa. Capítulo 17. Cia. Editorial Continental. México D. F. pp. 347-356.
- GARDNER, R.A.W.; LITTLE, K.M.; ARBUTHNOT, A. 2007. Productivity of new eucalypts in Zululand. *Australian Forestry* 70: 37-47.
- HILL, K.D.; JONHSON, L.A.S. 1995. Systematic studies in the eucalyptus. 7. A revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). *Telopea* 6:185-504.
- HUNG, T.D.; BRAWNER, T.J.; LEE, D.J.; MEDER, R.; DIETERS, M.J. 2016. Genetic variation in growth and wood-quality traits of *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* across three sites in south-east Queensland, Australia. *Journal of Forest Science* Volume 78: 225-239.
- LEE, D.; NIKLES, G.; POMROY, P.; BRAWNER, J.; WALLACE, H.; STOKOE, R. 2005. *Corymbia* species and hybrids: a solution to Queensland hardwood plantations? *Corymbia* Research Meeting. Gympie, Queensland 1- 2 junio de 2005. 5-7.
- LEE, D.J.; HUTH, J.R.; OSBORNE, D.O.; HOGG, B.W. 2010. Selecting hardwood taxa for wood and fibre production in Queensland's Subtropics. *Australian Forestry*. Vol 73, N.º 2:106-114.
- LÓPEZ, J.A. 2016. Variación de propiedades físicas de la madera de *Corymbia* sp. En: Domesticación y Mejoramiento de Especies Forestales. Ministerio de Agroindustria. UCAR. pp. 70-71.
- LÓPEZ, A.J. 2011. *Eucalyptus grandis* en el Sudeste de Corrientes: propiedades físicas y químicas del suelo relacionadas con la producción volumétrica. En: xxv Jornadas Forestales de Entre Ríos. 20 y 21 de octubre de 2011. p. 7.
- LÓPEZ, J.A. (h.); HERNANDEZ, M.; GENES, P.Y. 2009. *Corymbia* spp. ¿Una alternativa para usos sólidos de alto valor? Análisis de 22 orígenes a los 9 años de edad. En: Reunión Conjunta Consorcio Forestal Corrientes Norte-Consorcio Forestal Río Uruguay. Establecimiento Buena Vista ii. Forestal Argentina S. A. p.8. (Disponible:<http://anterior.inta.gov.ar/bellavista/info/documentos/forestales/corymbia.pdf> verificado: 18 de octubre de 2016).
- MARCÓ, M.A.; MENDONZA, L.A. 1997. Especies de eucaliptos de valor potencial para el noreste de la provincia de Entre Ríos, Argentina. 1.º Congreso Forestal Hispano Luso y 2.º Congreso Forestal Español. 371-376.
- MARCÓ, M.A.; LÓPEZ, J.A. (h). 1995. Performance of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus dunnii* in the Mesopotamia region, Argentina. En: IUFRO Conference Eucalypt plantations: Improving Fibre Yield and Quality, Hobart, Australia: 19-24.
- PASZTOR, Y.P.; COELHO, L.C.C. 1978. A provenance trial with *Eucalyptus maculata* Hook.: preliminary results. En: BROWN, A.G.; PALMBERG, C.M. (comp.). Proceedings of the Third World Consultation on Forest Tree Breeding, 21-26 de marzo de 1977. CSIRO, Canberra, 1: 381-391.
- RESENDE, M.D.V. 2006. O software Selegen-Reml/Blup. Documentos Embrapa. Campo Grande. p. 300.
- SANTOS, P.E.T.; PALUDZYSZYN FILHO, E.; SILVA, L.T.; VANDRESEN, P.B. 2015. Genetic variation for growth and selection in adult plants of *Eucalyptus badjensis*. *Genetics and Molecular Biology*, 38, 4: 457-464.
- SAS. 2011. SAS/STAT 9.3 User's guide. SAS Institute Inc., Cary NC: p. 7881.
- SCOLFORO, J.R.S.; FIGUEIREDO FILHO, J. 1998. Biometria florestal: medição e volumetria de árvores. Lavras: UFLA/FAEPE. CDD-634.9285. p. 310.
- SELEGEN-REML/BLUP. 2014. Sistema Estatístico e Selecao Genética Computadorizada. Embrapa-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. INPI N.º 00052763. (Disponible: [http://www.det.ufv.br/ppestbio/corpo\\_docente.php](http://www.det.ufv.br/ppestbio/corpo_docente.php) verificado: 25 de agosto de 2016).
- SMITH, H.J.; HENSON, M.; BOYTON, S. 2007. Forests NSW' Spotted gum (*Corymbia* spp.) Tree improvement and deployment strategy. Australasian Forest Genetics Conference: Breeding for Wood Quality. Incorporating meetings of the Australasian Forestry Research Working Group 1 (Genetics) and the IUFRO Southern Pine Working Group (2.02.20). 11-14 de abril de 2007, The Old Woolstore, Hobart, Tasmania, Australia.
- VERA BAVO, C.D.; LÓPEZ, J.A. (h). 2011. Avances en la propagación vegetativa de *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* (F. MUELL). v Reunión GEMFO. 15 al 17 de noviembre de 2011. Buenos Aires, Argentina.
- WHITE, T.L. 1996. Genetic parameter estimates and breeding value predictions: Issues and implications in the tree improvement programs. Proc. IUFRO Tree Improvement for Sustainable Tropical Forestry. Queensland, Australia: 110-117.



# El forraje verde hidropónico como una alternativa productiva en Patagonia Sur: Productividad y calidad nutricional de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare*)

BIRGI, J.A.<sup>1,2</sup>; GARGAGLIONE, V.<sup>1,2</sup>; UTRILLA, V.<sup>1,2</sup>

## RESUMEN

La principal actividad agropecuaria de la provincia de Santa Cruz, en el sur de Argentina, es la cría extensiva de ganado ovino. Las inclemencias climáticas de la zona hacen que el alimento escasee en épocas invernales, o que sea necesario suplementar al ganado en épocas críticas de manejo como por ejemplo, el servicio y la parición, con fardos provenientes del norte del país. En este contexto, la producción de forraje verde hidropónico (FVH) puede ser una alternativa para obtener alimento de buena calidad en la zona. El FVH es un tipo de forraje que se produce en invernadero, en un medio acuoso, sin necesidad de suelo. El objetivo del presente estudio fue evaluar la productividad y la calidad de un FVH de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare*): Mariana INTA y Josefina INTA, que crecieron en dos niveles diferentes de luz. No se encontraron diferencias significativas en productividad entre las variedades, obteniéndose entre 18 y 21 kg/m<sup>2</sup> de FVH en fresco. Asimismo, tampoco se encontraron diferencias significativas en cantidad de biomasa producida según el nivel de luz recibido, obteniendo similares rendimientos las bandejas ubicadas en una mejor posición lumínica que las ubicadas en el piso inferior. Se encontraron diferencias significativas en la calidad entre variedades, destacándose Josefina, (70, 47, 21 y 2,8% de digestibilidad, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y lignina detergente ácido, respectivamente). A su vez, ambas variedades presentaron buenos valores de proteína bruta, entre 18 y 19%. Los resultados de este estudio indican que la producción de FVH con cebada sería factible de realizar en Patagonia Austral, dado los valores promisorios de rendimiento y calidad nutricional del alimento obtenido. Asimismo, el FVH se produce satisfactoriamente en niveles inferiores de luz, con lo cual este tipo de producción puede ser secundaria o acompañante de otro cultivo hidropónico hortícola. En conclusión, el FVH con cebada puede ser una alternativa interesante para abastecer de alimento al ganado de la zona y para diversificar la producción de los invernaderos productivos existentes actualmente.

**Palabras clave:** invernadero, cultivo intensivo, producción ovina.

## ABSTRACT

*The main agricultural activity of Santa Cruz province, in southern Argentina, is extensive livestock production. The severe weather of the area means that food is scarce in winter or in other critical periods of livestock management, such as mating and calving. To solve this, ranchers usually have to buy hays of grass that come from the north of the country. In this context, the production of green forage hydroponics (GFH) can be*

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Santa Cruz, Mahatma Gandhi 1322, Río Gallegos, Santa Cruz. Correo electrónico: birgi.jorge@inta.gob.ar

<sup>2</sup>Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Instituto Ciencias del Ambiente, Sustentabilidad y Recursos Naturales (ICASUR), Río Gallegos.

Recibido 14 de junio de 2017 // Aceptado 04 de julio de 2018 // Publicado online 28 de noviembre de 2018

*an alternative to obtain a high quality fodder in the area. GFH is a technology that allows the production of fodder in a greenhouse, in aqueous medium, without the need for soil. The main objective of this study was to evaluate the productivity and quality of a GFH of two varieties of barley (*Hordeum vulgare*): Mariana INTA and Josefina INTA growing under different light intensities. No significant differences were found in production between varieties of barley, yielding both ca. 18 and 21 kg/m<sup>2</sup> of GFH. Likewise, no significant differences were found according to the amount of light received, where plants growing in the inferior level of light had the same performance that plants growing in the upper level. In contrast, significant differences were found in quality of the GFH between varieties, being Josefina which had the best values with 70, 47, 21 y 2.8% of digestibility, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and lignin, respectively. With respect to crude protein, both varieties had good values, around 18-19%. Results from this study indicate that barley GFH production is feasible in this high latitude zone of Patagonia, having high yields and a good forage quality. In addition, the GFH can be obtained in low light intensities, so it can be produced below another hydroponic culture, diversifying the greenhouse incomes. In conclusion, barley GFH production can be a good alternative to provide food to livestock in the area and to diversify current greenhouse production.*

**Keywords:** greenhouse, intensive culture, livestock production.

## INTRODUCCIÓN

La principal actividad agropecuaria de la provincia de Santa Cruz es la cría de ganado ovino para la producción de lana y carne (Goluscio *et al.*, 1998; Oliva *et al.*, 2012). Esta producción se realiza de manera extensiva a partir del pastoreo del ganado en grandes superficies de campo y expuesta a las inclemencias climáticas de la región, que resultan en que la disponibilidad de forraje escasee en la época invernal o que sea insuficiente en determinados momentos fisiológicos críticos del animal, tales como el servicio, gestación y parición. En este contexto, la herramienta de manejo comúnmente utilizada en los establecimientos agropecuarios de la zona para asegurar la estabilidad productiva es la suplementación estratégica. Uno de los principales problemas para realizar una suplementación estratégica es el costo del alimento, ya que este proviene de zonas agrícolas alejadas, como por ejemplo el forraje de alta calidad que proviene de la provincia de Chubut. En virtud de ello, la posibilidad de generar alimento en la misma zona donde se encuentra su demanda favorecería económica y productivamente a los productores que actualmente realizan suplementación estratégica e inclusive podría estimular a aquellos que aún no lo realizan.

El forraje verde hidropónico (FVH) es un tipo de forraje que se produce sin necesidad de suelo, ya que se cultiva principalmente en un medio acuoso, en invernadero y en condiciones controladas de temperatura y humedad. Este forraje tiene características favorables para la producción pecuaria, entre las cuales se destaca una alta calidad nutricional y buena palatabilidad (Dosal, 1987), lo que lo hace apto para la alimentación de distintos tipos de animales. Esta flexibilidad en cuanto al destino de la producción sumada a su calidad nutricional, la optimización en el uso del agua (1 kilo de FVH requiere de 2 a 3 litros de agua) (Al-Karaki y Al-Hashimi, 2012), su inocuidad y la eficiencia en el uso del tiempo y el espacio hacen del forraje verde hidropónico una alternativa muy interesante en regiones

áridas y semiáridas en donde se intenta producir ganado de manera sustentable (López-Aguilar *et al.*, 2009).

La técnica de producción del FVH puede llevarse a cabo en diferentes tipos de instalaciones con costos que varían según el grado de tecnificación de la infraestructura y la escala de producción. En general, el proceso de producción implica la obtención del forraje en bandejas de policarbonato, en las cuales se colocan las semillas para germinar mediante la aplicación, vía aspersión, de una solución nutritiva, sin la utilización de sustrato. El forraje se cosecha en forma de un "pan de forraje" que se entrega a los animales para consumo directo, o bien puede almacenarse compactado en bolsas. De esta manera los animales consumen tanto las hojas como las raíces y restos de semillas del FVH y obtienen de esta fuente buenos contenidos de proteínas, energía, vitaminas y minerales. Numerosas especies pueden ser utilizadas para la obtención de forraje verde hidropónico, entre ellas cebada (Reddy *et al.*, 1988), avena, trigo (Snow *et al.*, 2008), sorgo, alfalfa (Al-Karaki y Al-Hashimi 2012) y maíz (Naik *et al.*, 2015). En general se recomienda utilizar aquella especie que se consiga fácilmente en la zona e implique los menores costos. En este sentido, Al Karaki y Al Hashimi (2012) observaron que la cebada tenía muy buenos rendimientos y hacía un uso del agua más eficiente, por lo que se presentaría como una buena alternativa entre las numerosas especies para elegir. Asimismo, esta especie es factible de conseguir en la zona y existen distintas variedades disponibles en el mercado.

La zona sur de la provincia de Santa Cruz presentaría características favorables para la producción de FVH por dos motivos fundamentales. Por un lado, concentra más del 50% del stock ovino provincial con establecimientos ganaderos que presentan elevados índices productivos que suelen utilizar suplementos alimenticios. Por otro lado, en la ciudad de Río Gallegos existe un cordón de chacras con instalaciones adecuadas para realizar FVH. Sin embargo, en la actualidad no existen experiencias que hayan eva-

luado el rendimiento o calidad nutricional de este tipo de cultivos en esta zona austral, caracterizada por las inclemencias climáticas y períodos prolongados de luz diaria en verano y reducidos en invierno. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la productividad y calidad de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) producidas con tecnología hidropónica y bajo dos niveles de luz, a fin de generar información básica para implementar el FVH como una alternativa de producción para suplementación alimenticia en estos sitios australes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio e instalaciones del experimento

El estudio se realizó en un invernadero de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral (51° 38' 53" S y 69° 12' 35" O), en la localidad de Río Gallegos, Santa Cruz. El clima de la zona se define como templado frío semiárido de meseta con una temperatura media anual de 7,6 °C y 239 mm de precipitación media anual. Esta zona se caracteriza por presentar fuertes vientos del sector S-SO que pueden alcanzar ráfagas de hasta 120 km/h, sobre todo en la época estival. El invernadero presenta una superficie de 100 m<sup>2</sup>, está recubierto con policarbonato alveolar de 6 mm y se encuentra equipado con tecnología hidropónica: bombas de agua, 3 mesadas de producción, 3 tanques de 600 litros, un sistema de conducción de agua independiente fabricado en Hidro 3<sup>®</sup> y un programador para arranque automático.

### Método de producción

La producción de forraje se realizó mediante la siembra y germinación de la especie *Hordeum vulgare* (cebada), comparando dos variedades diferentes de esta: *var. Mariana* INTA (cebada forrajera) y *var. Josefina* INTA (cebada cervecera). Previo al ensayo, las semillas fueron embebidas en agua destilada por 48 h y luego se colocaron 580 gramos de semilla húmeda en bandejas negras de policar-

bonato de 28 cm de ancho por 54,5 cm de largo y 5 cm de profundidad. Esto equivale a una densidad de siembra de 1,2 kg semillas secas/m<sup>2</sup>. La cosecha se realizó al cabo de 15 días de crecimiento desde la siembra, cuando el forraje alcanzó una altura de 25 cm, como la recomendada por Elizondo (2005).

### Riego y nutrición del forraje

El forraje fue regado de manera automática en cuatro turnos de riego diarios (cada 6 horas) de un minuto cada uno y utilizando microaspersores de neblina húmeda de posicionamiento invertido marca NaandanJain<sup>®</sup> modelo Hadar 7110 + Súper LPD<sup>®</sup> de presión media (siete por batea y por nivel) con un caudal aproximado de 4 m<sup>3</sup>/h. La nutrición se realizó mediante una solución multipropósito (FIL Hidroponia) fraccionada por el fabricante en solución A (macronutrientes) y solución B (micronutrientes), utilizándose las siguientes proporciones de cada una: 4 g de solución A en 10 litros de agua y 1 g de solución B en 10 litros de agua (solución ¼ full). Esta relación luego fue llevada a un volumen total de 600 litros (tabla 1), lo que le daba al sistema una autonomía de cinco días, al cabo de los cuales se volvían a preparar las soluciones. En cada preparación se monitoreaban parámetros de pH y conductividad eléctrica de la solución con un peachímetro/conductímetro marca Martini Instruments<sup>®</sup> modelo Mi 806. Los parámetros de la solución nutritiva se mantuvieron relativamente constantes con un pH de 6,95, una conductividad eléctrica de 1,19 mS/cm y una temperatura del agua de 8,4 °C.

### Disposición del forraje en niveles y mediciones de luz

Las bandejas de forraje se dispusieron en mesadas de 8 m x 0,70 m con dos niveles de altura diferentes: un nivel medio y nivel inferior, a 0,45 m por debajo del primero, siendo el nivel superior utilizado por otro tipo de cultivo hidropónico (en este caso, lechuga) (figura 1). La luz fotosintéticamente activa (densidad del flujo de fotones) recibida

Macronutrientes (Solución A)		
Concentración (%)	Compuesto	Composición
43,9	Nitrato de calcio	15,5 % N; 10% Ca; 34,2% CaO
21,2	Nitrato de potasio	13,8% N; 37% K; 46,6% CaO
19,1	Sulfato de magnesio	8,3% N; 16,4% MgO
0,5	Sulfato de amonio	21% N; 24% S
14,3	Fosfato monopotásico	35,8% K2; 51,1% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Micronutrientes (Solución B)		
1,0	Fe, Mn, B, Cu, Zn, Mo y Co	

**Tabla 1.** Detalle de la composición y proporciones de la solución nutritiva multipropósito utilizada en el presente estudio.





**Figura 1.** A) Esquema de la disposición de las bandejas para la producción de forraje verde hidropónico (FVH) en un invernadero de Río Gallegos, Santa Cruz. En el nivel superior de la mesada se encuentra emplazado un cultivo de lechuga, como cultivo principal, mientras que el FVH se evaluó en los niveles medio e inferior. B) Foto de una de las mesadas donde se observan las bandejas de forraje en el nivel medio e inferior de esta.

en los niveles superior, medio e inferior fue medida con un medidor marca Apogee Model MQ-301, durante 4 días (dos soleados y dos nublados) siempre a las 12:30 h del mediodía para conseguir el máximo ángulo solar.

#### Diseño experimental y muestreo

Las variables productivas y los parámetros nutricionales se analizaron según un arreglo factorial  $2 \times 2$ , por ej. variedad (factor fijo; Mariana INTA y Josefina INTA) y nivel de luz

(factor fijo; medio e inferior). El arreglo factorial se incluyó en un diseño en bloques completos aleatorizados (en donde cada mesada de producción constituía un bloque,  $n=3$ ) puesto que entre las mesadas existía una diferencia de exposición a la luz solar debido a la ubicación de estas. Cada bloque contenía 48 bandejas (12 bandejas x 2 variedades x 2 niveles). Se seleccionaron al azar 5 bandejas por cada variedad (10 por cada nivel y 20 en total en cada bloque) para realizar los cortes de forraje. Con el promedio de estas cinco bandejas se generó una muestra compuesta que constituía la repetición. La cosecha consistió en realizar 60 cortes de forraje (5 submuestras x 3 repeticiones x 2 variedades x 2 niveles) con un marco de 20 x 20 cm y se realizó al final de período de crecimiento (15 días postsiembra). Las muestras se pesaron en fresco y luego se secaron en estufa a 65 °C hasta peso constante para determinar materia seca total, peso de la porción aérea (hojas) y peso de la porción basal (raíces y semillas sin germinar). Luego, las muestras reconstituidas (aéreo + basal) fueron molidas y enviadas al laboratorio de Nutrición animal de INTA Manfredi para realizar los siguientes análisis químicos: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIGMS) a través de Tilley y Terry (1963), Proteína bruta (PB) por Kjeldahl, Fibra detergente neutro (FDN), Fibra detergente ácido (FDA), Lignina detergente ácido (LDA) mediante Goering y Van Soest (1970), en el analizador Ankom 220 Fiber Analyzer, y cenizas a 550 °C. Los procedimientos utilizados para estas técnicas siguieron las recomendaciones del programa de mejoramiento de la evaluación de forraje y alimentos (Jaurana y Wawrzekiewicz, 2009).

Se realizaron análisis de la varianza y, en el caso de encontrar diferencias significativas, se compararon las medias mediante el test de Tukey ( $p<0,05$ ), utilizando el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2018). Al haberse trabajado en un solo invernadero las conclusiones deben

restringirse a las condiciones de temperatura, humedad y radiación experimentadas en invernaderos de similares características (Hurlbert, 1984).

## RESULTADOS

### Luz incidente recibida en los distintos niveles

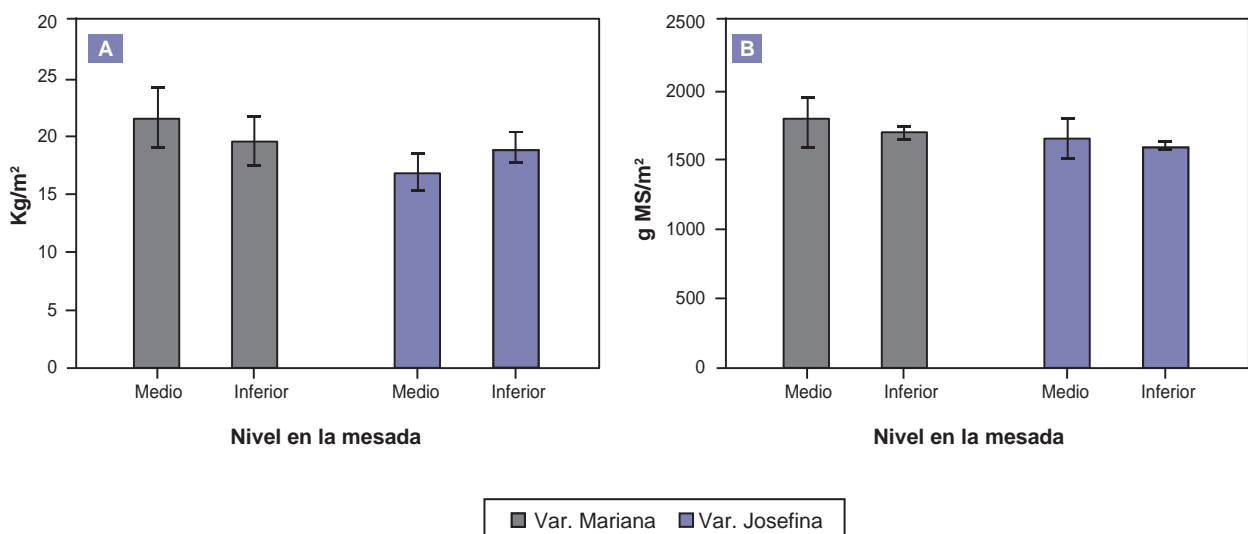
Se encontraron diferencias significativas ( $p<0,0001$ ) en la densidad de flujo de fotones (luz fotosintéticamente activa) recibida en los diferentes niveles de producción (tabla 2). Mientras que el nivel superior recibió una media de 387  $\mu\text{moles m}^2 \text{s}^{-1}$ , el nivel medio solo recibió un 17% con respecto al nivel superior (67  $\mu\text{moles m}^2 \text{s}^{-1}$ ) y el inferior recibió un 5% de la luz incidente en el nivel superior (21  $\mu\text{moles m}^2 \text{s}^{-1}$ ).

Nivel en la batea			
Densidad de flujo de fotones	Superior	Medio	Inferior
( $\mu\text{moles m}^2 \text{s}^{-1}$ )	387,16 a	67,05 b	20,92 c

**Tabla 2.** Luz fotosintéticamente activa incidente en los distintos niveles de producción. El nivel superior corresponde a un cultivo de lechuga y los niveles medio e inferior a la producción de forraje verde hidropónico en un invernadero en la localidad de Río Gallegos, Santa Cruz. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p<0,0001$ ).

### Producción de forraje

No se encontraron diferencias significativas en la producción total de FVH entre las variedades Mariana y Josefina, rondando ambas los 20  $\text{kg/m}^2$  (figura 2 A). Tampoco se detectaron diferencias significativas entre los niveles



**Figura 2.** Producción total de A) forraje verde hidropónico y B) biomasa total producida de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) cosechadas a los 15 días en dos niveles diferentes de luz (medio e inferior) en la batea de producción en un invernadero en la localidad de Río Gallegos, Santa Cruz. Las barras verticales indican el desvío estándar de las medias.

de luz evaluados (figura 2 A). En cantidad de materia seca producida, no hubo diferencias significativas ( $p=0,08$ ) entre variedades con valores entre 1700-1600 g MS/m<sup>2</sup> (figura 2 B), como así tampoco se observaron diferencias significativas entre los niveles de luz (figura 2 B).

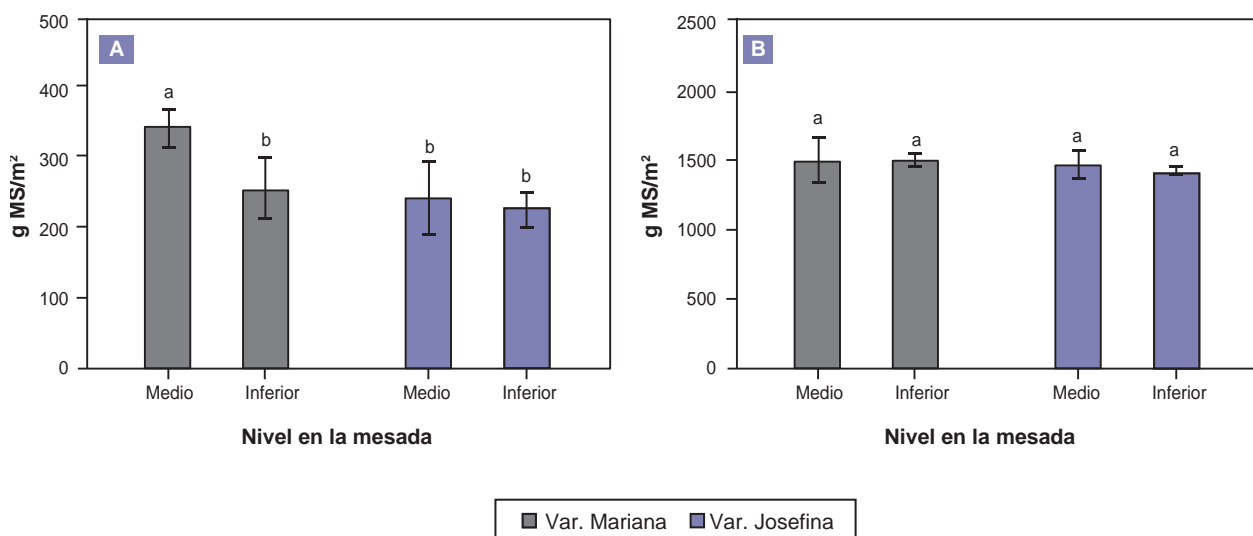
Al analizar por separado la producción de materia seca de la fracción aérea (hojas) y basal (raíces y semillas sin germinar) se encontraron diferencias significativas ( $p<0,05$ ) en el componente aéreo entre las dos variedades y niveles de luz. En virtud de ello, en el nivel medio (arriba) la variedad Mariana produjo significativamente mayor biomasa aérea (342 g MS/m<sup>2</sup>) que la variedad Josefina (241 g MS/m<sup>2</sup>) (figura 3 A). Asimismo, la variedad Mariana presentó diferencias significativas ( $p<0,05$ ) en la producción de materia seca aérea entre los distintos niveles de luz, obteniendo 342 y 253 g MS/m<sup>2</sup> para los niveles medio (arriba) e inferior (abajo), respectivamente (figura 3 A). Por el contrario, la variedad Josefina no presentó diferencias significativas ( $p>0,05$ ) en producción según el nivel de luz recibido (figura 3 A). Con respecto al componente basal, no hubo diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre variedades ni niveles de luz, obteniéndose un promedio general de 1400 g MS/m<sup>2</sup> (figura 3 B).

### Calidad del forraje producido

No se encontraron diferencias significativas en ninguno de los parámetros de calidad evaluados según el nivel de luz recibido asociado a la ubicación de las bandejas en las mesadas. Por este motivo todos los valores fueron promediados. Por el contrario, se encontraron diferencias significativas en la mayoría de los parámetros de calidad según la variedad de cebada evaluada (tabla 3). Mientras que la variedad Josefina INTA presentó mayores valores de DIGMS (69,9%), la variedad Mariana INTA presentó valores significativamente mayores en FDN (54,8%), FDA (26,7%), LDA (3,2%) y PB (18,7%) (tabla 3).

### DISCUSIÓN

Los valores de productividad del FVH de cebada cosechada encontrados en este estudio para las variedades Mariana y Josefina son similares a los obtenidos por Al Karaki y Al Hashimi (2012) para cebada a los 8 días de siembra, quienes reportaron un valor de 20 kg/m<sup>2</sup>. Asimismo, Romero Valdez *et al.* (2009) informaron valores de 15 kg FVH/m<sup>2</sup> para la misma especie, pero usando una densidad



**Figura 3.** Producción aérea (A) y de raíces (B) de materia seca (g m<sup>-2</sup>) de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) obtenido durante el período de producción (15 días) en un invernadero en la localidad de Río Gallegos, Santa Cruz, en dos niveles diferentes de luz: nivel medio y nivel inferior. Las barras verticales indican el desvío estándar de las medias.

	FDN (%)	FDA (%)	LDA (%)	PB (%)	DIGMS (%)	Cenizas (%)
<b>Mariana</b>	54,8 (2,4) a	26,7 (1,5) a	3,2 (0,2) a	18,7 (0,7) a	67,1 (1,3) a	7,0 (0,9) a
<b>Josefina</b>	46,7 (4,3) b	21,5 (2,3) b	2,8 (0,2) b	17,6 (0,6) b	69,9 (1,8) b	7,0 (0,8) a

**Tabla 3.** Parámetros de calidad nutricional de forraje hidropónico de dos variedades de *Hordeum vulgare* (Mariana y Josefina). FDN: fibra detergente neutra, FDA: fibra detergente ácida, LDA: lignina detergente ácida, PB: proteína bruta, DIGMS: digestibilidad de la materia seca, y cenizas. Entre paréntesis se observa el desvío estándar de la media. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre variedades.



de siembra de 2,5 kg semilla/m<sup>2</sup> y una cosecha al décimo día postsiembra. Por su parte, Cerrillo Soto *et al.* (2012) en Durango, México, obtuvieron una productividad de entre 7 y 8 kg de FVH/m<sup>2</sup> para avena y trigo cosechados a los 12 días, y López-Aguilar *et al.* (2009), en un cultivo de maíz, obtuvieron un rendimiento de 12,95 kg FVH/m<sup>2</sup> cosechado a los 14 días. En este contexto, los resultados obtenidos en el presente estudio son bastante prometedores, en virtud de la factibilidad de la producción en estas altas latitudes, por un lado, y la obtención de rendimientos iguales o superiores a aquellos obtenidos en otros estudios. Otro aspecto importante para considerar sería que, si bien hubo diferencias en la cantidad del material aéreo entre las variedades evaluadas, al analizar la biomasa total producida no se encontraron diferencias significativas entre los niveles de luz evaluados asociados con la ubicación de las bandejas en las mesadas, lo cual indicaría que en esta especie no se pierde productividad al sembrarla en distintos niveles de luz. Este resultado es muy importante ya que permitiría utilizar al forraje verde hidropónico como un sistema de producción secundario acompañante de otro cultivo principal, como puede ser lechuga, acelga o albahaca en hidroponía que han obtenido buenos rendimientos en la zona (Birgi, 2015). De esta manera, aquellos pequeños o medianos productores que cuentan con un invernadero adaptable a la producción de forraje podrían diversificar su producción, teniendo diferentes ingresos en distintas épocas del año.

Otro aspecto evaluado en el presente estudio fue la proporción de biomasa aérea-radical que presentaba el forraje. Se pudo observar que la variedad Mariana generó mayor proporción aérea que Josefina, sobre todo bajo el mejor nivel de luz, lo cual indicaría que esta variedad podría ser más sensible a los cambios en la intensidad lumínica. Asimismo, se observó que la parte basal, compuesta por raíces y semillas sin germinar, representa una proporción importante de la producción en materia seca por metro cuadrado en las dos variedades de cebada evaluadas. Este factor es importante a tener en cuenta, aunque en general estudios previos detallan que el forraje hidropónico es palatable y consumido por los animales en su totalidad sin problemas, lo que resulta en una mínima pérdida de nutrientes (Pandey y Pathak, 1991).

Con relación a la calidad nutricional del FVH obtenido, los valores de digestibilidad encontrados en el presente estudio fueron superiores a los informados para cebada (60-65%) en una revisión de trabajos de hidroponía realizada por Naik *et al.* (2015). Asimismo, en el presente experimento se observó que la variedad Josefina INTA presentó mayor digestibilidad que la variedad Mariana INTA, además la primera presentó significativamente menores valores de FDN, FDA y lignina, lo cual indica que se trata de una variedad de calidad superior. La FDN corresponde a la fracción del forraje que contiene celulosa, hemicelulosa, sílice, bajo contenido de proteína y lignina (Van Soest, 1991) y se considera que los forrajes con un contenido de FDN menor al 40% son de buena calidad, mientras que aquellos con FDN mayor al 60% pueden interferir con la digestión y el consumo (Van Soest, 1982). En virtud de lo descrito,

la variedad Josefina INTA se acerca más al valor óptimo considerado como forraje de buena calidad. Con respecto a la FDA, esta fracción se relaciona con la porción del forraje indigerible, y se conoce que valores cercanos al 30% favorecerían al consumo de materia seca (Mertens, 1994). Según este parámetro, ambas variedades de cebada evaluadas serían óptimas para consumo, aunque la variedad Josefina INTA presentó una mejor calidad. Los valores de FDN y FDA encontrados en el presente estudio para la variedad Josefina son concordantes con aquellos presentados por Herrera-Torres *et al.* (2010) para trigo hidropónico cosechado a los 12 días y superiores a los valores informados por Gebremedhin *et al.* (2015), quienes obtuvieron una FDA de alrededor del 16% y una FDN del 35% en cebada cosechada a los 7 y 8 días postsiembra. Estas diferencias podrían deberse a las distintas fechas de cosecha entre ambos estudios ya que, por ejemplo, Herrera-Torres *et al.* (2010) informaron que el porcentaje de FDN y FDA en FVH de trigo aumentó con el tiempo en forraje cosechado a los 8, 10 y 12 días postsiembra.

Con respecto al contenido de proteína bruta, los valores encontrados en este estudio fueron superiores a los informados por Gebremedhin *et al.* (2015) y Fazaeli *et al.* (2011), quienes obtuvieron valores próximos al 14% para FVH de cebada cosechada a los 8 y 6 días postsiembra. Estas diferencias se vinculan a distintas fechas de cosecha, ya que el contenido de PB tiende a aumentar con el tiempo (Herrera-Torres *et al.*, 2010; Cerrillo Soto *et al.*, 2012). Por su parte, Cerrillo Soto *et al.* (2012) informaron valores de 19 y 16,5% para avena y trigo, respectivamente, cosechado a los 12 días postsiembra. Cabe mencionar que, en general, se considera que un forraje o alimento no debe presentar un contenido de proteína bruta inferior al 7%, para no comprometer la microbiota ruminal (Van Soest, 1982).

## CONCLUSIONES

Los resultados indican que la producción de FVH de cebada es factible de realizarse en la Patagonia Austral, con valores de rendimientos similares o incluso superiores a aquellos obtenidos en otras regiones. Ambas variedades de cebada obtuvieron altos rendimientos, aunque la variedad Josefina INTA se destaca por presentar mayor calidad. Este tipo de producción puede ser una alternativa interesante para obtener alimento de calidad que abastezca parcialmente al productor de ganado ovino o vacuno de la zona, que actualmente tiene que importar fardos desde el norte del país para suplementar en temporadas críticas. Asimismo, es importante mencionar que el FVH se obtuvo satisfactoriamente bajo niveles inferiores de luz, con lo cual este tipo de producción puede ser secundaria o acompañante de otro cultivo hidropónico hortícola, diversificando los ingresos del invernadero.

## AGRADECIMIENTOS

El presente estudio se realizó con fondos provenientes del Ministerio de Educación, (SPU, línea Amílcar Oscar He-

rrera) y fondos del INTA Santa Cruz. Asimismo, los autores agradecen a la agencia de Extensión Rural INTA Río Gallegos por colaborar en pensar el ensayo, a Antonio Clave, Ing. Santiago Toledo y a los alumnos de la UNPA Sabrina Lewis, Gustavo Vega, Claudio Ansoain, Romina García, Karina Oyarzo, Florencia Padrón, Mariel Quinteros, Romina Ramos y Natalia Verón por colaborar en la instalación del estudio y la toma de datos.

## BIBLIOGRAFÍA

- AI-KARAKI, G.N.; AI-HASHIMI, M. 2012. Green fodder production and water use efficiency of some forage crops under hydroponic condition. Internl. Schol. Res. Network. DOI: 10.5402/2012/924672
- BIRGI, J. 2015. Producción hidropónica de hortalizas de hoja. Informe Técnico del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, área geográfica de Santa Cruz, Argentina. (Disponible: <http://inta.gob.ar/documentos/produccion-hidroponica-de-hortalizas-de-hoja-0> verificado: 07 de marzo de 2017).
- CERRILLO SOTO, M.A.C.; JUÁREZ-REYES, A.S.; RIVERA-AHUMADA, J.A.; GUERRERO-CERVANTES, M.; RAMÍREZ-LOZANO, R.G.; BARRAGÁN, H.B. 2012. Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. *Interciencia*, 37 (12), 906-913.
- DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C.W. 2018. Infostat versión 2018. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. (Disponible: [www.infostat.com.ar](http://www.infostat.com.ar) verificado:10 de febrero de 2018 ).
- DOSAL, J.J.M. 1987. Efecto de la Dosis de Siembra, Época de Cosecha y Fertilización sobre la Calidad y Cantidad de Forraje de Avena Producido Bajo Condiciones de Hidroponía. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.
- ELIZONDO, J. 2005. Forraje verde hidropónico: una alternativa para la alimentación animal. *Revista ECAG* 32, 36-39.
- FAZAELI, H.; GOLMOHAMMADI, H.A.; SHOAYEE, A.A.; MONTAJEBI, N.; MOSHARRAFT, S.H. 2011. Performance of feedlot calves fed hydroponics fodder Barley. *Journal of Agricultural Science and Technology* 13, 367-375.
- GBREMEDHIN, W.K.; DEASI, B.G.; MAYEKAR, A.J. 2015. Nutritional Evaluation of Hydroponically Grown Barley Fodder. *Journal of Agricultural Engineering and Food Technology* 2, (2) 86-89.
- GOERING, H.; VAN SOEST, P. 1970. Forage fiber analyses. *Agriculture Handbook N 379*. Chemical-fiber determinations. Agricultural research service. United states department of agriculture.
- GOLLUSCIO, R.; DEREGIBUS, V.; PARUELO, J. 1998. Sustainability and range management in the Patagonia steppes. *Ecología Austral* 8, 265-284.
- HERRERA TORRES, E.; CERRILLO SOTO, M.A.; JUÁREZ REYES, A.S.; MURILLO ORTIZ, M.; RÍOS RINCÓN, G.; REYES ESTRADA, O.; BERNAL BARRAGÁN, H. 2010. Efecto del Tiempo de cosecha sobre el valor proteico y energético del forraje verde hidropónico de trigo. *Interciencia*, 35(4), 284-289.
- HURLBERT, S.H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54:187-211.
- JAURENA, G.; WAWRZKIEWICZ, M. 2009. PROMEFA (Programa para el mejoramiento de la evaluación de forrajes y alimentos). Guía de procedimientos analíticos. Centro de Investigación y Servicios en Nutrición Animal (CISNA). Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. pp. 9-23.
- LÓPEZ-AGUILAR, R.; MURILLO-AMADOR, B.; RODRÍGUEZ-QUEZADA, G. 2009. El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *Interciencia*, 34 (2), 121-126.
- MERTENS, D.R. 1994. Regulación de la ingesta de forraje. Calidad, evaluación y utilización de forraje (foragequalityev) 450-493.
- NAIK, P.K. 2012. Hydroponics technology for fodder production. *ICAR News*. 18: 4.
- NAIK, P.K.; SWAIN, B.K.; SINGH, N.P. 2015. Production and utilization of hydroponics fodder. *Indian Journal of Animal Nutrition* 32 (1), 1-9.
- OLIVA, G.; FERRANTE, D.; PUIG, S.; WILLIAMS, M. 2012. Sustainable sheep management using continuous grazing and variable stocking rates in Patagonia: a case study. *The Rangeland Journal* 34, 285-295.
- PANDEY, H.N.; PATHAK, N.N. 1991. Nutritional evaluation of artificially grown barley fodder in lactating crossbred cows. *Indian Journal of Animal Nutrition* 8 (1), 77-78.
- REDDY, G.V.N.; REDDY, M.R.; REDDY, K.K. 1988. Nutrient utilization by milch cattle fed on rations containing artificially grown fodder. *Indian Journal of Animal Nutrition* 5 (1), 19-22.
- ROMERO VALDEZ, M.E.R.; DUARTE, G.C.; HERNÁNDEZ GALLARDO, E.O. 2009. Producción de forraje verde hidropónico y su aceptación en ganado lechero. *Acta Universitaria* 19 (2), 11-19.
- SNOW, A.M.; GHALY, A.E.; SNOW, A. 2008. A comparative assessment of hydroponically grown cereal crops for the purification of aquaculture wastewater and the production of fish feed. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 3 (1), 364-378.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crop. *J. Br. Grassld Soc. Vol* 18:104-111.
- VAN SOEST, P.J. 1982. *Nutritional Ecology of Ruminant*. Cornell University Press, EE. UU., p.375.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74 (10): 3583-3597.

# Clasificación geográfica de propóleos de Tucumán utilizando parámetros físicoquímicos y análisis quimiométrico

MALDONADO, L.M.<sup>1</sup>; BORELLI, R.S.<sup>1</sup>; SALOMON, V.M.<sup>1</sup>; ALVAREZ, A.R.<sup>1</sup>; SAYAGO, J.<sup>2</sup>; ISLA, M.I.<sup>3</sup>; BORELLI, V.<sup>4</sup>

## RESUMEN

El propóleo es un producto que elaboran las abejas, mezclando sustancias resinosas que recolectan de ciertos vegetales con polen, impurezas y su cera. Es utilizado en alimentos, cosmética e higiene personal, medicina veterinaria e incluso en humanos. En los últimos años, la apicultura en Argentina se ha extendido a regiones extrapampeanas de gran biodiversidad, por lo que los objetivos del presente trabajo consistieron en: a) evaluar parámetros físicoquímicos de propóleos producidos en tres localidades de la provincia de Tucumán: Amaicha del Valle, Famaillá y Leales; b) aplicar el análisis quimiométrico para establecer si poseen patrones relacionados con su origen geográfico que permitan diferenciarlos. Se analizaron 44 muestras, determinándose los parámetros físicoquímicos: ceras, resinas, impurezas mecánicas, fenoles totales y flavonoides totales de acuerdo a la norma IRAM-INTA 15935-1. Para el análisis quimiométrico se aplicaron los análisis de componentes principales, de conglomerados y discriminante. Los resultados obtenidos para los parámetros físicoquímicos mostraron concordancia con otros informados previamente para propóleos del noroeste argentino y además que los de Amaicha del Valle se asocian con el contenido de impurezas mecánicas y flavonoides totales, los de Leales con las ceras y los de Famaillá con resinas y fenoles totales. Contrastando con los requisitos establecidos en el Código Alimentario Argentino resulta que todos pueden ser aprovechados, ya sea procesados o como propóleos en bruto. Las muestras pudieron separarse en dos conglomerados y los parámetros físicoquímicos mostraron su capacidad discriminante respecto del origen geográfico, lo que permitiría clasificar nuevas muestras en una de las tres localidades consideradas.

**Palabras clave:** propóleos, origen geográfico, diferenciación, valor agregado, apicultura, Tucumán.

## ABSTRACT

*Propolis is a product made by bees, mixing resinous substances that collect from certain vegetables with pollen, impurities and their wax. It is used in food, cosmetics and personal hygiene, in veterinary medicine and even in humans. In the last years, beekeeping in Argentina has spread to extrapampean regions of great biodiversity, so the objectives of this work were: a) evaluate physico chemical parameters of propolis produced in three localities of the Tucumán province: Amaicha del Valle, Famaillá and Leales, b) apply the chemometric analysis to establish if they have patterns related to their geographical origin that allow to differentiate them. 44 samples were analyzed, determining the physico chemical pa-*

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Famaillá. Ruta pcial. 301 km 32. (4132) Famaillá. Tucumán. Argentina. Correo electrónico: maldonado.luismaria@inta.gov.ar

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Tucumán (UNT), Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia. Batalla de Ayacucho 471. CPA T4000INI. San Miguel de Tucumán. Tucumán. Argentina.

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo (IML), Instituto de Bioprospección y Fisiología Vegetal (INBIOFIV) (Conicet). Miguel Lillo 205. 4000. San Miguel de Tucumán. Tucumán. Argentina.

<sup>4</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Las Breñas. Ruta Nacional 89, km 51. (3722) Las Breñas, Chaco. Argentina.



rameters: waxes, resins, mechanical impurities, total phenols and total flavonoids according to the IRAM-INTA 15935-1 standard. For the chemometric analysis, the principal components, cluster and discriminant analyzes were applied. The results obtained for the physical and chemical parameters showed agreement with others previously reported for propolis from northwestern Argentina, and also that those of Amaicha del Valle are associated with the content of mechanical impurities and total flavonoids, those of Leales with the waxes and those of Famaillá with resins and total phenols. In contrast to the requirements established in the Argentine Food Code, it turns out that all can be exploited, either processed or as raw propolis. The samples could be separated into two conglomerates and the physical-chemical parameters showed their discriminating capacity with respect to the geographical origin, which would allow to classify new samples in one of the three localities considered.

**Keywords:** propolis, geographical origin, differentiation, value added, beekeeping, Tucumán.

## INTRODUCCIÓN

El propóleo es un producto que elaboran las abejas, mezclando sustancias resinosas recolectadas de ciertos vegetales con su cera, polen e impurezas, colocándolo en determinados lugares de la colmena según su finalidad: ya sea como elemento sanitizante o bien con fines estructurales. Se denomina propóleo en bruto, al que se obtiene directamente de la colmena (IRAM-INTA, 2008).

Posee una fracción de resinas con compuestos del tipo fenólico: ácidos, ésteres, chalconas y flavonoides, responsables de su actividad biológica: antioxidante (Isla *et al.*, 2001; Kurek-Górecka *et al.*, 2013), antimicrobiana (Nieva Moreno *et al.*, 1999; Salas *et al.*, 2014) y antiinflamatoria (Ramos *et al.*, 2007; Salas *et al.*, 2016). Por esta razón, es utilizado en la industria alimenticia (Bernardi *et al.*, 2013; Feas *et al.*, 2014), en cosmética e higiene personal (Gregoris *et al.*, 2011), en medicina veterinaria (Oliveira *et al.*, 2006; Lozina *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2013) e incluso en humanos (Kucharzewski *et al.*, 2013).

La composición química, los atributos sensoriales y la actividad biológica son variables y dependen principalmente de su origen botánico/geográfico (Sforcin *et al.*, 2000; Bedascarrasbure *et al.*, 2006; Isla *et al.*, 2012; Vera *et al.*, 2011). A partir de 2008 es incorporado al Código Alimentario Argentino (CAA) en el capítulo xvi "Correctivos y coadyuvantes" artículo 1308 bis, estableciéndose el marco regulatorio para su utilización.

En los últimos años, la apicultura en Argentina se ha extendido hacia regiones extrapampeanas por diversos motivos: expansión de la frontera agrícola, cambio climático, etc., pero también, impulsada por la estrategia del Programa Nacional Apícola del INTA (PROAPI) para consolidar la apicultura como una herramienta de desarrollo social (Bedascarrasbure *et al.*, 2011). Se han intensificado las investigaciones relacionadas con las características físicoquímicas y actividad biológica de los productos de la colmena, especialmente propóleos, para aprovechar la biodiversidad de las diferentes regiones del país (Bedascarrasbure *et al.*, 2000; Solórzano *et al.*, 2008).

Tucumán es la provincia más pequeña de la Argentina con una superficie de 22.524 km<sup>2</sup>, que representan el 0,6% del país. Se sitúa entre los paralelos 26° y 28° de latitud sud, y los meridianos de 64° 30' y 66° 30' de longitud oeste. El clima está caracterizado como subtropical con estación seca. Posee gran diversidad de paisajes: llanuras y montañas, climas secos y húmedos, selvas exuberantes y tierras áridas. Una vasta zona de llanuras hacia el este y altas cumbres con numerosas cuencas, ríos y valles hacia el oeste forman el relieve de la provincia. Se destacan los valles Calchaquíes y de las Sierras del Aconquija con los picos más elevados.

En ese contexto, los objetivos del presente trabajo consistieron en: a) evaluar parámetros físicoquímicos de propóleos producidos en tres localidades de la provincia de Tucumán: Amaicha del Valle, Famaillá y Leales; b) aplicar el análisis quimiométrico para establecer si las muestras poseen patrones relacionados con su origen geográfico que permitan diferenciarlas entre sí.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Reactivos

El reactivo de Folin-Ciocalteu, el carbonato de sodio, el ácido gálico, el tricloruro de aluminio y la quercetina se compararon de Sigma-Aldrich Argentina, mientras que el n-hexano, el etanol 96° y el metanol se adquirieron de Sintorgan.

### Muestras de propóleos

Se analizaron 44 muestras cosechadas entre los años 2001 a 2014, obtenidas tanto de apicultores como de apiarios utilizados para otros ensayos, aplicando en todos los casos el sendero tecnológico de INTA-PROAPI.

Diez muestras provinieron de la localidad de Amaicha del Valle (Amaicha) ubicada al oeste de la provincia en el departamento de Tafí del Valle, zona de los valles Calchaquíes (2000 m s. n. m.) donde se encuentran especies vegetales como: brea (*Cercidium praecox*), jarilla macho

(*Larrea divaricata* Cav.), jarilla hembra (*Larrea cuneifolia* Cav.), poposa (*Zuccagnia punctata* Cav.), churqui (*Acacia caven*), atamisqui (*Atamisquea emarginata*), algarrobos (*Prosopis* spp), tuscas (*Acacia aroma*), arcas (*Acacia visco*), chañar (*Geoffraea decorticans*) y talas (*Celtis tala*). (Nieva Moreno *et al.*, 2005; Bedascarrasbure *et al.*, 2006).

Otras veintitrés provinieron de apiarios ubicados en el Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido de INTA, al este provincial, en el departamento de Leales (500 m s. n. m.). Las especies vegetales relevadas en las proximidades del apiario fueron: vil-vil (*Myrcianthes cisplatensis*), lecherón (*Sapium haematospermum*), viraró (*Ruprechtia laxiflora*), molle (*Schinus fasciculata*), tusca (*Acacia aroma*), algarrobo negro (*Prosopis nigra*), cochucho (*Fagara coco*), pacara (*Enterolobium contortitsilicum*) y tala (*Celtis tala*). (Asoc. Coop. INTA Leales, 2016, datos no publicados).

Las once muestras restantes se lograron de un apiario en el INTA EEA Famaillá, ubicado en el departamento del mismo nombre, en la zona central de la provincia (750 m s. n. m.). La vegetación circundante al apiario se compone mayoritariamente de árboles: eucalipto (*Eucaliptus grandis*, *Eucaliptus camaldulensis*), pino (*Pinus taeda*), fresno (*Fraxinus* sp.), ibirapitá (*Peltophorum dubium*), limón, naranja, pomelo (*Citrus* spp.) y espinillo o aroma (*Acacia* spp.). Existen además plantaciones de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y frutilla (*Fragaria ananassa*). (J. Grignola, 2017, com. pers.).

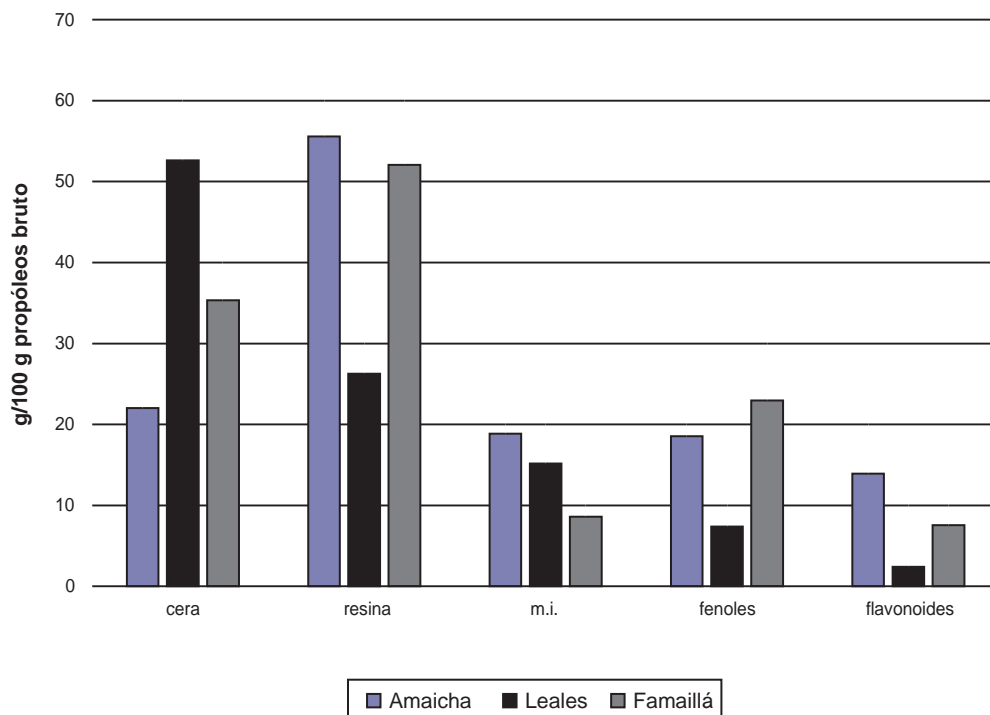
Las muestras se mantuvieron a -20 °C hasta ser analizadas. Previo al análisis, se homogeneizaron y se trituraron en mortero de porcelana. Los parámetros físicoquímicos determinados fueron: ceras, resinas, impurezas mecánicas, fenoles totales y flavonoides totales, en todos los casos evaluados por duplicado y de acuerdo a la norma IRAM-INTA 15935-1.

### Análisis quimiométrico

La estadística descriptiva de los parámetros físicoquímicos se efectuó con Microsoft Excel 2013 y el modelado quimiométrico con los softwares InfoStat (Di Renzo *et al.*, 2013) y R (R Core Team, 2017). Para evaluar la relación entre los parámetros físicoquímicos se efectuó el análisis de componentes principales. El análisis de conglomerados permitió clasificar las muestras en grupos, por su grado de similitud y mediante el análisis discriminante se determinó la capacidad discriminante de los parámetros físicoquímicos respecto del origen geográfico de las muestras.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores medios obtenidos para los parámetros físicoquímicos en cada localidad se presentan en la figura 1. Las figuras 2, 3, 4 y 5 presentan los resultados del modelado quimiométrico.



**Figura 1.** Valores medios de los parámetros físicoquímicos en cada localidad de origen.

Barras verticales sobre las medias indican el error estándar.

i.m.: impurezas mecánicas, fenoles: Fenoles totales, flavonoides: Flavonoides totales.

**Parámetros físico químicos**

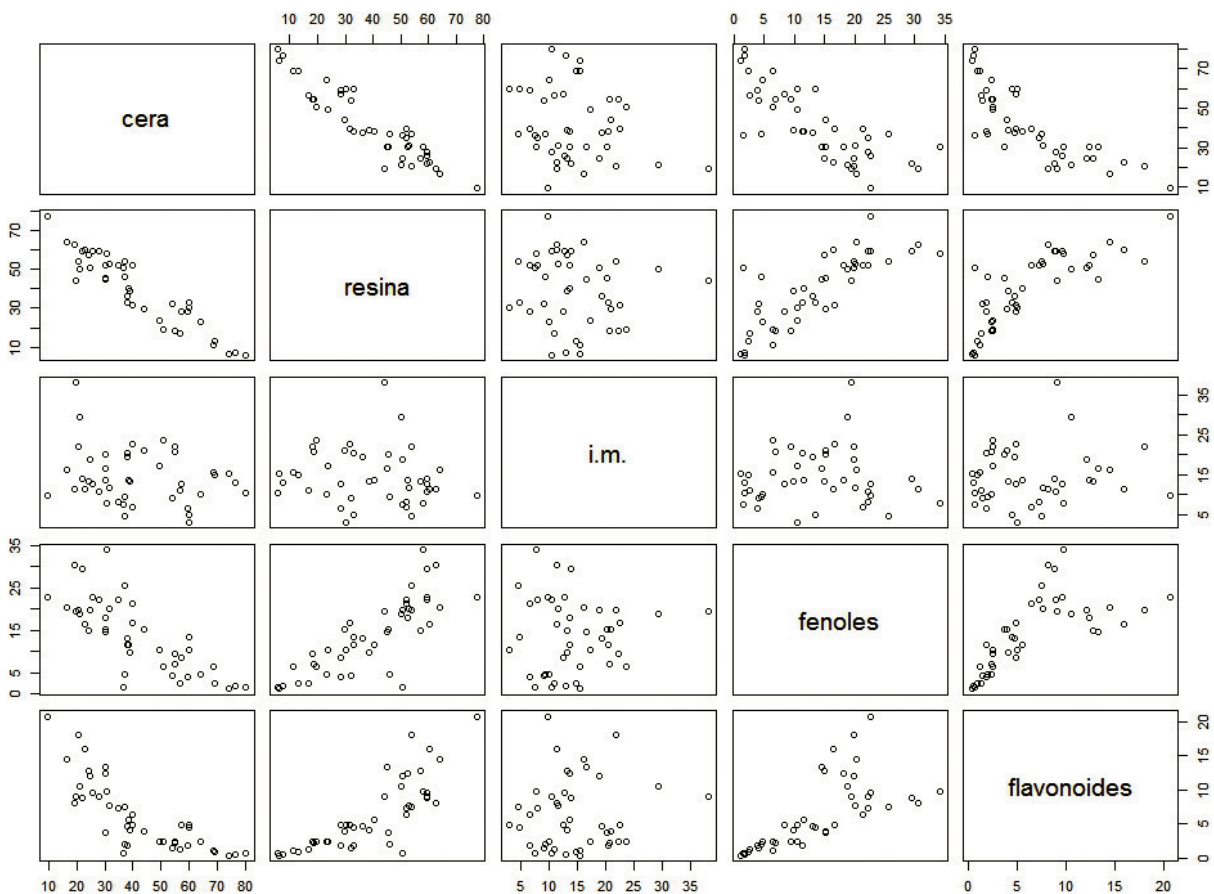
Por un lado, los resultados obtenidos para los parámetros físicoquímicos mostraron concordancia con los informados previamente para propóleos del NOA (Maldonado, 2000). Con referencia a propóleos de Tucumán, el contenido medio global de fenoles totales obtenido fue 16,3 g ácido gálico equiv./100 g propóleos bruto que resultó menor al determinado por otros autores: 20,4 g ácido gálico equiv./100 g propóleos bruto, aunque sin especificar las localidades de procedencia (Isla *et al.*, 2005). El valor medio global de flavonoides totales obtenido fue de 8,0 g quercetina equiv./100 g propóleos bruto, que representa más del doble del reportado por otros autores, aunque aplicando una metodología analítica diferente (Nieva Moreno *et al.*, 2005). En particular el contenido de fenoles y flavonoides totales en los de Amaicha resultaron comparables a los publicados previamente por nuestro equipo de trabajo para propóleos del valle Calchaquí (Bedascarrasbure *et al.*, 2004). Además, en esta localidad se obtuvieron los mayores valores de: resinas, impurezas mecánicas y flavonoides, en este último caso debido a que las plantas que desarrollan en zonas áridas los sintetizan para poder soportar y sobrevivir a las condiciones climáticas adversas. (Bedascarrasbure *et al.*, 2004; Solórzano *et al.*, 2012).

Por otro lado, contrastando con los requisitos establecidos en el CAA para propóleos bruto, se observa que los de Amaicha los satisfacen totalmente, no así los de Leales y parcialmente los de Famaillá, debido a valores elevados de cera y bajos de resinas. No obstante, los contenidos de fenoles y flavonoides totales superaron en todos los casos los requisitos mínimos, por lo que pueden ser aprovechados tanto como propóleos en bruto como transformados en extractos u otros productos de mayor valor agregado.

**Análisis de componentes principales**

Previo al análisis de componentes principales se graficaron las relaciones entre los parámetros físicoquímicos y se determinaron las correlaciones entre ellos:

Como se observa en la figura 2 y en la tabla 1, se obtuvieron altas correlaciones entre los parámetros: cera, resina, fenoles, flavonoides y bajas entre impurezas mecánicas y los demás parámetros. El análisis de componentes principales explicó el 89% de la varianza total de los parámetros físicoquímicos con dos componentes (CP) (tabla 2).



**Figura 2.** Relaciones entre los parámetros físicoquímicos.



	Cera	Resina	I.M.	Fenoles	Flavonoides
Cera	1,0000000	-0,9269506	-0,2236214	-0,7762026	-0,8021938
Resina	-0,9269506	1,0000000	-0,1254482	0,8034389	0,8048219
I.M.	-0,2236214	-0,1254481	1,0000000	0,0237611	0,0836526
Fenoles	-0,7762026	0,8034389	0,0237611	1,0000000	0,7000564
Flavonoides	-0,8021938	0,8048218	0,0836526	0,7000564	1,0000000

Tabla 1. Coeficientes de correlación entre los parámetros físicoquímicos.

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Desviación estándar	1,8480438	1,0296402	0,5464016	0,4644697	0,1014305
Proporción de varianza	0,6830532	0,2120318	0,0597110	0,0431464	0,0020576
Proporción acumulada	0,6830532	0,8950850	0,9547960	0,9979424	1,0000000

Tabla 2. Importancia de los componentes.

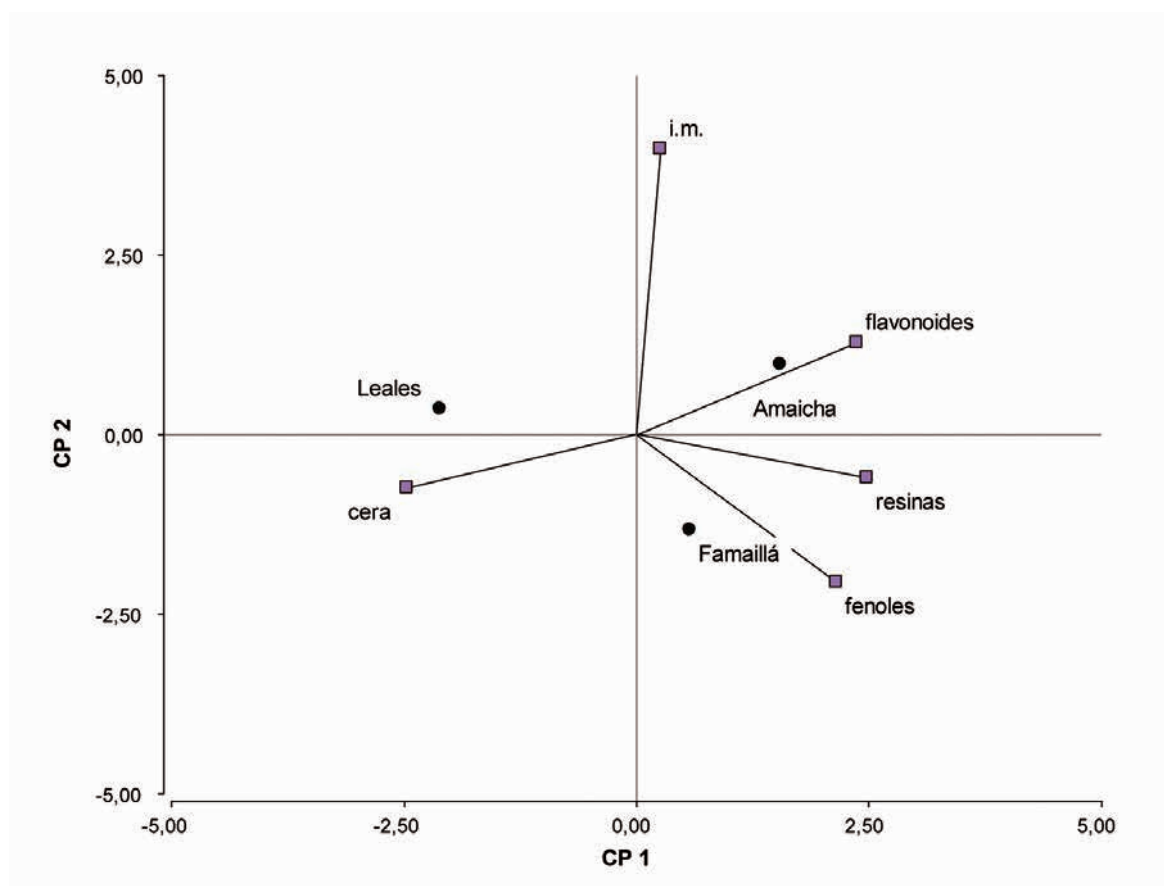


Figura 3. Gráfico biplot que indica la representación de muestras (medias) y variables.  
i.m.: impurezas mecánicas.

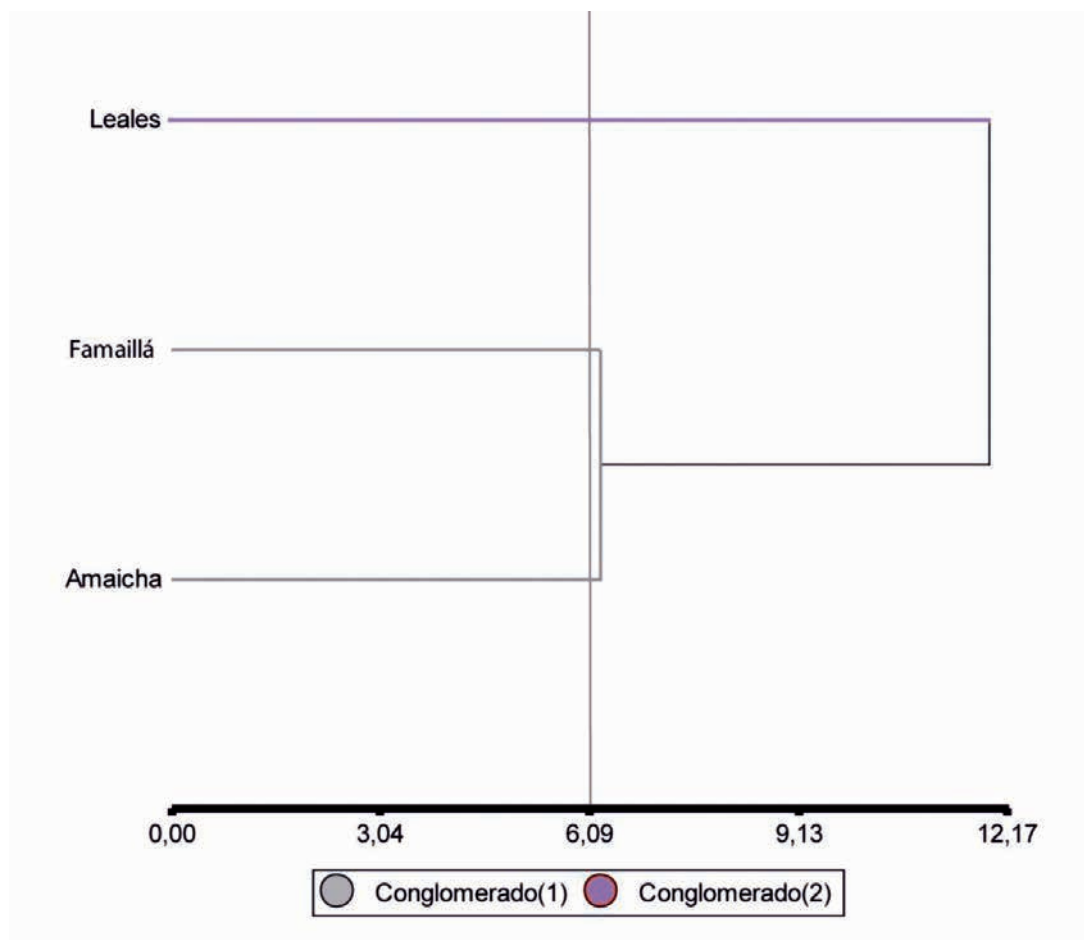


Figura 4. Dendrograma que separa en dos conglomerados los propóleos según su procedencia.

CP1 explicó el 68% de la varianza y estuvo asociado fuertemente al contenido de cera y resinas, pero en direcciones opuestas (figura 3), por lo que opondrá localidades de procedencia donde sus propóleos muestren mayores valores de ceras y resinas, en este caso Leales y Famaillá. CP2 aportó el 21% restante de la varianza total y estuvo muy asociado al contenido de impurezas mecánicas. La ortogonalidad de las CP garantiza que CP2 nos provea la información que explica la variabilidad entre los contenidos de fenoles, resinas y flavonoides entre Famaillá y Amaicha que no es explicada por CP1.

El ángulo entre los vectores de los parámetros físicoquímicos se puede interpretar como la correlación entre ellos, por lo que el contenido de resinas tiene correlación positiva con el de fenoles totales y negativa con el de ceras.

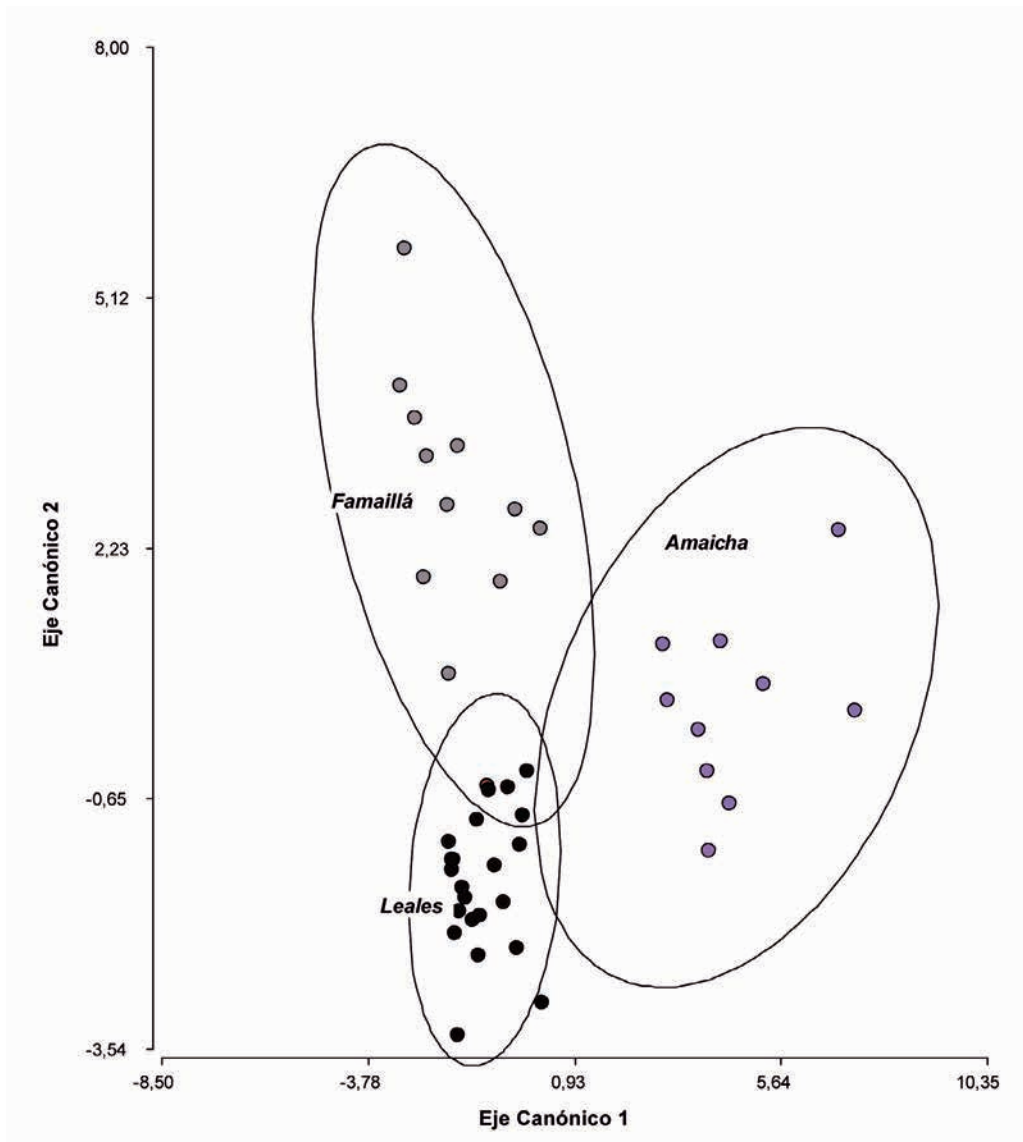
Se observó que el componente CP1 separa la cera del resto de los parámetros físicoquímicos, por lo tanto la mayor variabilidad entre los propóleos de las distintas zonas se explica por este parámetro. Los propóleos de Leales se encuentran más asociados al contenido de ceras, los de Amaicha al contenido de impurezas mecánicas y flavonoides totales, en tanto que los de Famaillá a resinas y fenoles totales (figura 3).

	Función 1	Función 2
Constante	-5,88	-14,98
Cera	0,03	0,15
Resinas	0,04	0,13
I.M.	0,17	2,90E-03
Fenoles	-0,22	0,24
Flavonoides	0,63	0,01

Tabla 3. Coeficientes de las funciones canónicas discriminantes.

Función	Autovalor	% de varianza	% varianza acumulada
1	6,82	64,29	64,29
2	3,79	35,71	100,00

Tabla 4. Resumen de funciones discriminantes canónicas.



**Figura 5.** Representación de observaciones multivariadas en tres grupos, definidos *a priori*, en el espacio discriminante conformado por los ejes canónicos 1 y 2 del análisis. Contornos corresponden a elipses de predicción.

Grupo	Amaicha	Famaillá	Leales	Total	Error (%)
Amaicha	10	0	0	10	0,00
Famaillá	0	11	0	11	0,00
Leales	0	0	23	23	0,00
Total	10	11	23	44	0,00

**Tabla 5.** Tabla de clasificación cruzada (tasa de error aparente).

### Análisis de conglomerados

Se observa que los propóleos de Leales se separan del resto formando un grupo (figura 4). Famaillá y Amaicha conforman otro grupo.

### Análisis discriminante

Con el objeto de lograr una representación de las observaciones en el espacio donde las diferencias entre los grupos sean maximizadas se realizó un análisis discriminante

sobre las variables estudiadas con respecto a la localidad de origen, considerada como variable de clasificación.

Se utilizaron dos funciones para el análisis, donde los coeficientes de ponderación corresponden a los coeficientes de las funciones canónicas discriminantes que se presentan a continuación:

En la tabla 4 se indican los autovalores, es decir, el peso de cada una de las funciones a la hora de explicar el total de la varianza (% acumulado).

Se observa que la función 1 explica el 64% de la variación en las tres localidades analizadas.

En cada una de las pruebas se realizó la tabla de clasificación cruzada (tabla 5) que permite identificar datos outliers o mal clasificados, encontrando que en todos los casos resultó ser cero la tasa de error aparente.

La figura 5 indica que podrían clasificarse nuevas muestras de propóleos en uno de los tres grupos de acuerdo a los valores que asuman los parámetros fisicoquímicos.

## CONCLUSIONES

Los parámetros fisicoquímicos de los propóleos de Tucumán mostraron concordancia con los informados previamente para propóleos del noroeste argentino. Los de Amaicha del Valle se asocian con el contenido de impurezas mecánicas y flavonoides totales, los de Leales con las ceras y los de Famaillá con resinas y fenoles totales. Contrastando con los requisitos del Código Alimentario Argentino resulta que todos pueden ser aprovechados, ya sea como propóleos en bruto o bien procesándolos para obtener otros productos con mayor valor agregado, promoviendo la diversificación de los apiarios y mejorando la competitividad de los apicultores.

El análisis quimiométrico mostró que los parámetros fisicoquímicos poseen además capacidad discriminante respecto del origen geográfico, lo que permitiría clasificar otros propóleos en una de las tres localidades consideradas, no obstante sería necesario analizar un número mayor de muestras para construir un modelo más robusto.

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo se realizó en el marco del proyecto específico PNAPI 1112043 "Estrategias para agregar valor a la producción apícola argentina".

A Juan Domingo Sal y a Josefina Gringola por las listas de especies vegetales en Leales y Famaillá.

## BIBLIOGRAFÍA

BEDASCARRASBURE, E.; MALDONADO, L.; PÉREZ, O.; SEGUERA, C.; ÁLVAREZ, A.; VAN DER HORST, A.; TABERA, A. 2000. Caracterización de propóleos argentinos. II. Valles Calchaquies. Congreso Internacional de Propóleos, 1-2 de septiembre de 2000. Buenos Aires.

BEDASCARRASBURE, E.; MALDONADO, L.; ÁLVAREZ, A.; RODRÍGUEZ, E. 2004. Contenido de Fenoles y Flavonoides del Propóleos Argentino. *Acta Farmacéutica Bonaerense*. 23 (3): 369-72.

BEDASCARRASBURE, E.; MALDONADO, L.; FIERRO MORALES, W.; ÁLVAREZ, A. 2006. Propóleos: Caracterización y normalización de propóleos argentinos. Revisión y actualización de composición y propiedades. Edit. Magna. S.M. de Tucumán, Tucumán, Argentina. p. 218.

BEDASCARRASBURE, E. 2011. Consolidando la apicultura como herramienta de desarrollo. Gestión innovadora: claves del éxito colectivo. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina. p. 88.

BERNARDI, S.; FAVARO-TRINDADE, C.S.; TRINDADE, M.A.; BALIEIRO, J.C.C.; CAVENAGHI, A.D.; CONTRERAS CASTILLO, C.J. 2013. Italian-type salami with propolis as antioxidant. *Italian Journal Food Science*, 25, 433-441.

CODIGO ALIMENTARIO ARGENTINO. Capítulo xvi. Correctivos y coadyuvantes. (Disponible: [http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/CAPITULO\\_XVI.pdf](http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/CAPITULO_XVI.pdf) verificado: 22 de febrero de 2017).

DE OLIVEIRA, J.S.; DE QUEIROZ, A.C.; LANA, R.D.P.; MANTOVANI, C.; ANTÔNIA, R.; GENEROSO, R. 2006. Efeito da monensina e da própolis sobre a atividade de fermentação de aminoácidos in vitro pelos microrganismos ruminais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(1), 275-281.

DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C.W. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. (Disponible: <http://www.infostat.com.ar> verificado: 14 de agosto de 2017).

FEÁS, X.; PACHECO, L.; IGLESIAS, A.; ESTEVINHO, L. 2014. Use of Propolis in the Sanitization of Lettuce. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(7), 12243-12257. <http://doi.org/10.3390/ijms150712243>

GREGORIS, E.; FABRIS, S.; BERTELLE, M.; GRASSATO, L.; STEVANATO, R. 2011. Propolis as potential cosmeceutical sunscreen agent for its combined photoprotective and antioxidant properties. *International Journal of Pharmaceutics*, 405(1-2), 97-101. <http://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2010.11.052>

IRAM-INTA 15935-1. Propóleos en bruto. Norma Argentina.2008. Subcomité de productos agroalimentarios del NOA. Grupo de trabajo Miel Regional. Subgrupo de Trabajo propóleos. Buenos Aires. Argentina.

ISLA, M.I.; NIEVA MORENO, M.I.; SAMPIETRO, R.; VATTUONE, M.A. 2001. Antioxidant activity of Argentine propolis extracts. *Journal of Ethnopharmacology*, 76(2), 165-70. (Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11390131> verificado: 14 de agosto de 2017).

ISLA, M.I.; PAREDES-GUZMAN, J.F.; NIEVA MORENO, M.I.; KOO, H.; PARK, Y.K. 2005. Some Chemical Composition and Biological Activity of Northern Argentine Propolis. *J. Agric. Food Chem.* 53, 1166-1172.

ISLA, M.I.; NIEVA MORENO, M.I.; SAMPIETRO, R.; VATTUONE, M.A. 2001. Antioxidant activity of Argentine propolis extracts. *Journal of Ethnopharmacology*, 76(2), 165-70. (Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11390131> verificado: 14 de agosto de 2017).

KUCHARZEWSKI, M.; KÓZKA, M.; URBANEK, T. 2013. Topical treatment of nonhealing venous leg ulcer with propolis ointment. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: eCAM* 254017. <http://doi.org/10.1155/2013/254017>

KUREK-GÓRECKA, A.; RZEPECKA-STOJKO, A.; GÓRECKI, M.; STOJKO, J.; SOSADA, M.; SWIERCZEK-ZIEBA, G. 2013. Structure and antioxidant activity of polyphenols derived from propolis. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 19(1), 78-101. <http://doi.org/10.3390/molecules19010078>

LOZINA, L.; PEICHOTO, M.; BOEHRINGER, S.; KOSCINCZUK, P.; GRANERO, G.; ACOSTA, O. 2010. Efficacy of Argentine



propolis formulation for topical treatment of canine otitis externa. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária E Zootecnia*, 62(6), 1359-1366. <http://doi.org/10.1590/S0102-09352010000600010>

MALDONADO, L. 2000. Perfil de los propóleos argentinos. Congreso Internacional de propóleos. Buenos Aires. Argentina.

NIEVA MORENO, M.I.; ISLA, M.I.; CUDMANI, N.G.; VATTUONE, M.A.; SAMPIETRO, A.R. 1999. Screening of antibacterial activity of Amaicha del Valle (Tucumán, Argentina) propolis. *Journal of Ethnopharmacology*, 68(1-3), 97-102. (Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10624867> verificado: 14 de agosto de 2017).

NIEVA MORENO, M.I.; ISLA, M.I.; SAMPIETRO, A.R.; VATTUONE, M.A. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *Journal of Ethnopharmacology* 71, 109-114.

R CORE TEAM. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (Disponible: <https://www.R-project.org/> verificado: 14 de agosto de 2017).

RAMOS, A.F.L.; MIRANDA, J.L. 2007. Propolis: a review of its anti-inflammatory and healing actions. *J. Venom. Anim. Toxins*, 13(4), 697-710.

SALAS, A.; ORDOÑEZ, R.; SILVA, C.; MALDONADO, L.; BEDASCARRASBURE, E.; ISLA, M.I.; ZAMPINI, I.C. 2014. Antimicrobial activity of Argentinean propolis against *Staphylococcus* isolated of canine otitis. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*. Mangalayatan University, India. vol.2 n.º. pp. 197-207.

SALAS, A.; ALBERTO, M.R.; ZAMPINI, I.C.; CUELLO, S.; MALDONADO, L.M.; RÍOS, J.L.; SCHMEDA-HIRSCHMANN, G. 2016. Biological activities of polyphenols-enriched propolis from Argentina arid regions. *Phytomedicine* 23. 27-31. <http://dx.doi.org/10.1016/j.phymed.2015.11.007>

SANTOS, E.L.; CRISTIANO, F.; PONTES, E.C., LIRA, R.C., CAVALCANTI, M.C.A. 2013. Resíduo do processamento do extrato de própolis vermelha em ração comercial para alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), 4(2), 179-185.

SFORCIN, J.M.; FERNANDES LOPES, C.; BANKOVA, V.; FUNARI, S.R. 2000. Seasonal effect on Brazilian propolis antibacterial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 73(1-2), 243-9.

SOLÓRZANO, E.; MALDONADO, L.; BEDASCARRASBURE, E.; VERA, N.; ORDOÑEZ, R.; ISLA, M.I. 2008. Estudio comparativo de indicadores químicos y funcionales de propóleos del Noroeste Argentino. 2.º Congreso Argentino de Apicultura. Mar del Plata. 7 al 9 de agosto.

SOLÓRZANO, E.; VERA, N.; CUELLO, S.; ORDÓÑEZ, R.; ZAMPINI, C.; MALDONADO, L.; BEDASCARRASBURE, E.; ISLA, M.I. 2012. Chalcones in Bioactive Argentine Propolis Collected in Arid Environments. *Natural Product Communications*. Vol. 7. Issue 7. pp. 879-882.

VERA, N.; SOLÓRZANO, E.; ORDOÑEZ, R.; MALDONADO, L.; BEDASCARRASBURE, E.; ISLA, M.I. 2011. Chemical Composition of Argentinean Propolis Collected in Extreme Regions and its Relation with Antimicrobial and Antioxidant Activities. *Natural Product Communications*. Vol. 6. Issue 6. pp. 823-827.

# Impacto de las enfermedades foliares sobre variables fisiológicas determinantes del rendimiento del girasol ante diferentes situaciones de cultivo

QUIROZ, F.J.<sup>1</sup>; VELÁZQUEZ, L.<sup>2</sup>; LÁZZARO N.<sup>1</sup>; ESCANDE, A.R.<sup>1,3</sup>; AGUIRREZÁBAL, L.A.N.<sup>2</sup>; DOSIO, G.A.A.<sup>2</sup>

## RESUMEN

La mancha de la hoja por *Alternaria* (ALT) y la mancha negra del tallo por *Phoma* (MNT) son enfermedades foliares endémicas del girasol en Argentina. MNT disminuye regularmente el rendimiento del girasol de alto potencial del sur de Buenos Aires. La variabilidad ambiental entre años y la fecha de siembra inciden en la ocurrencia de estas enfermedades, sin embargo, la información sobre su efecto es escasa. El objetivo de este trabajo fue evaluar la ocurrencia de estas enfermedades y su impacto sobre el rendimiento, el peso y número de achenios y el contenido de aceite, en diferentes ambientes (años y fechas de siembra) del sur de Buenos Aires, Argentina. Se realizaron cinco experimentos en la Estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria en Balcarce en los años 2003, 2005, 2007, 2008 y 2009 en condiciones de campo e inoculación natural. Se evaluaron cinco híbridos, protegidos o no protegidos con una mezcla de fungicidas foliares. Tres experimentos incluyeron dos fechas de siembra (temprana y tardía). Se midió el área foliar, la incidencia y severidad de las enfermedades, el rendimiento, el peso y número de achenios y el contenido de aceite. MNT fue la enfermedad de mayor prevalencia e incidencia (19 a 81%). Con menor frecuencia se observó presencia severa de ALT (0,3 a 10%) y ocurrencia atípica de roya negra por *Puccinia helianthi* (RN; 0 a 23%) en 2007. Las mayores precipitaciones y humedad relativa observadas en fechas de siembra tardías se correspondieron con aumento en la incidencia o severidad de síntomas (> 70%) principalmente de ALT. MNT, ALT y RN disminuyeron la duración del área foliar principalmente en hojas del estrato medio o superior, mientras que la protección con fungicidas redujo su efecto. MNT fue la enfermedad que más se asoció con la disminución del peso y número de achenios. El contenido de aceite disminuyó en los tratamientos testigo en asociación con la siembra tardía y la presencia de ALT. El efecto de las enfermedades foliares sobre el rendimiento (11 a 17%), el peso y número de achenios y el contenido de aceite varió con el ambiente de experimentación y en relación con la incidencia de MNT y la ocurrencia de epifitias severas de RN y ALT. La aplicación de fungicidas foliares mostró un beneficio productivo.

**Palabras clave:** *Leptosphaeria lindquistii*, *Alternaria helianthi*, *Helianthus annuus* L., área foliar, duración del área foliar, protección fúngica, rendimiento, peso de achenios, número de achenios.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Balcarce, Departamento de Agronomía. Ruta 226 km 73,5 (7620) Balcarce, Argentina.

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Mar del Plata (INMDP), Laboratorio de Fisiología Vegetal, FCA, CONICET, Ruta 226 km 73,5 (7620) Balcarce, Argentina. Correo electrónico: gdosio@mdp.edu.ar

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Mar del Plata, Grupo Patología Vegetal, FCA, Ruta 226 km 73,5 (7620) Balcarce, Argentina.

## ABSTRACT

Leaf spot by *Alternaria* (ALT) and black stem spot by *Phoma* (BS) are endemic leaf diseases of sunflower in Argentina. BS regularly reduced the yield of high potential sunflower of the south of Buenos Aires. Environmental variability between years and sowing date affect the occurrence of these diseases however the information about its effect is scarce. The objective of this work was to assess the occurrence and importance of leaf diseases on yield, number and weight of achenes, and oil content, in different environments (years and sowing dates) in the south of Buenos Aires, Argentina. Five experiments were performed at the field station of INTA Balcarce in the years 2003, 2005, 2007, 2008 and 2009 under field conditions and natural inoculation. Five hybrids, protected or not protected with a mixture of foliar fungicides, were evaluated. Three experiments included two sowing dates (early and late). Leaf area, incidence and severity of diseases, yield, number and weight of achenes, and oil content were measured. BS was the disease with the highest prevalence and incidence (19 to 81%). Less frequently, severe ALT (0.3 to 10%) and atypical black rust by *Puccinia helianthi* (BR, 0 to 23%) were observed in 2007. The higher rainfall and relative humidity observed at late sowing dates corresponded to an increase in incidence or severity of symptoms (> 70%), mainly of ALT. BS, ALT and BR decreased leaf area duration mainly in leaves of medium or higher strata, while fungicide protection reduced its effect. BS was the disease that was most associated with decreased weight and number of achenes. The oil content decreased in the control treatments in association with late sowing and the presence of ALT. The effect of foliar diseases on yield (11 to 17 %), the number and weight of achenes, and the oil content varied with experimental environment and in relation to the incidence of BS and the occurrence of severe epiphytes of BR and ALT. Application of foliar fungicides resulted in productive benefit.

**Keywords:** *Leptosphaeria lindquistii*, *Alternaria helianthi*, *Helianthus annuus* L., leaf area, leaf area duration, fungal protection, yield, achenes weight, achenes number.

## INTRODUCCIÓN

Buenos Aires es la provincia con mayor producción de girasol de la Argentina (1,12 a 2,4 MT de grano; SIIA-MAGPyA, 2015) principal país productor de América del Sur. Su clima templado húmedo y subhúmedo favorece la ocurrencia de enfermedades. Dentro de las enfermedades que afectan al cultivo de girasol, las foliares fueron poco estudiadas en relación con su impacto sobre la producción y manejo sanitario. La mancha de la hoja por *Alternaria helianthi* (ALT) y la mancha negra del tallo (MNT) por *Leptosphaeria lindquistii* (sin. *Phoma macdonaldii*) son enfermedades foliares de alta prevalencia (Quiroz *et al.*, 2007) en comparación con otras, como la mancha de la hoja (MH) por *Septoria helianthi*, la roya blanca (RB) por *Pustula helianthi* y la roya negra (RN) por *Puccinia helianthi* (RN).

ALT es una de las enfermedades más prevalentes en las regiones subtropicales de cultivo de América del Sur, y ha provocado disminuciones de rendimiento entre 15 y 100% en diferentes regiones productoras del mundo (Carson, 1985). En Argentina, se registraron epifitias severas en la región del Chaco y norte de Santa Fe (Bonacic Kresic *et al.*, 1982). Esta enfermedad también fue reportada en el sudeste bonaerense (Quiroz *et al.*, 2007). MNT es una enfermedad de amplia distribución mundial (Acimovic, 1988), y junto con la maduración o muerte prematura (Carson, 1991), causada por el mismo patógeno, provocaron pérdidas de rendimiento entre 10 y 30% (Velázquez y Formento, 2003). Los síntomas de MNT incluyen necrosis en tallo en forma de escudete rodeando la zona de inserción de la

hoja, y necrosis previa en la lámina, o en la nervadura, o en el peciolo foliar, o en dos o tres de ellos, provocada por la acción directa del patógeno en la hoja, MNT progresa desde los nudos inferiores hacia los superiores.

El uso de híbridos susceptibles, la siembra directa y la intensificación del cultivo son condiciones que predisponen a la ocurrencia de MNT (Debaeke y Pérès, 2003) y ALT. No existen cultivares comerciales de girasol con alto nivel de resistencia a estas enfermedades, sin embargo, varios reportes describen resistencia parcial de tipo cuantitativa tanto para MNT (p. ej. Darvishzadeh *et al.*, 2007) como para ALT (p. ej. Reddy *et al.*, 2006).

Los fungicidas foliares demoran la senescencia ocasionada por MNT, principalmente en las hojas de los estratos medios y superiores (Quiroz *et al.*, 2014). Las enfermedades foliares se relacionan negativamente con el área foliar verde, la intercepción y eficiencia de uso de la radiación, y el rendimiento (Quiroz *et al.*, 2014; Leite *et al.*, 2006). Dado que la eficiencia fotosintética de una hoja depende de su edad y de su posición en el tallo (English *et al.*, 1979; Rousseaux *et al.*, 1996), la importancia del efecto de MNT y ALT sobre el rendimiento dependerá de la ubicación de las hojas afectadas y del estadio fenológico en que ocurra la infección.

ALT y MNT se manifiestan principalmente a partir de floración (Gulya *et al.*, 1997), y su desarrollo se ve favorecido en condiciones de alta densidad, y disponibilidad hídrica y de nutrientes (Gulya *et al.*, 1997; Debaeke y Pérès, 2003). Las características meteorológicas y la fecha de siembra

inciden sobre el ambiente de cultivo y, por lo tanto, sobre la manifestación de enfermedades. La siembra tardía se está difundiendo rápidamente en el sudoeste de Buenos Aires porque se relaciona con buen desarrollo vegetativo y mayor probabilidad de ocurrencia de precipitaciones durante la floración y el período de llenado de aquenios (Moschini *et al.*, 2002).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la prevalencia de las enfermedades foliares de girasol y estudiar su efecto sobre variables fisiológicas y ecofisiológicas relacionadas con el rendimiento del cultivo bajo diferentes ambientes productivos del sur de Buenos Aires, de manera de poder cuantificar su impacto y adquirir nuevas herramientas que permitan un manejo eficiente.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Cinco experimentos (Exp) fueron llevados a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria en Balcarce, Argentina (37°45' S, 58°18' O) durante las campañas productivas 2002/03, 2004/05, 2006/07, 2007/08 y 2008/09 (Exp 2003, 2005, 2007, 2008 y 2009, respectivamente), en un suelo argiudol típico serie Balcarce (entre 5 y 7,4% de materia orgánica), con al menos tres ciclos de secuencia de cultivo trigo-girasol previos.

La radiación global incidente, la heliofanía, la humedad relativa, la temperatura media del aire y las precipitaciones diarias fueron registradas en la casilla meteorológica de la estación experimental ubicada a 500 m de los experimentos (tabla 1). La fenología del cultivo se registró semanalmente según la escala propuesta por Schneider y Miller (1981). El paso del tiempo fue expresado como la sumatoria del tiempo térmico (°Cd) calculado a partir de la temperatura media diaria del aire y utilizando 6 °C como temperatura base (Kiniry *et al.*, 1992). Se consideró tiempo cero al estadio de floración ( $R_{5,1}$ ).

Los experimentos fueron conducidos bajo condiciones de inoculación natural de enfermedades foliares. Se incluyeron como factores de variabilidad los niveles de protección con fungicida (FUNG), la fecha de siembra (FS) y el cultivar (CV). Se utilizó un diseño de tres bloques completos aleatorizados con arreglo factorial en parcelas divididas, cuyos tratamientos se dispusieron en relación con el nivel o tamaño de parcela según: (i) Exp 2003 y 2005: híbridos > protección fúngica; (ii) Exp 2007, 2008 y 2009: fechas de siembra > híbridos = protección fúngica.

Los niveles de FUNG fueron: con protección fúngica (F): en los Exp 2003 y 2005 se aplicó una combinación de (i) carbendazim 12,5% + epoxiconazole 12,5% (Duett @, Basf, Buenos Aires, Argentina, 0,75 l.ha<sup>-1</sup> cada 15 días) y (ii) azoxistrobin 25% (Amistar @, Syngenta, Buenos Aires, Argentina, 0,5 l.ha<sup>-1</sup> cada 30 días), mientras que en los Exp

		Precipitaciones (mm)					Temperatura (°C)					Radiación solar (MJ m <sup>2</sup> d <sup>-1</sup> )				
		2002/03	2004/05	2006/07	2007/08	2008/09	2002/03	2004/05	2006/07	2007/08	2008/09	2002/03	2004/05	2006/07	2007/08	2008/09
oct	1-10	15	10	30	51	14	14,5	12,4	13,6	14,4	11,6	15,5	11,8	13,3	12,8	17,1
	11-20	257	30	22	25	6	15,4	13,3	13,1	14,0	14,7	14,2	16,3	14,4	16,0	17,4
	21-31	4	11	24	11	10	14,5	14,2	16,2	16,5	15,1	20,6	19,6	18,4	20,3	18,4
nov	1-10	64	32	18	23	34	15,3	14,7	13,8	13,2	18,7	16,2	17,7	22,6	19,4	20,4
	11-20	98	29	5	20	9	17,4	13,9	17,1	13,1	18,3	17,5	17,7	22,2	22,6	23,1
	21-30	7	9	5	5	11	17,7	19,4	17,0	17,7	22,3	23,8	19,8	22,6	21,8	20,7
dic	1-10	5	21	31	26	13	18,5	19,1	20,2	18,6	19,2	24,1	19,7	21,6	23,4	23,1
	11-20	33	16	75	0	7	19,6	19,5	22,3	19,0	22,5	23,4	23,4	21,2	26,2	22,2
	21-31	1	25	8	0	11	20,2	21,1	20,7	21,0	20,3	22,6	22,4	22,8	24,0	24,3
ene	1-10	44	11	8	61	10	19,9	23,7	20,5	22,2	22,1	23,6	22,0	21,1	23,7	25,7
	11-20	70	13	2	4	0	22,5	20,3	19,6	19,7	22,2	22,8	23,7	23,3	25,9	23,9
	21-31	10	44	26	92	15	21,8	19,3	21,7	22,2	23,1	22,5	22,3	20,6	17,0	24,7
feb	1-10	8	27	13	47	58	22,6	19,2	23,4	19,2	20,4	21,5	18,3	20,8	19,2	20,7
	11-20	44	1	88	36	6	18,6	21,4	20,2	21,8	24,2	16,3	16,3	17,9	19,0	21,8
	21-28/29	39	20	22	64	1	20,5	21,7	20,1	22,1	22,1	20,3	17,8	17,6	14,7	18,5
mar	1-10	88	58	149	209	56	23,0	18,4	18,0	19,8	20,9	17,7	16,2	14,9	11,8	15,3
	11-20	73	16	27	28	6	17,5	19,4	18,4	18,5	19,3	16,2	16,4	15,4	18,0	14,6
	21-31	6	15	36	6	4	17,0	16,5	18,4	17,1	17,4	11,7	15,1	13,1	14,4	17,9

Las precipitaciones fueron acumuladas en períodos de diez días. La temperatura y la radiación fueron promediadas en períodos de diez días.

**Tabla 1.** Precipitaciones acumuladas, y temperatura y radiación solar media diarias, en la Estación Experimental del INTA, Balcarce, Argentina.

Fuente de la información: elaboración propia.



Experimento	Fecha de siembra	Densidad (pl m <sup>-2</sup> )	Riego (mm)	Cultivar
2003	22 nov 2002 (TE)	7,2	150	Payé <sup>(1)</sup> ; Paraíso 30 <sup>(2)</sup>
2005	28 oct 2004 (TE)	5,6	250	Payé; Paraíso 30
2007	23 oct 2006 (TE)	5,0	90	Agrobel 967 <sup>(3)</sup> ; Trisol 600 <sup>(4)</sup> ; VDH 487 <sup>(5)</sup>
	5 dic 2006 (TA)			
2008	14 nov 2007 (TE)	5,5	138	Agrobel 967; Trisol 600; VDH 487
	12 dic 2007 (TA)			
2009	14 nov 2008 (TE)	5,5	250	Agrobel 967; Trisol 600; VDH 487
	12 dic 2008 (TA)			

**Tabla 2.** Fecha de siembra, densidad, cultivares y riego durante los experimentos.

TE=temprana; TA=tardía

<sup>(1)</sup> KWS Argentina S.A., Balcarce, Argentina <sup>(2)</sup> Nidera S.A., Junín, Argentina <sup>(3)</sup> Seminium S.A., Paraná, Argentina

<sup>(4)</sup> Dow Agrosiences Argentina S.A., Colón, Argentina <sup>(5)</sup> Advanta Semillas S.A. Junín, Argentina

Fuente de la información: elaboración propia.

2007, 2008 y 2009 se aplicó pyraclostrobin 13,3% + epoxiconazole 5% (Opera ®, Basf, Buenos Aires, Argentina, 0,75 l.ha<sup>-1</sup>) en los estadios fenológicos V<sub>6</sub> y R<sub>4</sub>; y sin protección fúngica (T): pulverizaciones con agua. Las pulverizaciones se realizaron con mochila de presión constante de 3,5 kg cm<sup>-2</sup>, con barra de cuatro pastillas cono hueco distanciadas 35 cm. El volumen de aplicación de caldo fue 150-170 l.ha<sup>-1</sup>. Las FS se indican en la tabla 2, considerando tempranas (TE) las de octubre y noviembre, y tardías (TA) las de diciembre. Los CV fueron seleccionados por la variabilidad en el comportamiento ante enfermedades, el largo de ciclo, el contenido de aceite y el contenido de ácidos grasos (Álvarez *et al.*, 2005, tabla 2). La eficiencia de control (EC) de los fungicidas fue estimada como: EC = (1 - (valor de enfermedad / T) x 100).

Las parcelas se constituyeron por cuatro surcos de 8 m de largo (Exp 2003 y 2005) y seis surcos de 6 m de largo (Exp 2007, 2008 y 2009), distanciados a 70 cm. Los surcos externos de cada parcela fueron considerados bordura. La densidad de siembra varió entre 5,0 y 7,2 pl.m<sup>-2</sup> (tabla 2). En todos los casos, el cultivo fue fertilizado antes de la siembra con 75 kg.ha<sup>-1</sup> de fosfato diamónico (46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 18% de N amoniacal) y en V<sub>7</sub> (Schneiter y Miller, 1981) con 60 kg ha<sup>-1</sup> de urea (46% N). Se realizaron riegos complementarios por aspersión utilizando un sistema de pivot central (tabla 2). Las malezas e insectos fueron controlados con técnicas culturales y químicas recomendadas (Díaz-Zorita y Duarte, 2002).

La incidencia de MNT (INC<sub>MNT</sub>) fue evaluada entre los estadios R<sub>8</sub> y R<sub>9</sub> en diez (Exp 2003 y 2005) y tres (Exp 2007, 2008 y 2009) plantas por parcela, como la proporción relativa de nudos con síntomas (N<sub>MNT</sub>) sobre el total por planta (NT; INC<sub>MNT</sub> = N<sub>MNT</sub> / NT x 100). En simultáneo, se evaluó la severidad de ALT en la hoja 20 (desde la base) según la escala diagramática de Leite y Amorim (2002). También se evaluó la severidad de MH (Leite y Amorim, 2002), de RB (escala diagramática de cinco niveles de severidad; Quiroz, no publicado) y de RN (Gulya *et al.*, 1990).

El área foliar (AF) se estimó cada 10 a 15 días entre floración (R<sub>5,1</sub>) y madurez fisiológica (R<sub>9</sub>, MF) en tres plantas representativas por parcela, a partir del ancho máximo de cada hoja, según la relación: AF = 1,7235 + 1,5128 \* ancho máximo (Pereyra *et al.*, 1982, modificado). A partir del AF por planta (suma del área de cada hoja), se calculó la duración del área foliar (DAF, integral de la curva de evolución de AF en función del tiempo térmico), a nivel de la hoja y de la planta.

Los capítulos de cada parcela fueron recolectados manualmente en el estadio R<sub>9</sub>, y sus achenios separados con trilladora estática de disco dentado. Se midió el peso de la muestra completa y de 1000 achenios (PMA). Se registró la humedad para calcular el rendimiento por m<sup>2</sup> a 5% de humedad (RTO). El número de achenios (NA) se midió a partir de capítulos individuales (Exp 2003 y 2005), o se estimó a partir del peso de la muestra total por parcela / PMA (siembra tardía del Exp 2007 y ambas fechas de siembra del Exp 2008) y se expresó por m<sup>2</sup>. El NA no fue medido en la fecha de siembra temprana del Exp 2007, ni en ambas fechas de siembra del Exp 2009. El contenido de aceite porcentual de los achenios (AC) se midió por resonancia magnética nuclear (Analyser Magnet Type 10, Newport Oxford Instruments, Buckinghamshire, England) a partir de 10 a 15 g de cada muestra.

A partir de los registros meteorológicos se calcularon variables compuestas para los períodos comprendidos por los 20 días previos y los 30 días posteriores a la floración (R<sub>5,1</sub>). Las variables calculadas para cada Exp, FS y CV fueron: cantidad de días con humedad relativa promedio mayor o igual a 80% (HR); cantidad de días con precipitaciones (DPP); volumen de precipitaciones acumuladas en mm (PP); suma de radiación incidente (SUMRAD); tiempo térmico calculado en grados día (TT).

Se realizaron análisis de la varianza para las variables incidencia de MNT, severidad de ALT y RN, AF, DAF, RTO, NA, PMA y AC (Balzarini *et al.*, 2008). El análisis se realizó

por experimento y combinando experimentos de igual diseño y metodología de muestreo experimental. Los Exp 2003 y 2005, y los Exp 2007, 2008 y 2009 fueron analizados por separado. La normalidad de los datos se chequeó mediante la prueba de Kruskal-Wallis. Los promedios de tratamientos y sus interacciones se compararon con la prueba de LSD Fisher ( $P \leq 0,05$ ). Se realizaron análisis de correlación Pearson entre las variables (sanitarias, fisiológicas y meteorológicas) y análisis multivariados de componentes principales (CP) y biplot (Balzarini *et al.*, 2008). Solo fueron incluidas en este análisis las variables que se registraron en todos los ambientes (Exp y FS) y, en el caso de variables autocorrelacionadas, se incluyó la de mayor aporte a los CP1 y CP2. Para la construcción del biplot se graficaron los primeros dos CP y se estandarizaron los datos para realizar el análisis sobre la matriz de correlación, en lugar de la matriz de covarianza de las variables (Balzarini *et al.*, 2008).

### RESULTADOS

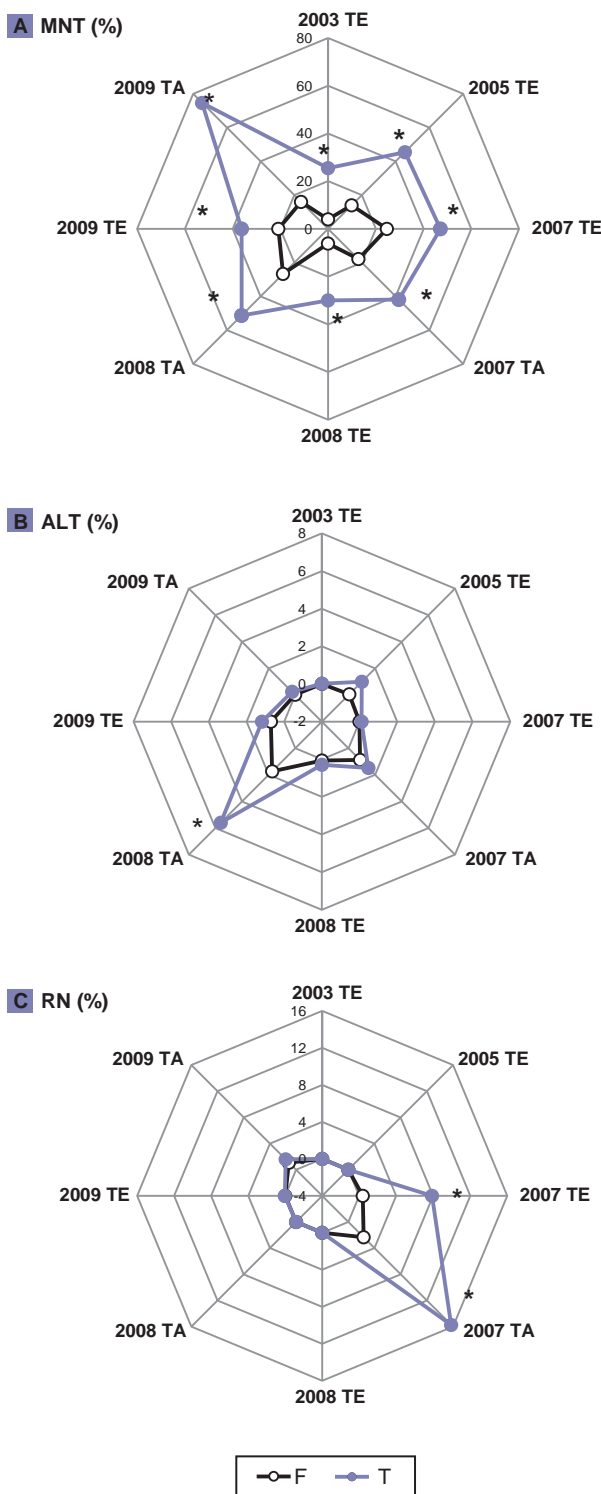
#### Prevalencia de enfermedades foliares, efecto de la fecha de siembra, de la protección con fungicida y del cultivar

Se detectó presencia de MNT en todos los experimentos y plantas evaluadas, dentro del rango de 19 a 81% de incidencia de nudos con MNT por planta (promedio de híbridos en parcelas testigo) y de ALT entre 0,3 y 10% de severidad, mientras que RN se observó solo en los Exp 2007 y 2009, dentro del rango de 0 y 23% de severidad. Los síntomas dependieron del experimento y la FS ( $P_{Exp}, P_{FS}, P_{Exp \times FS} \leq 0,05$ , figura 1). MNT y ALT estuvieron presentes en todos los ambientes evaluados, la primera con niveles de incidencia medios a altos en todos los casos (figura 1.A y 1.B). ALT y RN tuvieron alta severidad solo en la FS tardía del Exp. 2008 y en el Exp. 2007, respectivamente (figura 1.B y 1.C), coincidiendo en este último caso con condiciones de alta temperatura durante los meses de diciembre y febrero (tabla 1).

La expresión de enfermedades foliares fue mayor en FS tardía. La mayor incidencia de MNT en los Exp 2008 y 2009, y de severidad de ALT y RN en los Exp 2008 y 2007, respectivamente, en FS tardía coincidieron con mayor número de eventos y volumen de precipitaciones, y disminución de la radiación incidente durante el período de llenado de achenios (tabla 1).

La aplicación de fungicidas presentó alta eficiencia de control en las tres enfermedades. En MNT, la única enfermedad que presentó niveles medios o altos de síntomas en todas las situaciones ensayadas, la eficiencia de control osciló entre 42 y 84%, dependiendo del Exp y la FS ( $P_{Exp \times FS \times Fung} = 0,0001$ ), resultando proporcionalmente más efectivo en las FS tardías (figura 1.A). En las enfermedades que se manifestaron ocasionalmente, el fungicida disminuyó 69% la severidad de ALT en la FS tardía del Exp 2008 (figura 1.B), y 95 y 85% la severidad RN en las FS temprana y tardía, respectivamente, del Exp 2007 (figura 1.C).

Solo dos cultivares presentaron un comportamiento diferencial frente a las enfermedades evaluadas (resultados



**Figura 1.** Incidencia de mancha negra del tallo por *P. macdonaldii* (A), severidad de macha de la hoja por *A. helianthi* (B) y severidad de roya negra por *P. helianthi* (C) durante los experimentos 2003, 2005, 2007, 2008 y 2009, con fecha de siembra temprana (TE) o tardía (TA). La aplicación de fungicidas (F) está representada con símbolos blancos y el control (T) con símbolos negros. Los resultados son promedio de los cultivares ( $P_{FUNG \times CV} > 0,05$ ). Los asteriscos indican diferencia significativa (LSD Fisher  $P \leq 0,05$ ) entre los niveles de protección fúngica.

Fuente de la información: elaboración propia.

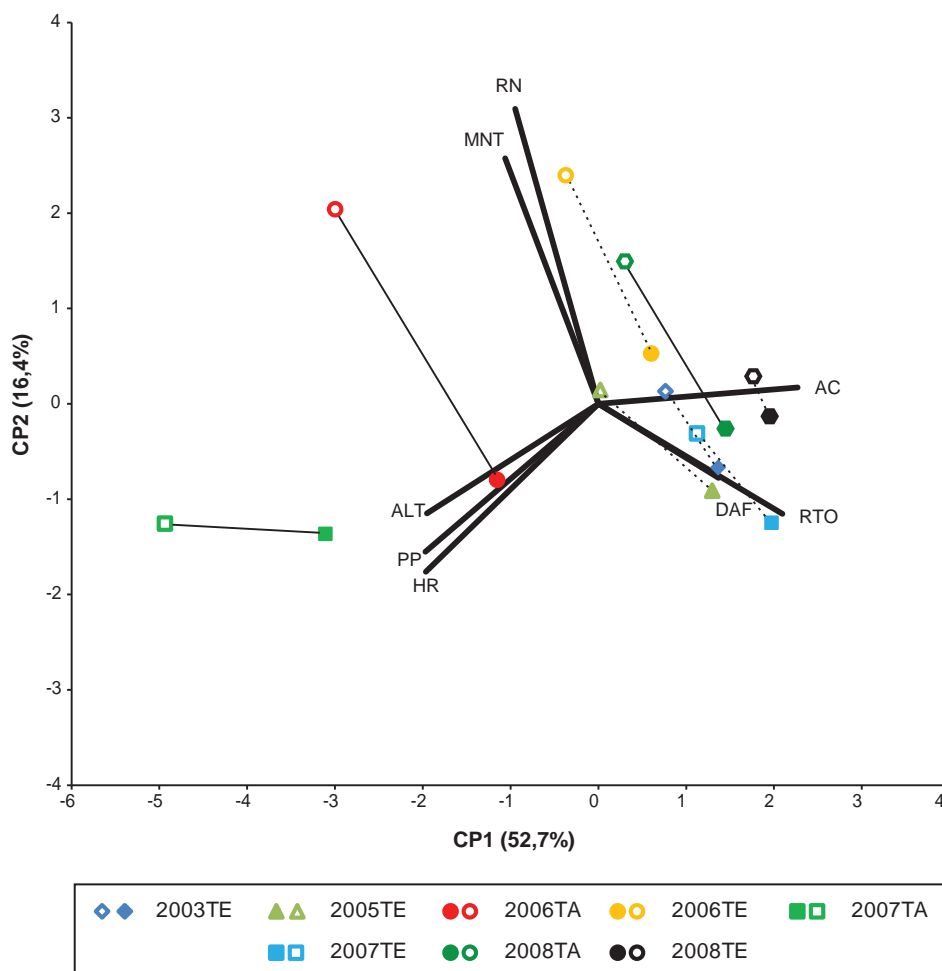
no presentados). El híbrido VDH 487 tuvo un mayor nivel de susceptibilidad a ALT que el resto de los cultivares, en la FS tardía del Exp 2008 (LSD Fisher  $P \leq 0,05$ ). El híbrido Agrobrel 967 presentó una mayor resistencia a RN que el resto de los cultivares ensayados, en la FS tardía del Exp 2007 (LSD Fisher  $P \leq 0,05$ ).

### Asociación entre enfermedades foliares y variables meteorológicas y fisiológicas relacionadas con el rendimiento

La incidencia de MNT se asoció negativamente con la DAF, el PMA, el NA y el RTO ( $r = -0,57, -0,43, -0,42$  y  $-0,63$ , para DAF, PMA, NA y RTO, respectivamente;  $P \leq 0,05$  para las cuatro asociaciones). ALT y RN también se asociaron negativamente con NA y RTO ( $r = -0,41$  y  $-0,58$

en ALT, y  $r = -0,39$  y  $-0,56$  en RN, para NA y RTO, respectivamente;  $P \leq 0,05$  para las cuatro asociaciones).

El análisis de componentes principales muestra una separación de los resultados por ambiente (Exp y FS) y nivel de protección fúngica en el primer componente del biplot (CP1), siendo las FS tardías de 2006 y 2007 las que aportan más a la variabilidad (figura 2). Los ambientes se caracterizaron por su condición hídrica durante floración y llenado de achenos (HR y PP), en asociación positiva con la condición sanitaria (principalmente ALT) y negativa con AC y, en menor medida, con DAF y RTO (CP1 = 52,7%; figura 2). El segundo componente (CP2 = 16,4%) separó los niveles de protección fúngica, caracterizados principalmente por MNT y RN, y su impacto negativo sobre RTO y DAF. El efecto de la manifestación de las enfermedades foliares y su impacto sobre el rendimiento, el peso y número de



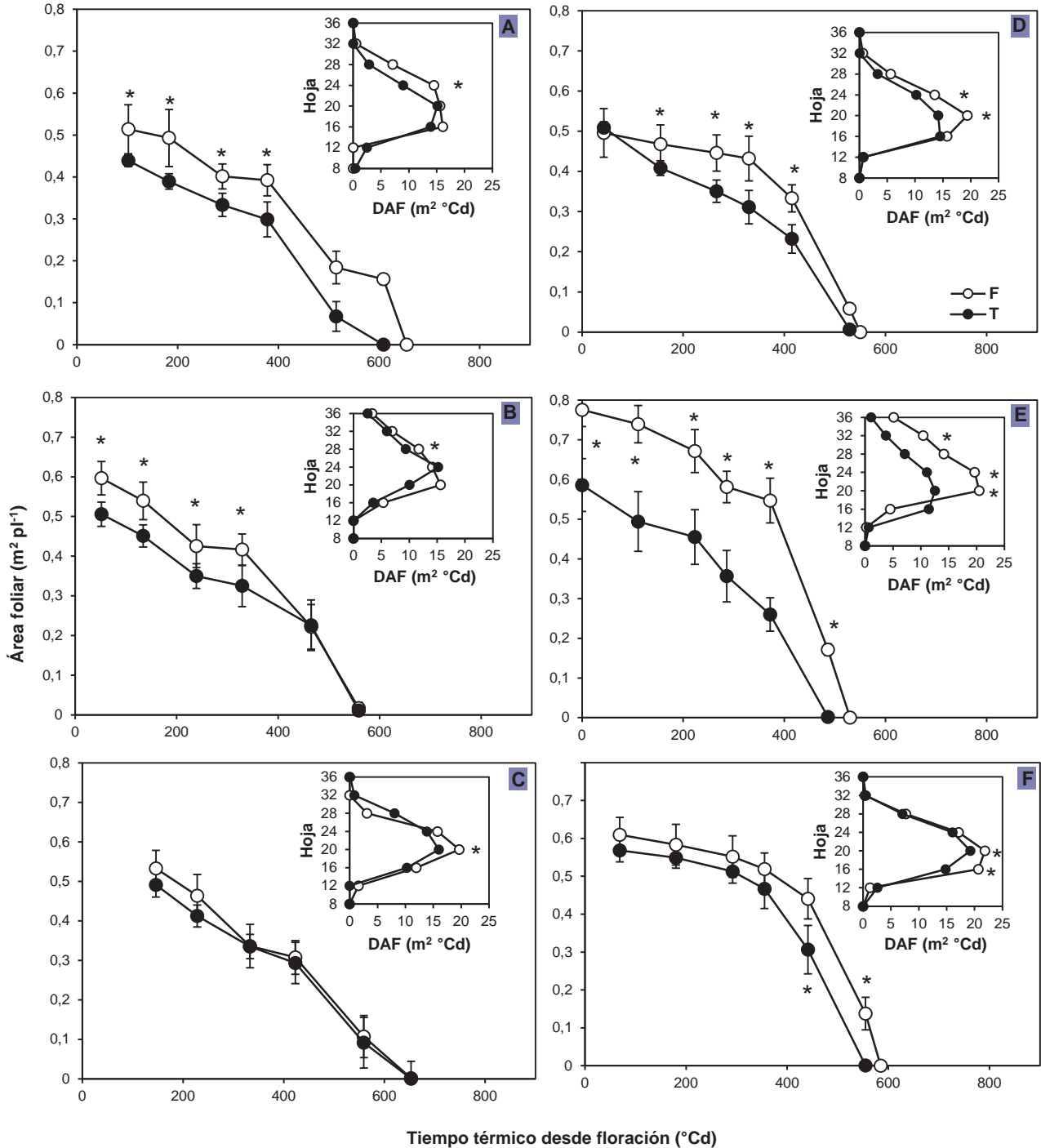
**Figura 2.** Biplot derivado del análisis de los componentes principales (CP 1 y CP 2) incluyendo la aplicación (símbolos llenos) o no (símbolos vacíos) de fungicidas en los experimentos 2003, 2005, 2007, 2008 y 2009, con fecha de siembra temprana (líneas grises discontinuas) o tardía (líneas grises continuas), asociados a variables meteorológicas: precipitaciones acumuladas los 30 días posteriores a la floración (PP) y cantidad de días con humedad relativa mayor a 80% entre los 20 días previos y los 30 posteriores a la floración (HR), epidemiológicas: incidencia de mancha negra del tallo por *P. macdonaldii* (MNT), severidad de mancha de la hoja por *A. helianthi* (ALT) y severidad de roya negra por *P. helianthi* (RN), y fisiológicas: rendimiento de achenos (RTO), contenido de aceite (AC) y duración del área foliar (DAF).

Fuente de la información: elaboración propia.

aquenos, y el contenido de aceite está representado por el largo y la dirección de los vectores continuos (FS tardías) y discontinuos (FS tempranas) de la figura 2. Estos efectos presentan la mayor magnitud en FS tardías y FS temprana del Exp 2007.

**Efecto de la aplicación de fungicidas sobre el área foliar y la duración del área foliar**

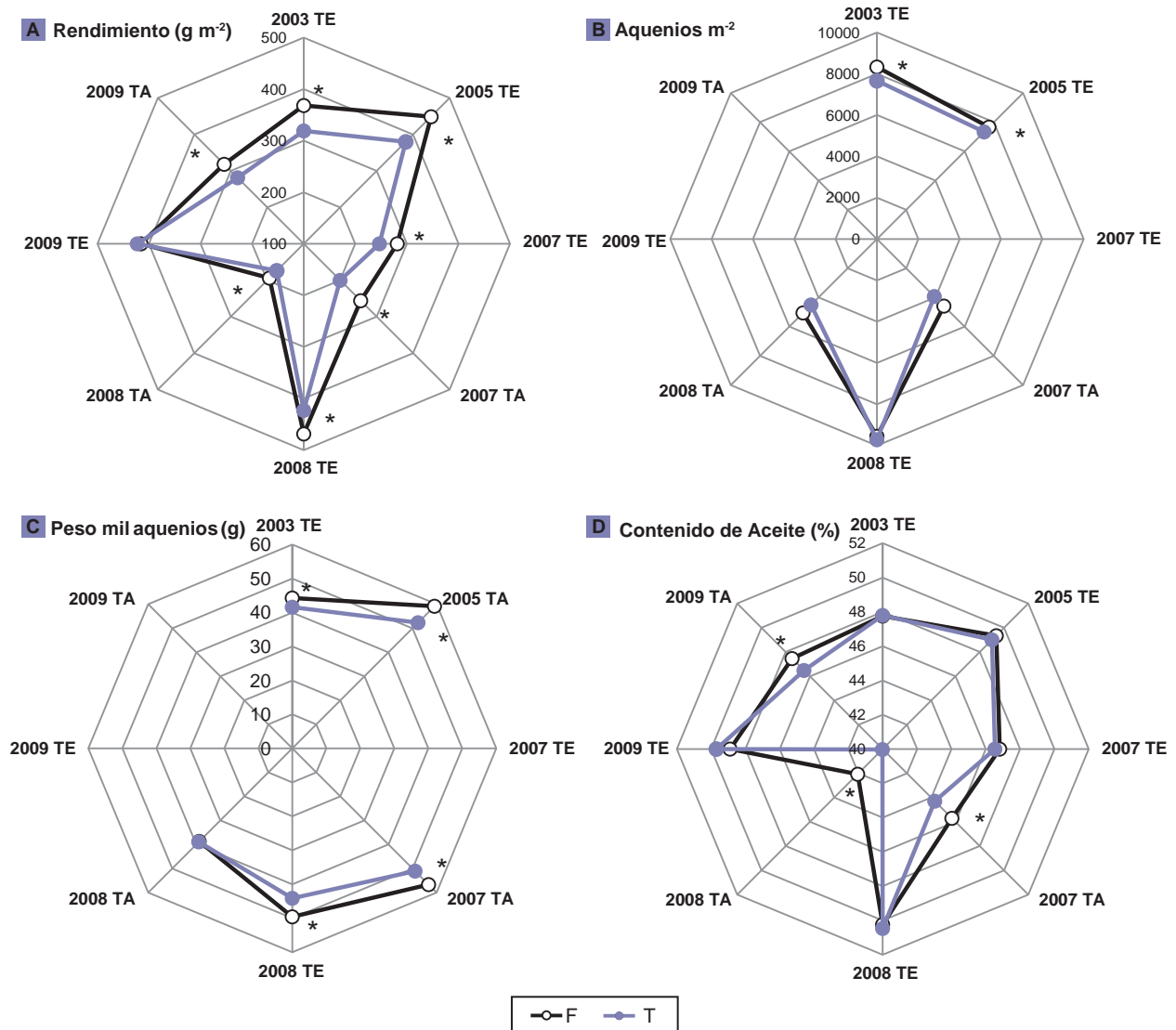
A partir de floración, el AF de las plantas sin protección fúngica disminuyó en comparación con el de las plantas pro-



**Figura 3.** Área foliar en función del tiempo térmico desde floración para la fecha de siembra temprana (A, B y C) y tardía (D, E y F) del experimento 2007. La aplicación de fungicidas (F) está indicada con símbolos blancos y el testigo (T) con símbolos negros. Los cultivares son: VDH 487 (A y D), Trisol 600 (B y E) y Agrobrel 967 (C y F). En los insertos se muestra la duración del área foliar (DAF) de las hojas 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32 y 36. Los asteriscos indican diferencia significativa entre los niveles de protección fúngica ( $P_{\text{FUNG}} \leq 0,05$ ;  $P_{\text{FUNG} \times \text{CV}/\text{y/o FS}} \leq 0,05$ ). Las líneas verticales sobre cada símbolo indican el error estándar del valor promedio ( $n = 9$ ).

Fuente de la información: elaboración propia.





**Figura 4.** Rendimiento de aqueños (A), número de aqueños (B), peso de mil aqueños (C) y contenido de aceite (D) en madurez fisiológica de los experimentos 2003, 2005, 2007, 2008 y 2009, en fechas de siembra temprana (TE) y tardía (TA). El número de aqueños y el peso de mil aqueños se midieron en los experimentos 2003, 2005, 2007 (TA) y 2008 (TE y TA). La aplicación de fungicidas (F) está indicada con símbolos blancos y el testigo (T) con símbolos negros. Los resultados son promedio de los cultivares ( $P_{\text{FUNG} \times \text{CV}} > 0,05$ ). Los asteriscos indican diferencia significativa (LSD Fisher  $P \leq 0,05$ ) entre los niveles de protección fúngica.

Fuente de la información: elaboración propia.

tegidas, en la mayoría de los ambientes de experimentación (combinación de Exp y FS) y CV evaluados (p. ej. Exp 2007, figura 3). Estas diferencias se manifestaron desde el principio (figura 3.A, B), hacia el final (figura 3.F) o durante todo el período de llenado de los aqueños (figura 3.D, E).

La DAF por planta fue en promedio 22% mayor en el tratamiento con protección fúngica en comparación con el testigo ( $P \leq 0,0032$ ). No se detectaron diferencias en DAF por planta por protección fúngica en la FS temprana del Exp 2007 (F: 219 m<sup>2</sup>°Cd vs. T: 186 m<sup>2</sup>°Cd) y en la FS tardía del Exp 2008 (F: 206 m<sup>2</sup>°Cd vs. T: 218 m<sup>2</sup>°Cd) (LSD Fisher  $P = 0,05$ ;  $P_{\text{Exp} \times \text{FS}} = 0,04$ ). La protección con fungicidas se relacionó con una

mayor DAF en las hojas 16 (Exp 2007 y 2008;  $P = 0,05$ ), 20 ( $P \leq 0,0124$ ), 24 ( $P \leq 0,0355$ ), 28 (Exp 2003 y 2005;  $P = 0,0063$ ) y, ocasionalmente, 32 ( $P \leq 0,0272$ , Exp 2003 y 2005). En los gráficos insertos de la figura 3, se presentan de manera ilustrativa los resultados del Exp 2007.

#### Efecto de la aplicación de fungicidas sobre el rendimiento y sus componentes

La aplicación de fungicidas foliares aumentó entre 11 y 17% el rendimiento comparado con las plantas testigo ( $P \leq 0,0001$ ; figura 4.C). El rendimiento en FS temprana fue 58% mayor que en FS tardía ( $P \leq 0,0001$ ).

El NA aumentó 7% en las parcelas protegidas con fungicidas en comparación con las testigo en los Exp 2003 y 2005 ( $P = 0,042$ , figura 4.B). La FS temprana en 2008 presentó aproximadamente 50% más achenios que la FS tardía en 2007 y 2008 ( $P_{\text{Exp} \times \text{FS}} \leq 0,0001$ ). Las plantas protegidas aumentaron 9% el PMA en comparación con el testigo sin fungicida ( $P \leq 0,022$ ; figura 4.A). El PMA en el Exp 2008 fue mayor en las parcelas con FS temprana que en aquellas con FS tardía. El CA en plantas protegidas con fungicida fue 1,4% mayor que en las testigo únicamente en las FS tardías ( $P_{\text{FS} \times \text{Fung}} = 0,0002$ , figura 4.D). El híbrido Trisol 600 presentó el menor CA (40,2%), y Agrobél 967 el mayor (51%). Asimismo, la FS temprana presentó valores CA 4,4% mayores que la FS tardía ( $P \leq 0,0001$ ; figura 4.D).

## DISCUSIÓN

Se estableció la presencia de MNT, ALT y RN. MNT tuvo niveles medios a altos en todos los ambientes. Las condiciones de lluvias frecuentes y temperaturas entre templadas y altas, habituales durante el desarrollo del cultivo de girasol en el sudeste bonaerense, favorecen la liberación y dispersión de ascosporas y picnidiosporas de *P. macdonaldii* (inóculo presente en residuos de cultivos anteriores) por efecto de la lluvia y el viento (Roustaei *et al.*, 2000; Descorps *et al.*, 2012).

ALT alcanzó niveles altos de severidad solo en la FS tardía del Exp 2008, luego que el cultivo atravesara un período atípico de precipitaciones recurrentes. Las lluvias junto a una elevada HR favorecen la producción de conidios de *A. helianthi* (Abbas *et al.*, 1995), su diseminación (Gulya *et al.*, 1997), germinación e infección en las hojas. RN también tuvo una manifestación excepcional en ambas FS del Exp 2007, aunque especialmente alta en la tardía. Las condiciones meteorológicas fueron calurosas durante los meses de diciembre y febrero (19-24 °C). Estas temperaturas se encuentran dentro del rango óptimo para la germinación de uredosporas, penetración de *P. helianthi*, producción de pústulas y producción de uredosporas (Sood y Sackston, 1972 a y b).

Las FS tardías presentaron, en general, más síntomas de enfermedades foliares que las tempranas, en asociación con las elevadas precipitaciones y humedad relativa y la menor heliofanía ocurridas durante el período de llenado de achenios. El efecto de la FS sobre la manifestación de patógenos foliares de girasol ha sido reportado previamente en la literatura, inclusive se sugiere a la FS como práctica de manejo para disminuir MNT (Debaeke y Pérès, 2003) y ALT (Allen *et al.*, 1983). En coincidencia con nuestros resultados, Debaeke y Pérès (2003) observaron mayor manifestación de MNT en cultivos de girasol sembrados en FS tardías en Francia. En India, la estación de desarrollo invernal del cultivo, caracterizada por temperaturas templadas y abundantes precipitaciones, favoreció la infección de *A. helianthi* (Sahu *et al.*, 1991).

El cultivar no fue un factor de relevancia en la manifestación de las enfermedades estudiadas. Existen fuentes

de resistencia parcial a ALT y MNT (Darvishzadeh *et al.*, 2007; Reddy *et al.*, 2006). La naturaleza cuantitativa de la resistencia genética a estas enfermedades es superada frecuentemente en ambientes muy predisponentes como los incluidos en este estudio. Si bien existen fuentes de resistencia completa a RN (Gulya *et al.*, 1997), e incluso híbridos comerciales argentinos inmunes (Quillehauquy *et al.*, 2007), ninguno de ellos fue incluido en la presente investigación.

La protección con fungicida fue efectiva y disminuyó la manifestación de las enfermedades, tanto cuando se aplicaron dos veces como cuando se aplicaron periódicamente. El contraste entre los tratamientos de protección permitió cuantificar el impacto conjunto de MNT, ALT y RN sobre variables fisiológicas y componentes del rendimiento (peso y número de achenios) y la calidad del girasol. MNT presentó la mayor asociación (negativa) con DAF, NA, PMA y RTO. El impacto de ALT y RN sobre estas variables y AC estaría relacionado con la ocurrencia de epifitias severas, como las observadas en los Exp 2008 con FS tardía y 2007, respectivamente. La manifestación conjunta de las enfermedades foliares dificulta su estudio individual. En los Exp 2003, 2005 y 2009, MNT fue la única enfermedad foliar que se presentó en forma conspicua, observándose su efecto sobre el rendimiento cuando se protegió con fungicida. Los resultados del presente trabajo sugieren un beneficio productivo por la aplicación regular de fungicidas foliares en cultivos de girasol de alto potencial del sur de Buenos Aires. La implementación de esta práctica debería evaluarse junto al beneficio económico e impacto sobre el ambiente y la potencial generación de resistencia de los patógenos.

Existe evidencia de la disminución de rendimiento asociada a MNT (Velázquez y Formento, 2003), ALT (Leite *et al.*, 2006) y RN (Siddiqui y Brown, 1977). En este trabajo el rendimiento fue afectado principalmente a través de PMA, aunque NA también disminuyó en algunos casos (Exp 2003 y 2005), en concordancia con Allen *et al.* (1981) y Chattopadhyay (1999), en ALT, Siddiqui y Brown (1977), en RN, y Velázquez y Formento (2003) y Quiroz *et al.* (2014), en MNT.

De acuerdo con la bibliografía, nuestros resultados muestran que las enfermedades foliares disminuyen el AF y la DAF por senescencia prematura de las hojas, con un efecto consecuente en la interceptación de la radiación (resultados no presentados), cuando el AF cae por debajo de cierto valor crítico (Carretero *et al.*, 2010). La disminución del AF por efecto de las enfermedades fue detectada en estadios avanzados del período de llenado de achenios (más de 350 °Cd después de floración), y explicaría el efecto de las mismas sobre el PMA (Dosio *et al.*, 2000). Solo en algunos casos el efecto de las enfermedades ocurrió alrededor de la floración y, por lo tanto, podría explicar la disminución en NA, dado que este es el período crítico para su fijación (Cantagallo *et al.*, 2004).

Un nivel bajo de enfermedades se asocia, en general, con la manifestación en hojas inferiores. Estas hojas son más pequeñas y viejas, y su deterioro tiene menor incidencia en el AF total, la interceptación de radiación y la fotosíntesis, que el de hojas superiores. En concordancia, el

efecto de las enfermedades foliares sobre variables ecofisiológicas en trigo se relacionó con presencia de síntomas en las hojas superiores (Carretero *et al.*, 2010). El mayor efecto de las enfermedades sobre la DAF se observó principalmente en las hojas del estrato medio, y algunas hojas del estrato superior, en coincidencia con lo reportado para MNT por Quiroz *et al.* (2014), y para marchitez por *Verticillium* por Sadras *et al.* (2000). Johnson (1987) destacó la importancia de la posición en altura de cada hoja con síntoma en relación con su efecto sobre variables ecofisiológicas determinantes del rendimiento. En girasol, la mayor cantidad de radiación interceptada durante el período de llenado de los aquenios es realizada por las hojas de los estratos medios a superiores (el estrato comprendido entre las hojas 20 y 28 interceptó y acumuló el 60% de la radiación recibida, Dosio, resultados no publicados), coincidiendo, en términos generales, con las hojas que más respondieron a la aplicación con fungicidas en este trabajo.

Por lo tanto, la aplicación estratégica de fungicidas para proteger este grupo de hojas, basada en los estadios de desarrollo y el crecimiento de estas, combinados con la residualidad de los ingredientes activos, no solo resulta una técnica promisoriosa para incrementar la eficiencia de los fungicidas y reducir su uso, sino que también sería beneficioso desde el punto de vista productivo, a través de la protección de los estratos de hojas ecofisiológicamente más productivos.

## CONCLUSIONES

La mancha negra del tallo resultó la enfermedad más prevalente en el cultivo de girasol. Los ambientes favorables para el desarrollo de epifitias severas de ALT y RN ocurrieron solo en fechas de siembra tardía. Las enfermedades foliares aceleraron la senescencia de hojas, especialmente en los estratos medios o superiores. La protección de las hojas mediante el uso de fungicidas controló con eficiencia estas enfermedades. Se observó efecto negativo de las enfermedades foliares sobre el rendimiento. El peso de los aquenios fue el componente de rendimiento más afectado, mientras que el aceite solo disminuyó por efecto de las enfermedades foliares en las siembras tardías. Los resultados obtenidos tienen especial aplicación en la región sur de la provincia de Buenos Aires, donde las condiciones meteorológicas habituales generan ambientes predisponentes.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina y la Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. Los resultados forman parte de la Tesis Doctoral del primer autor. Los autores quinto y sexto pertenecen al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET, Argentina). Los Sres. Giuliano, Méndez, Antonelli y Zabaleta colaboraron en la realización de los experimentos y mediciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABBAS, H.K.; EGLEY, G.H.; PAUL, R.N. 1995. Effect of conidia production temperature on germination and infectivity of *Alternaria helianthi*. *Phytopathology* 85, 677-682.
- ACIMOVIC, M. 1988. Sunflower disease in Europe and some countries outside Europe in the period 1984-1986. *Helia* 14, 129-144.
- ALLEN, S.J.; KOCHMAN, J.K.; BROWN, J.F. 1981. Losses in sunflower yield caused by *Alternaria helianthi* in southern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 21 (108), 98-100.
- ALLEN, S.J.; BROWN, J.F.; KOCHMAN, J.K. 1983. Effects of temperature, dew period, and light on the growth and development of *Alternaria helianthi*. *Phytopathology* 73 (6), 893-896.
- ÁLVAREZ, D.; QUILLEHAUQUY, V.; FIRPO, R.; QUIROZ, F. 2005. Red Nacional de Evaluación de Cultivares Comerciales de Girasol. Ciclos 2003/04 y 2004/05. Boletín N.º 9 de la Asociación Argentina de Girasol, p. 80.
- BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; CASANOVES, F.; DI RIENZO, J.A.; ROBLEDO, C.W. 2008. *INFOTAT Manual del Usuario*, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina. p. 336.
- BONACIC KRESIC, M.; PÉREZ, B.; ANGELONI, M.A. 1982. *Alternaria helianthi* (Harnsford) Tubaki y Nishihara, patógeno potencial del girasol (*Helianthus annuus* L.) en la Subregión Girasolera III de la República Argentina. Boletín Técnico N.º 85 del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental, Sáenz Peña, Argentina.
- CANTAGALLO, J.E.; MEDAN, D.; HALL, A.J. 2004. Grain number in sunflower as affected by shading during floret growth, anthesis and grain setting. *Field Crops Research* 85, 191-202.
- CARRETERO, R.; SERRAGO, R.A.; BANCAL, M.O.; PERELLO, A.O.; MIRALLES, D.J. 2010. Absorbed radiation and radiation use efficiency as affected by foliar diseases in relation to their vertical position into the canopy in wheat. *Field Crops Research* 116, 184-195.
- CARSON, M.L. 1985. Epidemiology and yield losses associated with *Alternaria* blight of sunflower. *Phytopathology* 75 (10), 1151-1156.
- CARSON, M.L. 1991. Relationship between Phoma black stem severity and yield losses in hybrid sunflower. *Plant Disease* 75, 1150-1153.
- CHATTOPADHYAY C. 1999. Yield loss attributable to *Alternaria* blight of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in India and some potentially effective control measures. *International Journal of Pest Management* 45 (1) 15-21.
- DARVISHZADEH, R.; KIANI, S.P.; DECHAMP-GUILLAUME, G.; GENTZBITTEL, L.; SARRAFI, A. 2007. Quantitative trait loci associated with isolate specific and isolate nonspecific partial resistance to *Phoma macdonaldii* in sunflower. *Plant Pathology* 56 (5), 855-861.
- DEBAEKE, P.; PÉRÈS, A. 2003. Influence of sunflower (*Helianthus annuus* L.) crop management on Phoma black stem (*Phoma macdonaldii* Boerema). *Crop Protection* 22, 741-752.
- DESCORPS, C.; HERBRARD, C.; RAKOTONINDRAINANA, T.; DECHAMP-GUILLAUME, G.; MESTRIES, E.; AUBERTOT, F. 2012. Advances in *Phoma macdonaldii* (*Leptosphaeria lindquistii*) epidemiology. 18.ª Conferencia Internacional de Girasol, Mar del Plata, Argentina, 26 de febrero al 1 de marzo. Actas de la Conferencia, 199-204.
- DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G.A. 2002. *Manual Práctico para el Cultivo de Girasol*. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. p. 320.
- DOSIO, G.A.A.; AGUIRREZÁBAL, L.A.N.; ANDRADE, F.H.; PEREYRA, V.R. 2000. Solar radiation intercepted during seed fill-

- ing and oil production in two sunflower hybrids. *Crop Science* 40 (6), 1637-1644.
- ENGLISH, S.D.; MCWILLIAM, J.R.; SMITH, R.C.G.; DAVIDSON, J.L. 1979. Photosynthesis and partitioning of dry matter in sunflower. *Australian Journal of Plant Physiology* 6, 149-164.
- GULYA, T.J.; VENNETTE, R.; VENNETTE, J.R.; LAMEY, H.A. 1990. Sunflower rust. NDSU Extension. Service. (Disponible: <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/rowcrops/pp998> verificado: 19 de febrero de 2014).
- GULYA, T.J.; RASHID, K.Y.; MARISEVIC, S.M. 1997. Sunflower diseases. En: Schneiter, A.A (Ed.). *Sunflower technology and production*. ASA, CSSA, SSSA. Madison, WI, EUA, pp. 263-380.
- JOHNSON, K.B. 1987. Defoliation and growth: a reply. *Phytopathology* 77, 1495-1497.
- KINIRY, J.R.; BLANCHET, R.; WILLIAMS, J.R.; TEXIER, V.; JONES, C.A.; CABELGUENNE, M. 1992. Simulating sunflower with the EPIC and ALMANAC 4 models. *Field Crops Research* 30, 403-423.
- LEITE, R.M.V.B.C.; AMORIM, L. 2002. Elaboração e validação de escala diagramática para mancha de *Alternaria* em girassol. *Summa Phytopathologica* 28, 14-19.
- LEITE, R.M.V.B.C.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. 2006. Relationships of disease and leaf area variables with yield in the *Alternaria helianthi*-sunflower pathosystem. *Plant Pathology* 55, 73-81.
- MOSCHINI, R. C.; DAMIANO, F.; ESCANDE, A. R.; PEREYRA, V.; TROGLIA, C.; PEDRAZA, M. V.; QUIROZ, F. J. 2002. Análisis probabilístico de la incidencia de la podredumbre blanda del capítulo de girasol en función del ambiente pre-post principio de floración en Balcarce. 9.º Reunión Argentina de Agrometeorología, Vaquerías, Argentina. I: 39-40.
- PEREYRA, V.R., FARIZO, C.L., CARDINALI, F.J. Y ORIOLI, G.A. 1982. Estimation of leaf area on sunflower plants. x International Sunflower Conference, Surfers Paradise, Australia. pp. 21-23.
- QUILLEHAUQUY, V.; QUIROZ, F.; FEOLI, C., 2007. Red nacional de evaluación de cultivares comerciales de girasol. Ciclos 2005-2006 y 2006-2007. Región Sur. Cuadernillo informativo N.º 12 de la Asociación Argentina de Girasol, p 34.
- QUIROZ, F.; CLEMENTE, G.; PÉREZ FERNÁNDEZ, J.; ESCANDE A. 2007. Respuesta a la aplicación de fungicidas en girasol para el control de enfermedades de fin de ciclo. *Fitopatología Brasileira* 32, 322.
- QUIROZ, F.J., EDWARDS MOLINA, J.P., DOSIO, G.A.A. 2014. Black stem by *Phoma macdonaldii* affected ecophysiological components that determine grain yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Field Crops Research* 160, 31-40.
- REDDY, C.V.C.M.; REDDY, A.V.V.; SINHA, B.; SHANTALAKSHMI, M. 2006. Screening sunflower genotypes for resistance against *Alternaria* blight. *Asian Journal of Plant Sciences* 5 (3), 511-515.
- ROUSSEAU, M.C.; HALL, A.J.; SANCHEZ, R.A. 1996. Far-red enrichment and photo-synthetically active radiation level influence leaf senescence in field-grown sunflower. *Journal of Plant Physiology* 96, 217-224.
- ROUSTAE A.; COSTES S.; DECHAMP-GUILLAUME, G.; BARRAULT, G. 2000. Phenotypic variability of *Leptosphaeria lindquistii* (anamorph: *Phoma macdonaldii*), a fungal pathogen. *Plant Pathology* 49, 227-234.
- SADRAS, V.O.; ECHARTE, L.; ANDRADE, F. 2000. Profiles of leaf senescence during reproductive growth of sunflower and maize. *Annals of Botany*. 85, 187-195.
- SAHU, B.; GHEMAWAT, M.S.; AGRAWAT, J.M. 1991. Susceptibility of sunflower plant to *Alternaria helianthi* as influenced by plant age. *Journal of Plant Diseases and Protection* 98, 103-106.
- SCHNEITER, A.A.; MILLER, J.F. 1981. Description of sunflower growth stages. *Crop Science* 21, 901-903.
- SIDDIQUI, M.Q.; BROWN J.F. 1977. Effects of simulated rust epidemic on the growth and yield of sunflower. *Australian Journal of Agricultural Research* 28, 389-393.
- SIIA-MAGPyA. Sistema integrado de información agropecuaria. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la República Argentina. (Disponible: <http://www.siia.gov.ar> verificado: 26 de junio de 2015).
- SOOD, P.N.; SACKSON, W.E. 1972a. Studies of sunflower rust. vii. Effect of light and temperature during spore formation on the germinability of fresh and stored uredospores of *Puccinia helianthi*. *Canadian Journal of Botany* 49, 21-25.
- SOOD, P.N.; SACKSON, W.E. 1972b. Studies of sunflower rust. xi. Effect of temperature and light on germination and infection of sunflowers by *Puccinia helianthi*. *Canadian Journal of Botany* 50, 1979-1886.
- VELÁZQUEZ, P.D.; FORMENTO, N. 2003. Efecto de la infección natural de *Phoma oleraceavar. helianthi-tuberosi* Sacc. sobre algunos caracteres agronómicos y el rendimiento de aceite de cuatro genotipos de girasol (*Helianthus annuus* L.) con dos niveles de fertilización nitrogenada. *Agrisciencia* 20, 29-34.



# Transmisión “intergeneracional” (agámica) de la tolerancia al estrés hídrico en *Solanum tuberosum* cv. Achat

STORANI, L.<sup>1,2</sup>; YANOVSKY, M.J.<sup>3</sup>

## RESUMEN

Los diferentes estreses tanto bióticos como abióticos afectan diversos cultivos y causan grandes pérdidas económicas. En los últimos años se han desarrollado estrategias para obtener plantas tolerantes a los diferentes estreses abióticos, que comprenden aproximaciones biotecnológicas o de mejoramiento clásico. En este trabajo evaluamos la posibilidad de generar mayor tolerancia al estrés hídrico utilizando una aproximación de manejo que tiene en cuenta la capacidad de algunas plantas de incrementar la tolerancia a un estrés determinado si generaciones previas fueron expuestas al mismo estrés. Plantas de papa cuya “generación” anterior fue sometida a sequía respondieron de forma diferenciada a un nuevo estrés hídrico, mostrando cambios en la conductancia estomática e integridad del fotosistema II que tuvo como consecuencia una menor reducción en el rendimiento en respuesta al estrés con respecto a plantas que no habían sido sometidas a sequía previamente. Este “efecto memoria” permitiría desarrollar plantas de papa con mayor tolerancia al estrés hídrico sin necesidad de modificación genética.

**Palabras clave:** papa, sequía, efectos transgeneracionales, plasticidad fenotípica.

## ABSTRACT

*Abiotic and biotic stresses affect several crops and cause huge economical losses. In recent years several strategies have been developed to obtain plants tolerant to abiotic stress. Such strategies include biotechnological approaches as well as classical breeding. We decided to evaluate the possibility of generating enhanced tolerance to water stress using a management approach that takes into account the ability of some plants to increase tolerance to a specific stress if previous generations were exposed to it. Potato plants, in which the previous generation was subjected to drought stress, show changes in stomata conductance and photosystem II integrity that are associated with a lower impact on yield reduction, compared to plants that were not exposed to drought before. This “memory” effect would allow the development of potato plants with greater tolerance to water stress without genetic modifications.*

**Keywords:** potato, drought, transgenerational effects, phenotypic plasticity.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Balcarce, Laboratorio de Agrobiotecnología. Balcarce. Ruta 226, km 73,5, (7620) Buenos Aires. Argentina. Correo electrónico: storani.leonardo@inta.gob.ar

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas vinculadas a la Agricultura (IFEVA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad Nacional de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Laboratorio de Fisiología Vegetal, Av. San Martín 4453 (C1417DSE), CABA, Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup>Fundación Instituto Leloir, Genómica Comparativa del Desarrollo Vegetal, Av. Patricias Argentinas 435 (C1405BWE), CABA, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: myanovsky@leloir.org.ar

## INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos más remarcables de las plantas es su capacidad de aclimatarse, es decir, de actuar en forma diferencial frente a una determinada señal si previamente fueron expuestas al mismo o a otros estímulos. En los últimos años, diversos investigadores mostraron que distintos tipos de estrés (como la sequía, las altas temperaturas) pueden ser “recordados” por las plantas y que estas pueden responder diferencialmente si fueron previamente expuestas a los mismos estreses (Hu *et al.*, 2015; Fleta-Soriano *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2015). Todos estos experimentos muestran respuestas diferenciales dentro de la misma generación.

Otros investigadores demostraron que las plantas eran capaces de transmitir dicha información (sobre los fenómenos ambientales a los que estuvo expuesta una determinada generación) a la siguiente generación, mediante mecanismos de recombinación homóloga o modificaciones epigenéticas (Migicovsky y Kovalchuk, 2014; Rahavi y Kovalchuk, 2013). El fenómeno en el cual se realiza una primera exposición a un agente estresante que luego puede modificar la respuesta a eventos posteriores de estrés se denomina *priming*. Debido a que muchas de las marcas epigenéticas se eliminan durante los estadios meióticos asociados a la reproducción sexual, en la mayoría de los casos, la aclimatación obtenida no es transmitida a la siguiente generación (Iwasaki, 2015).

La papa (*Solanum tuberosum*) es el tercer cultivo de importancia alimentaria del mundo, después del trigo y del arroz, y es la principal dicotiledónea en la alimentación humana. Argentina es el tercer país productor de papa de Sudamérica, y se encuentra entre los 30 países con mayor producción (FAO Crops statistics database, 2016: <http://faostat.fao.org/>). Debido a su multiplicación asexual, a partir de tubérculos (sin pasar por estadios meióticos), las plantas de papa son un buen sistema para evaluar si la exposición a un estrés puede ser transmitida a la siguiente “generación”. Si bien las plantas de papa no pasan por estadios meióticos, a las sucesivas multiplicaciones por tubérculos se las suele denominar generaciones (Rahman *et al.*, 2010; Omer y El-Hassar, 1992). En este trabajo sometimos a estrés por sequía a plantas de papa (con sus controles sin estrés), y luego evaluamos el efecto de esta historia de exposición en las respuestas frente al mismo tipo de estrés en la siguiente generación.

A partir de lo anterior proponemos la siguiente hipótesis: mediante un proceso de *priming* en la primera generación, las plantas de papa son capaces de responder diferencialmente al estrés hídrico en la generación siguiente. Para poner a prueba dicha hipótesis planteamos los siguientes objetivos: 1) evaluar el rendimiento en plantas de papa expuestas a sequía, 2) evaluar la respuesta a sequía en una generación posterior en plantas de papa con o sin exposición previa a dicho estrés, 3) determinar si el proceso de *priming* es capaz de disminuir la pérdida en el rendimiento ocasionado por la exposición a la sequía.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Origen de los materiales y diseño experimental

El experimento en el que se evaluó la capacidad de las plantas de papa de “memorizar” la exposición a una situación de déficit hídrico fue llevado a cabo en dos etapas. En la primera, se generaron dos grupos de plantas, uno que fue expuesto a sequía, y otro grupo control que se mantuvo bien hidratado durante todo el ciclo del cultivo. En la segunda etapa se llevó a cabo el experimento propiamente dicho, donde se compararon diversas respuestas fisiológicas entre plantas expuestas a déficit hídrico y plantas bien hidratadas, tanto en grupos de plantas que en la generación anterior habían sido expuestas a dicho estrés, como en plantas que sufrieron el estrés por primera vez. El experimento fue realizado en dos oportunidades en forma independiente.

Para la preparación del material se utilizaron tubérculos (papa semilla) del cultivar Achat. Se sembró un tubérculo de similar tamaño por maceta (de 3 litros de una mezcla de turba y perlita 1:1) en invernáculos del IFEVA (Fac. de Agronomía, UBA, Ciudad de Buenos Aires, Argentina 34° 35' 28.8" S; 58° 28' 46.6" O). Se mantuvo a las plantas emergidas con riego frecuente (cada dos días) por un período de un mes y medio (alternando con solución nutritiva de Hakaphos® rojo (NPK 18:18:18) y agua). Cuando las plantas comenzaron a estolonizar (proceso de formación de tubérculos) se comenzó con el tratamiento de sequía.

El tratamiento de sequía en la primera generación consistió en dejar de regar las plantas durante aproximadamente 10 días (hasta notarse signos de marchitamiento y una disminución de la conductancia estomática de un 50% con respecto a los controles que se mantuvieron regados) y luego se regaron para su recuperación. Dicho tratamiento se repitió por un lapso de dos meses. Una vez completado el ciclo del primer cultivo, se cosecharon los tubérculos, maceta por maceta. Los tubérculos cosechados fueron almacenados en oscuridad y a temperatura ambiente por tres meses hasta su brotación.

Para el experimento de sequía realizado en la segunda generación, se seleccionaron tubérculos que tuviesen tamaño similar. Se plantaron 20 tubérculos en macetas de tres litros, los cuales provenían de plantas que sufrieron estrés hídrico (plantas con *priming*) y otros 20 tubérculos que provenían de plantas que no tuvieron previamente estrés hídrico (plantas sin *priming*) (1 tubérculo por maceta). Al mes de iniciado el experimento se comenzó con el tratamiento de sequía. Para ello se formaron cuatro grupos:

- CC: plantas sin *priming* en 1.<sup>ra</sup> generación y sin estrés hídrico en 2.<sup>da</sup> generación (es decir, el grupo Control-Control).
- CS: plantas sin *priming* en 1.<sup>ra</sup> generación y sometidas a sequía en 2.<sup>da</sup> generación (grupo Control-Sequía).
- PC: plantas con *priming* en 1.<sup>ra</sup> generación y sin estrés hídrico en 2.<sup>da</sup> generación (grupo *Priming*-Control).
- PS: plantas con *priming* en 1.<sup>ra</sup> generación y sometidas a sequía en 2.<sup>da</sup> generación (grupo *Priming*-Sequía).

Se realizó un ensayo de parcelas apareadas, donde cada parcela estaba formada por un integrante de cada uno de los grupos, con un total de 10 parcelas. A cada una de las plantas se le midió el área foliar de la tercera hoja (Jerez Mompie *et al.*, 2014), así como el número de hojas al inicio del tratamiento de sequía.

El tratamiento de sequía consistió en dejar de regar las plantas por 12 días, mientras que los controles eran plantas regadas diariamente. Luego se volvieron a regar a todas las plantas, incluyendo las plantas control, hasta que las hojas senescieron y sus tubérculos fueron cosechados.

### Mediciones fisiológicas y de rendimiento

Luego de la exposición al tratamiento de estrés hídrico en la primera generación, se pesaron los tubérculos cosechados de plantas madres cultivadas con o sin *priming*, y se midió el peso fresco, así como el número de tubérculos por planta. Durante el crecimiento de las plantas en la siguiente generación, se compararon los fenotipos de las plantas con historias previas contrastantes en relación con el régimen hídrico. Durante los 12 días que duró el tratamiento de sequía, se midió la conductancia foliar y la fluorescencia de la clorofila. Por último, se cosecharon los tubérculos y se determinó el rendimiento de estos (peso fresco).

La conductancia estomática fue determinada utilizando un porómetro (Leaf Porometer Model SC-1 266, Decagon Devices Inc., Pullman, WA, EUA). La medición de conductancia estomática se realizó al mediodía, o cercano a él (siempre y cuando los días estuviesen soleados).

La medición de fluorescencia de la clorofila se realizó con el Fluorescence Monitoring System 2 (Hansatech Instrument, EUA) y se calculó la relación Fv/Fm en hojas adaptadas a la oscuridad. Para ello, se taparon las hojas durante 30 minutos previos a la exposición a la luz y se evaluaron diferentes parámetros (Fo, Fm, Fv). En particular, se calculó la relación Fv/Fm, que es ampliamente utilizada como indicador de fotoinhibición y daño al fotosistema II (Maxwell y Johnson, 2000).

Para el análisis estadístico de los datos fenotípicos se realizaron diversas pruebas, dependiendo de si los datos mostraban o no una distribución normal. En los experimentos donde se evaluaron la conductancia estomática y la relación Fv/Fm a lo largo del tiempo se utilizó un ANOVA de medidas repetidas. En cada una de las figuras se detallan las pruebas estadísticas realizadas. Se utilizó el programa GraphPad Prism (version 6.00 for Windows, GraphPad Software, La Jolla California EUA, www.graphpad.com).

## RESULTADOS

Las plantas madre, previo a comenzar el tratamiento de estrés, se encontraban todas en condiciones similares, tanto ambientales, como fenotípicamente. El tamaño de plantas era similar (datos no mostrados). Luego de la exposición a la sequía se observó una disminución en el ren-

dimiento con respecto al grupo control. El componente del rendimiento afectado fue el peso de los tubérculos ( $p < 0,05$  control:  $46,78 \pm 1,50$  g y sequía:  $24,82 \pm 0,73$  g) y no así el número de estos (control:  $3,49 \pm 0,19$  y sequía:  $4,16 \pm 0,27$ ) (figura 1). En la 2.<sup>da</sup> generación, el brotado de las plantas con *priming* fue mayor que el de las plantas sin *priming* (ca 100% y 87,5% respectivamente). Asimismo, la cantidad de vástagos que emergieron de cada tubérculo fue mayor en plantas con *priming* comparadas con plantas sin *priming* ( $p < 0,001$   $2,18 \pm 0,13$  y  $1,18 \pm 0,18$ , respectivamente) (figura 2).

Las plantas presentaron similar número (CC:  $6,90 \pm 0,23$ , CS:  $6,70 \pm 0,21$ , PC:  $6,80 \pm 0,25$ , PS:  $6,70 \pm 0,21$ ) y tamaño de hojas (CC:  $12,25 \pm 0,16$  cm<sup>2</sup>, CS:  $12,44 \pm 0,19$  cm<sup>2</sup>, PC:  $12,78 \pm 0,25$  cm<sup>2</sup>, PS:  $12,01 \pm 0,16$  cm<sup>2</sup>) al inicio del tratamiento de sequía, descartando que diferencias morfológicas en el área foliar de las plantas al inicio de los tratamientos pudieran condicionar los resultados del experimento (figura 3).

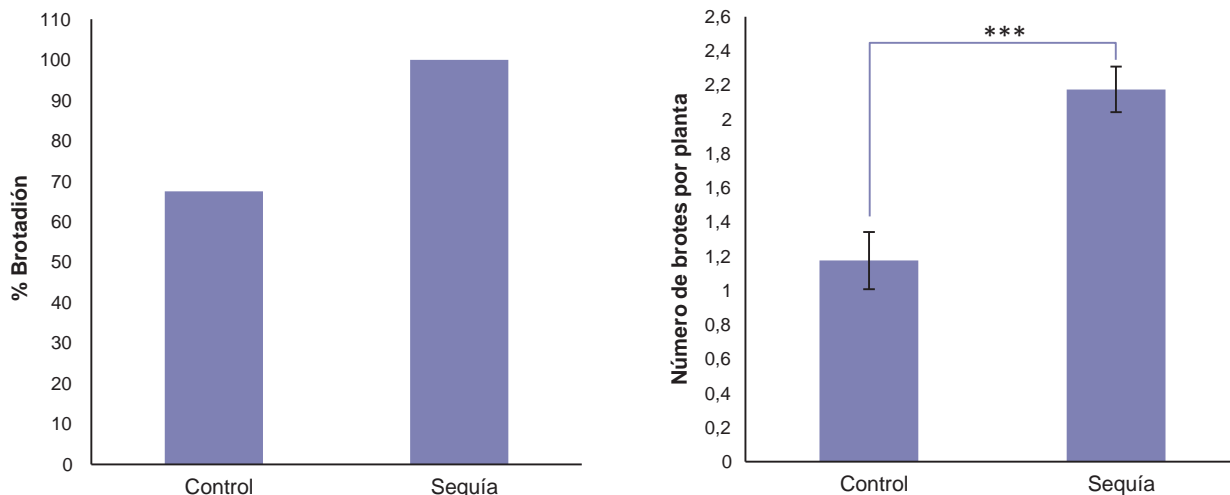
La respuesta de las plantas de papa frente a una sequía en la 2.<sup>da</sup> generación reveló diferencias significativas asociadas tanto al tiempo de exposición como al tratamiento de sequía (figura 4;  $p < 0,001$ ). A los 3 días de iniciado el tratamiento, se observaron diferencias entre las plantas con y sin *priming*. En plantas sin *priming* no hubo disminución significativa de la conductancia estomática. Sin embargo, en plantas con *priming* hubo una disminución de la conductancia estomática de 57%. Comparando las plantas con y sin *priming*, en condiciones de sequía, en plantas con *priming*, la disminución fue de 46% (figura 4). Esta diferencia entre plantas con y sin *priming* en condiciones de sequía fue observada únicamente a los 3 días de iniciado el tratamiento, y luego la conductancia estomática en ambos grupos fue similar, aunque menor que en plantas regadas.

En plantas sin *priming*, la relación Fv/Fm disminuyó luego de 5 días de iniciado el tratamiento de sequía, y esa disminución se mantuvo a lo largo de todo el experimento. Sin embargo, en plantas con *priming* la relación Fv/Fm se mantuvo constante a lo largo del experimento, aun cuando las plantas estaban sometidas a estrés hídrico, como se evidencia por la disminución en la conductancia estomática (figura 4). Este comportamiento estaría indicando que el déficit hídrico en plantas con *priming* no tuvo efecto sobre la integridad del fotosistema II.

Las plantas rindieron de manera similar en condiciones control durante la segunda generación, independientemente de la condición de cultivo en la generación anterior, indicando que en ausencia de estrés hídrico el *priming* no tuvo efecto significativo sobre el rendimiento. El tratamiento de estrés hídrico produjo una disminución en el rendimiento, cuya magnitud dependió de si las plantas tuvieron o no *priming*. En plantas sin *priming* se produjo una reducción del rendimiento cercana al 65%, mientras que en plantas con *priming* la reducción fue cercana al 40% (figura 5).

## DISCUSIÓN

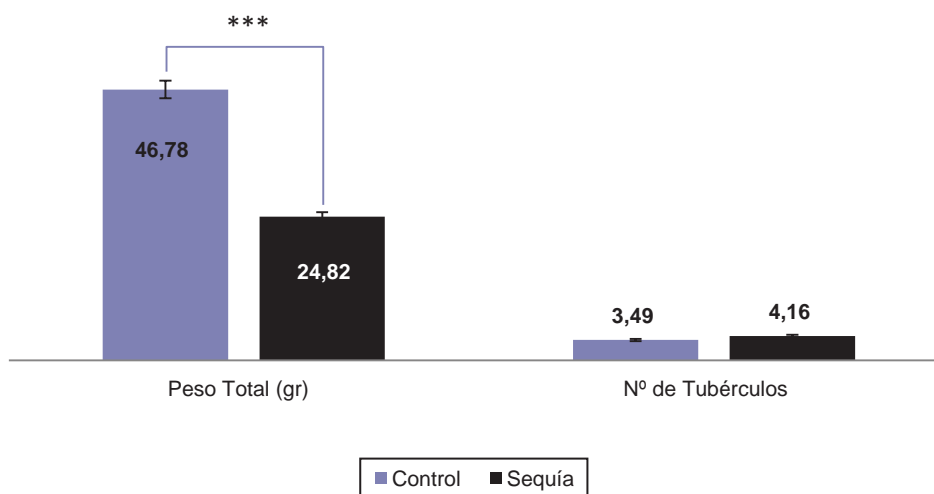
En una primera ronda de estrés, observamos una disminución en el rendimiento de los tubérculos de las plantas en



**Figura 1.** Brotación (izquierda) y número de brotes (derecha) en tubérculos provenientes de plantas crecidas en condiciones control y de sequía.

Los datos del gráfico de la derecha son promedio ± error estándar de 20 plantas.

\*\*\* indica diferencias significativas  $p < 0,0001$ . Se realizó una prueba de U Mann Whitney.



**Figura 2.** Rendimiento de plantas de *Solanum tuberosum* cv. Achat. Los datos son promedio ± error estándar de 20 plantas.

\*\*\* indica diferencias significativas  $p < 0,0001$ . Para el caso del peso total, donde los datos presentan distribución normal, se realizó un test de t no apareado. En el caso del número de tubérculos se realizó una prueba de U Mann Whitney.

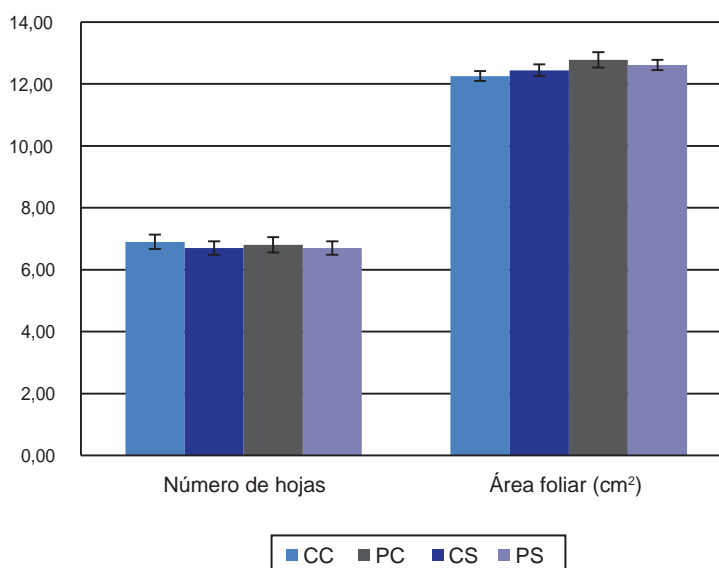
sequía versus las plantas sin estrés hídrico. La reducción en el peso de los tubérculos y no en el número de estos, se debe posiblemente al momento de inicio del estrés, donde el número potencial de tubérculos ya había sido determinado. Este *priming* posibilitó que, en la siguiente generación, las plantas respondan diferencialmente frente a un nuevo estrés abiótico.

La gran mayoría de los trabajos previos muestran efectos de exposiciones repetidas a un tratamiento de estrés en la misma generación (Kinoshita y Seki 2014; Goh *et al.*, 2013), pero no se evalúa si esa aclimatación perdura en la

siguiente generación. Sí se ha descrito que plantas que fueron expuestas a radiación UV de onda corta (UVC) presentaron menor cantidad de hojas que plantas no estresadas, y que el desarrollo de la floración se vio retrasado en una segunda generación (Migicovsky y Kovalchuk, 2014). Este efecto no fue observado en nuestros experimentos ya que las plantas no mostraron esa diferencia en la segunda generación, independientemente de si habían sido expuestas a sequía en la primera generación.

La reducción temporal de la conductancia estomática que observamos en plantas con *priming* frente a la sequía





**Figura 3.** Área foliar y número de hojas antes de iniciado el tratamiento de sequía. Los datos son promedio  $\pm$  errores estándar de 10 plantas. No se observan diferencias significativas, se realizó una prueba de Kruskal Wallis, con una comparación múltiple de Dunn. Nota: CC: plantas sin *priming* y sin estrés hídrico. CS: plantas sin *priming* sometidas a sequía. PC: plantas con *priming* y sin estrés hídrico. PS: plantas con *priming*, sometidas a sequía.

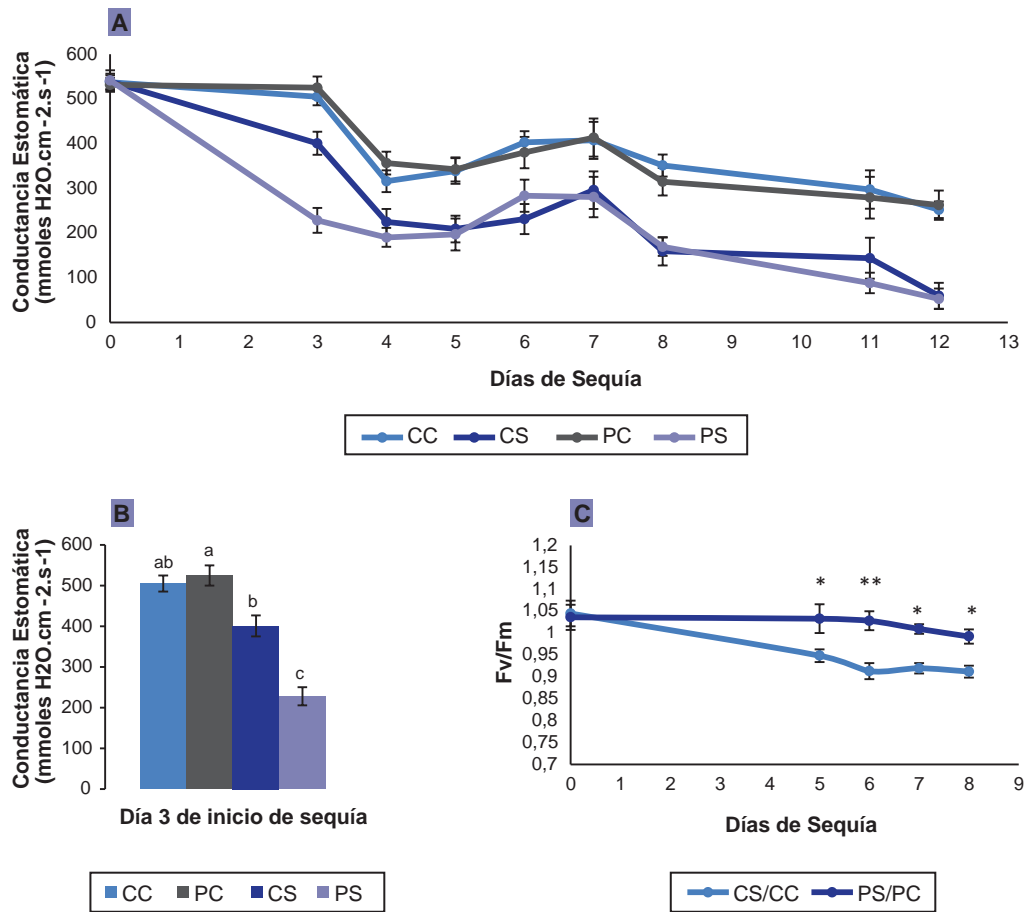
sugiere una sensibilidad mayor comparada con la de plantas sin *priming*. Esta mayor sensibilidad anticipada permitiría a las plantas mantener un estado hídrico favorable durante un período más prolongado. Un efecto similar fue observado en plantas transgénicas de papa que expresan de manera constitutiva un gen de *Arabidopsis thaliana* (*CBF1*) implicado en la tolerancia a estrés abiótico (Storani *et al.*, 2015). En ese trabajo, a los tres días de iniciado el tratamiento de sequía, las plantas transgénicas poseían una conductancia estomática menor que las plantas sin transformar, lo que les permitiría utilizar el agua de manera más eficiente y mantenerse turgentes por más tiempo. A los cinco días de iniciado el estrés, ambos grupos de plantas, con y sin *priming*, llegaron a valores similares, sugiriendo que las diferencias causadas por el *priming* están asociadas a una ventana temporal acotada, vinculada a un inicio más temprano de las respuestas adaptativas frente al estrés, quizá vinculado a la intervención del ABA (Goh *et al.*, 2003).

El cierre estomático reduce la pérdida de agua frente al estrés hídrico. Sin embargo, tiene un efecto negativo para las plantas al reducir la incorporación de dióxido de carbono. Con un menor ingreso de dióxido de carbono, la fotosíntesis se ve afectada y hay una gran cantidad de luz interceptada que no puede ser utilizada eficientemente en el proceso fotosintético, llegando a ocasionar daños en las hojas (Foyer y Allen, 2003). En nuestros experimentos observamos que las plantas con *priming* frente a un nuevo estrés hídrico fueron capaces de mantener los fotosistemas intactos, ya que no observamos diferencias con las plantas no estresadas, aunque las primeras tenían una conductancia estomática

menor. En cambio, en las plantas que no tuvieron el *priming*, se observó un daño en el fotosistema II desde los cinco días de iniciado el tratamiento de sequía hasta el fin de esta. Recientemente se observó que plantas de papa que fueron expuestas a sequía en una generación posterior al *priming*, tenían un mayor efecto antioxidante (Ramírez *et al.*, 2015). Un efecto similar se observó en plantas de trigo expuestas a altas temperaturas previamente sometidas a un *priming* (Wang *et al.*, 2016). Nuestras observaciones en relación con la integridad del fotosistema II, quizá también podrían deberse en parte a un mayor efecto.

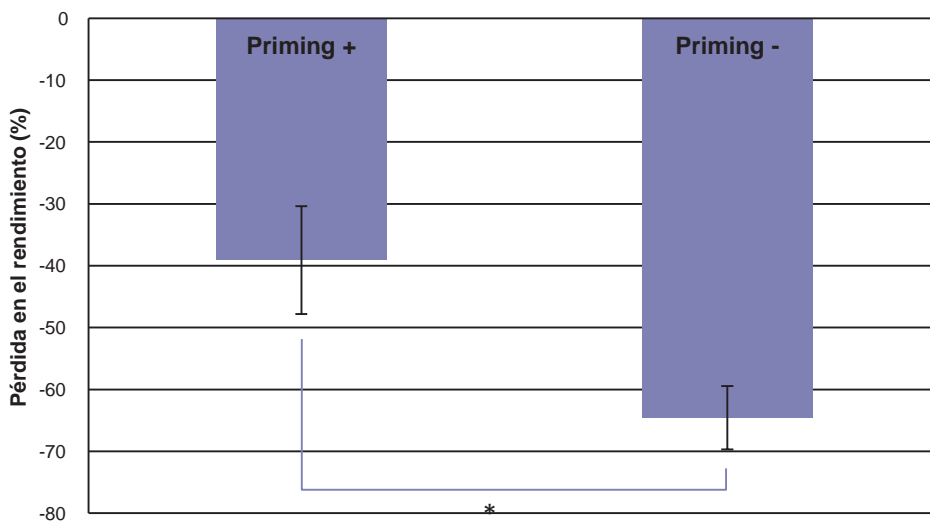
Un trabajo reciente muestra que plantas de papa expuestas a sequía luego de un *priming* tuvieron una pérdida menor en el rendimiento, comparadas con plantas sin *priming*, en uno de los tres cultivares analizados; es decir, que el efecto del *priming* en el tratamiento fue genotipo dependiente (Ramírez *et al.*, 2015). Observamos en el genotipo Achat, que si bien, la sequía produjo una disminución del rendimiento en plantas con *priming* (cercana del 40%), en plantas sin *priming* esa reducción fue aún mayor. Esta diferencia podría tener un gran impacto económico en áreas donde la sequía está presente. Este efecto es genotipo dependiente, ya que tanto Achat (mostrado en este trabajo) como Única, mostraron una respuesta satisfactoria al proceso de *priming*, mientras que otros cultivares como Désirée o Sarnay no lo hicieron (Ramírez *et al.*, 2015). Por lo tanto, la selección de cultivares que puedan tener un efecto de *priming* es importante a la hora de determinar cuáles serán los cultivares para sembrar en diferentes ambientes.

En este trabajo hemos logrado obtener una pérdida menor en el rendimiento de plantas de *Solanum tuberosum*



**Figura 4.** Mediciones fisiológicas en plantas de papa durante el experimento de sequía. a) Medición de conductancia estomática durante todo el período de sequía. b) Detalle de la conductancia estomática a los tres días de iniciado el tratamiento de sequía. c) Medición del estado del fotosistema II durante el tratamiento de sequía. CC: plantas sin *priming* y sin estrés hídrico. CS: plantas sin *priming* sometidas a sequía. PC: plantas con *priming* y sin estrés hídrico. PS: plantas con *priming*, sometidas a sequía.

Los datos son promedio ± error estándar de 10 plantas. Las letras y los asteriscos indican diferencias significativas entre los tratamientos (en letras diferentes p<0,05; \* p<0,05; \*\* p< 0,01). En ambos casos se realizó un ANOVA de dos factores de medidas repetidas con un posterior análisis de comparación de tratamientos mediante el test de Bonferroni.



**Figura 5.** Rendimiento de plantas de papa en respuesta a estrés hídrico con o sin *priming*. Pérdida del rendimiento en condiciones de sequía relativo a los controles.

Los datos son promedio ± error estándar de 10 grupos de plantas. Para comparar las medias se realizó una prueba de t no pareada. \*indica diferencias significativas (p>0,05).

cv. Achat frente a estrés hídrico, mediante una técnica de manejo que tuvo en cuenta la capacidad de aclimatación de las plantas frente al estrés, a través de un proceso denominado *priming*, que por lo tanto no requirió de modificación génica.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por una beca doctoral de CONICET a Leonardo Storani y por subsidios otorgados por Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica a Marcelo Javier Yanovsky. Los tubérculos del cultivar Achat fueron provistos por Polychaco SAIC.

## BIBLIOGRAFÍA

- FLETA-SORIANO, E.; PINTÓ-MARIJUAN, M.; MUNNÉ-BOSCH S. 2015 Evidence of Drought Stress Memory in the Facultative CAM, *Aptenia cordifolia*: Possible Role of Phytohormones. PLoS ONE 10: e0135391.
- FOYER, C.H.; ALLEN, J.F. 2003 Lessons from Redox Signaling in Plants. Antioxidants & Redox Signaling 5 (1): 3-5.
- GOH, C.H.; NAM, H.G.; PARK, Y.S. 2003. Stress memory in plants: a negative regulation of stomatal response and transient induction of *rd* gene to light in abscisic acid-entrained *Arabidopsis* plants. The Plant Journal 36 (2): 240-255.
- HU, T.; LIU, S.Q.; AMOMBO, E.; FU, J.M. 2015 Stress memory induced rearrangements of HSP transcription, photosystem II photochemistry and metabolism of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) in response to high-temperature stress. Frontiers in Plant Science 6: 403.
- IWASAKI, M. 2015. Chromatin resetting mechanisms preventing transgenerational inheritance of epigenetic states. Frontiers in Plant Science 6: 380.
- JEREZ MOMPIE, E.; MARTÍN MARTÍN, R.; DÍAZ HERNÁNDEZ, Y. 2014 Estimación de la superficie foliar en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) por métodos no destructivos. Cultivos Tropicales 35: 57-61.
- KINOSHITA, T.; SEKI, M. 2014 Epigenetic memory for stress response and adaptation in plants. Plant and Cell Physiology 55 (11): 1859-1863.
- LIU, J.; FENG, L.; LI, J.; HE, Z. 2015 Genetic and epigenetic control of plant heat responses. Frontiers In Plant Science 6: 267.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G.N. 2000 Chlorophyll fluorescence-a practical guide. J. Exp. Bot. 51 (345): 659-668.
- MIGICOVSKY, Z.; KOVALCHUK, I. 2014 Transgenerational changes in plant physiology and in transposon expression in response to UV-C stress in *Arabidopsis thaliana*. Plant Signaling & Behavior 9 (11): e976490.
- OMER, A.D.; EL-HASSAN, S.M. 1992 Incidence of potato viruses and their effect on potato production in the Sudan. Crop Protection 11 (5) 477-479.
- OSMOND, C.B.; AUSTIN, M.P.; BERRY, J.A.; BILLINGS, W.D.; BOYER, J.S.; DACEY, J.W.H.; NOBEL, P.S.; SMITH, S.D.; WINNER, W.E. 1987 Stress physiology and the distribution of plants. BioScience 37 (1): 38-48.
- RAHAVI, S.M.R.; KOVALCHUK, I. 2013 Changes in homologous recombination frequency in *Arabidopsis thaliana* plants exposed to stress depend on time of exposure during development and on duration of stress exposure. Physiology and Molecular Biology of Plants 19 (4): 479-488.
- RAHMAN, M.S.; AKANDA, A.M.; MIAN, I.H.; BHUIAN, M.K.A.; KARIM, M.R. 2010 Growth and yield performance of different generations of seed potato as affected by PVY and PLRV. Bangladesh J. Agril. Res.35(1) : 37-50.
- RAMÍREZ, D.; ROLANDO, J.; YACTAYO, W.; MONNEVEUX, D.; MARES, V.; QUIROZ, R. 2015. Improving potato drought tolerance through the induction of long-term water stress memory. Plant Science 238: 26-32.
- SUNG, S.; AMASINO, R.M. 2004. Vernalization and epigenetics: how plants remember winter. Current Opinion in Plant Biology 7 (1): 4-10.
- THOMASHOW, M.F. 2001. So What's New in the Field of Plant Cold Acclimation? Lots! Plant Physiology 125 (1): 89-93.
- YAISH, M.W.; COLASANTI, J.; ROTHSTEIN, S.J. 2011 The role of epigenetic processes in controlling flowering time in plants exposed to stress. Journal of Experimental Botany 62 (11): 3727-3735.
- WANG, X.; XIN, C.; CAI, J.; ZHOU, C.; DAI, T.; CAO, W.; JIANG, D. 2016. Heat Priming Induces Trans-generational Tolerance to High Temperature Stress in Wheat, Frontiers in Plant Science 7 (2016) 501.

# Potencial impacto económico de la suplementación con forraje amonizado en cría bovina para la región semiárida sur de Argentina

PIÑEIRO, V.<sup>1</sup>; ARELOVICH, H.M.<sup>2</sup>

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es evaluar el potencial impacto en la producción y los ingresos que generarían la incorporación de forrajes de baja calidad amonificados a la alimentación de vacas de cría en áreas marginales para la producción de forraje. Se tomó como región representativa el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, y las subregiones que la componen, y como actividad la cría bovina. La tasa de digestión y el consumo voluntario de forrajes de baja calidad (FBC) puede incrementarse a través de la amonificación de estos por medio de la aplicación directa de urea en solución. A partir de un modelo de simulación que incorpora paja de trigo tratada con urea como FBC a la dieta de vacas de cría, y mediante el análisis marginal se determinaron beneficios y costos incrementales, y puntos de equilibrio para la para las tasas reproductivas que se esperan alcanzar con la incorporación del forraje mejorado. Se observaron ingresos incrementales en todas las subregiones atribuidos a la incorporación del forraje amonificado. Con una tasa de concepción del 85% todas las subregiones estarían produciendo por sobre su punto de equilibrio con un margen de seguridad mayor al 32%. La variable que afectó más los resultados económicos de la amonificación fue la tasa de concepción inicial del rodeo.

**Palabras clave:** forrajes de baja calidad, amonificación, análisis marginal, cría bovina.

## ABSTRACT

*The objective of this work is to evaluate the impact on the production and the income that would generate the incorporation of low-quality ammoniated forages to feed breeding beef cattle in a semiarid region. For the purposes of this work, the southwest of the Province of Buenos Aires and corresponding subregions would be considered as the typical representative area. The rate of digestion and the voluntary intake of low quality forages can be increased through ammonification by the direct application of a urea-water solution. Marginal analysis, incremental benefits and costs were determined within a simulation applied to the development of the technique; including balance points for the current situation and different levels of production. Incremental incomes are observed in all subregions due to the incorporation of ammoniated forage to the production system. For a pregnancy rate of 85%, all subregions would be producing above their break-even point with a safety*

---

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Sur (UNS), Dpto. Agronomía, San Andrés 800, 8000, Bahía Blanca, Argentina.

Correo electrónico: veronica.pineiro@uns.edu.ar

<sup>2</sup>Universidad Nacional del Sur (UNS), Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), San Andrés 800, 8000, Bahía Blanca, Argentina.

Correo electrónico: hugoarel@criba.edu.ar



*margin greater than 32%. The main variable that seems to affect the economic results of ammonification is the initial pregnancy rate of the herd.*

**Keywords:** *low-quality forages, ammoniation, marginal analysis, cow-calf operation.*

## INTRODUCCIÓN

La región semiárida sur de Argentina presenta limitaciones climáticas y edáficas (Campo *et al.*, 2009). A pesar de la marginalidad agroecológica, y siendo la cría bovina la actividad potencialmente más apta, las empresas regionales enfatizan principalmente en cultivos de trigo y cebada cervecera. Esto generalmente relega la cría bovina a lotes de menor productividad o no aptos para la siembra de cultivos. En consecuencia, los programas de alimentación bovina se basan en recursos marginales de elevado contenido fibroso, baja digestibilidad y pobre contenido de proteína, lo cual afecta negativamente los índices reproductivos de la vaca de cría, que no superan el 60% de destete (Arelovich *et al.*, 2010). Un incremento en los índices reproductivos impactaría positivamente sobre la rentabilidad del sector y esto depende casi exclusivamente de una mejora en los programas de alimentación.

A estos forrajes de alto contenido fibroso se los clasifica como forrajes de baja calidad (FBC). La respuesta productiva puede optimizarse teniendo en cuenta la fisiología digestiva del rumiante, por su capacidad única para degradarlos y transformarlos en productos de utilidad para el hombre. Se demostró que tratamientos alcalinos de FBC incrementan la degradación de la pared celular vegetal (Ventura *et al.*, 2002; Souza y De Santos, 2006), con aumentos del 10% a 40% en consumo voluntario (Molénat *et al.*, 1995) y 25% a 30% de digestibilidad (Laborde *et al.*, 1985). Cuando el tratamiento se realiza con una fuente como amoníaco gaseoso anhidro, se produce un efecto aditivo al incrementar la fijación del N-amoniaco a los tejidos vegetales lo que aumenta la proteína bruta (Horton y Steacey, 1979; Molénat *et al.*, 1995; Lalman, 2000). Sin embargo, la aplicación de amoníaco anhidro puede limitar su intención de uso por el riesgo ambiental.

A partir del potencial de la urea para generar efectos similares al amoníaco anhidro se desarrollaron experiencias con urea en solución acuosa (Rodríguez *et al.*, 2004; Ventura *et al.*, 2002; Molénat *et al.*, 1995). Similarmente, experiencias regionales indican que es posible incrementar 69% el contenido de N total y 30% la digestibilidad *in vitro* (Bravo *et al.*, 2008; Miccoli *et al.*, 2010). La técnica a escala productiva consistiría en asperjar la andana del FBC, previo al enrollado, con una solución de urea y agua al 13% (Bravo *et al.*, 2008).

La condición corporal (CC) de hembras bovinas reflejan su aptitud reproductiva (Wettemann *et al.*, 2003). Una baja CC al momento del parto está asociada a eventos fisiológicos que determinan ausencia o un retraso del ciclo estral,

lo cual es decisivo para lograr un ternero por vientre y por ciclo reproductivo anual (Selk *et al.*, 1988; Sampedro *et al.*, 2003; Wettemann, 2005; Vizcarra, 2008; Chayer y Pascualine, 2009). En consecuencia, la principal limitante a la rentabilidad de la cría bovina regional es la baja respuesta reproductiva como resultado del bajo plano de nutrición.

A pesar de la información existente sobre el potencial de mejora de FBC, para incorporar en programas de alimentación de la cría bovina, la duda sobre el beneficio económico es uno de los argumentos exhibidos que más negativamente influye en su adopción. Una herramienta apropiada para evaluar este aspecto es el análisis marginal, en esta situación aplicado al estudio de los ingresos y costos relevantes del proyecto. Esta herramienta contribuiría a la toma de decisiones respecto de la incorporación de FBC amonificados en un programa de alimentación de vacas de cría en áreas marginales. Estos resultados se fortalecen mediante el análisis de sensibilidad de las variables más determinantes y estimaciones de probabilidad de obtener resultados favorables.

La hipótesis del presente trabajo se fundamenta en que la incorporación de FBC amonificados a la alimentación de vacas de cría resultaría económicamente viable debido a un aumento en la eficiencia reproductiva que se traduciría en mayor proporción de terneros destetados anualmente en el sistema. El objetivo de este trabajo es evaluar el impacto en la producción y los ingresos regionales que generaría la incorporación de FBC amonificados en un modelo de simulación de alimentación para un sistema de cría.

## MATERIALES Y MÉTODOS

A efectos de este trabajo se toma como región representativa al área que comprende el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (SOB) y las subregiones que la componen determinadas por la Ley Provincial 13.647. La superficie de cada subregión se obtuvo a partir de sumar el área de cada partido que la integra.

El porcentaje de destete se estimó a partir de los datos de las segundas vacunaciones anuales de Senasa (2016). Si bien la relación ternero/vaca es una estimación indirecta de este, a partir de la existencia de cabezas total por categoría de cada partido puede estimarse la productividad promedio de la región.

La estimación de la condición corporal (CC) al parto de los rodeos de cría se realizó a partir de la relación entre CC y tasa reproductiva (Vizcarra, 2008; Sampedro *et al.*, 2003). En ausencia de datos sobre tasas de concepción de

las distintas subregiones del SOB, se estimó indirectamente la relación vaca/ternero para cada subregión con la CC que presentan las vacas al parto. Si bien la tasa de concepción puede diferir de la tasa de destete, esas pérdidas son atribuidas a problemas sanitarios del rodeo, a deficiencia de atención en la época de parición y destete (Ferrari y Speroni, 2004), y a otros factores externos al análisis que pueden enmascarar la mejora potencial en la productividad por el mejoramiento en el estado nutricional de la vaca de cría. Por ello, a los efectos de este estudio, se asumió que no hay diferencias entre la tasa de concepción y destete del rodeo.

Los requerimientos energéticos y proteicos de las vacas se calcularon a partir de valores tabulados (Davis, 1996, basadas en el NRC, 2000). El consumo potencial de materia seca se estimó sobre ecuaciones del NRC (2000). Se consideró la categoría vaca adultas Aberdeen Angus a partir de su segunda parición durante todo el ciclo productivo pasando por sus diferentes estados fisiológicos. De esta manera, se asumió el peso de la vaca promedio en condición corporal 6 (escala 1-9, NRC, 2000) en aproximadamente 460 kg (Stritzler *et al.*, 2006); y el peso al destete de los terneros en 150 kg (Ferrari y Speroni, 2004).

Si bien la amonificación se puede realizar en distintos FBC (Miccoli *et al.*, 2010; Miccoli *et al.*, 2011; Miccoli *et al.*, 2012), en el presente trabajo se tomó como modelo al residuo de la cosecha de trigo. Los datos de producción de trigo por subregión se obtuvieron del MAGyP (2016) y la producción promedio por hectárea de Lucanera *et al.* (2012). Arelovich *et al.* (2008), en estudios realizados en el SOB, estimaron una relación grano/paja de trigo de 1,4:1 con un coeficiente de correlación entre rendimiento de grano y de rastrojo de  $r = 0,95$ . A partir de este dato, y de la producción de trigo total y por ha de cada subregión, se estimó la cantidad potencial de rollos que se pueden producir en cada región del SOB. El valor nutricional del forraje amonificado se estimó a partir de Bravo *et al.* (2008).

Para el análisis económico los precios tanto de productos finales como de insumos fueron tomados de las series de CREA (2016), en dólares corrientes.

El beneficio incremental ( $B_i$ ) en este caso resulta de la diferencia entre los ingresos incrementales ( $In_i$ ) producidos por el aumento en la tasa de concepción y los costos incrementales ( $C_i$ ). El modelo para estudiar propone el suministro de rollos de paja de trigo amonificados durante los últimos tres meses de gestación. Esto prevé el sostenimiento de un consumo de materia seca *ad libitum*. Adicionalmente, el incremento de nitrógeno retenido, y proveniente del forraje amonificado, proveería proteína degradable en el rumen que contribuye aún más a la digestibilidad de la fibra y a la síntesis de proteína microbiana. Se asume que, en este periodo crítico para la cría, este programa de alimentación sustituiría la reconocida carencia general de disponibilidad forrajera del área, dado que las vacas pastorean mayormente campos naturales de pobre disponibilidad y con una biomasa imprecisa en su composición nutricional. Al sustituir en el modelo propuesto cualquier recurso forrajero existente por la paja de trigo amonificada, el costo

del forraje reemplazado, pasa a formar parte de los Costos evitables ( $C_e$ ) y debe adicionarse a los  $In_i$ . De esta manera, los  $B_i$  quedarían definidos por la ecuación  $B_i = (In_i + C_e) - C_i$  (1) donde:  $In_i$  = ingreso incremental;  $C_e$  = costos evitables;  $C_i$  = costos incrementales.

Este ingreso está dado por los kilos vivo de ternero (KVT) diferenciales que se obtienen entre la situación original y la esperada. En el análisis se consideraron solo los KVT incrementales por la mejora en la tasa de concepción, es decir, cuantos terneros de 150 kg se destetan por su sobre los actuales. La mejora en plano nutricional de la hembra gestante se traduciría en mayor concentración de celos por disminución del intervalo posparto-primer celo sumado a la posible mejora en la producción de leche y consecuente alimentación del ternero. Esto generaría, un aumento del número de terneros cabeza de parición (en la parición subsecuente) que redundaría en más KVT producidos. Este posible aumento en el peso de los terneros destetados no se tuvo en cuenta en el análisis de los  $B_i$ .

A continuación, se enumeran los  $C_i$  en los que se incurre al decidir amonificar un forraje:

- Urea. Es un insumo necesario para realizar la amonificación.
- Asperjado del material forrajero. Es la labor de distribución de la urea en solución acuosa sobre la andana de paja previa al enrollado.
- Costo financiero. Es un costo de oportunidad dado por la inmovilización del capital invertido para realizar la amonificación. Mediante el modelo de valoración de activos CAPM (Capital Asset Pricing Model), se estimó la tasa de costo de capital para un proyecto sin endeudamiento con ese nivel de riesgo sistemático  $E(K_0)$  en 9,19% anual. El periodo de inmovilización estimado es de 8 meses, dado entre diciembre, mes de cosecha, y julio, primer mes de parición. Se considera que se consumen los rollos en el año de confección.

A partir de la ecuación fundamental de punto de equilibrio para que sea conveniente ingresar a un nivel de actividad que suponga un nuevo escalón de los costos fijos directos, habrá que producir como mínimo un incremento de unidades, en este caso KVT, que puede obtenerse a partir de ecuación  $Q_x = CF / (pv - cv)$  (2) (Yardín, 2010). En esta  $Q_x$  representa la cantidad adicional de producto requerida para que sea conveniente la incorporación del forraje mejorado,  $CF$  = costos fijos incrementales;  $pv$  = precio de venta y  $cv$  = costos variables.

Un primer análisis de sensibilidad se realizó a través del cálculo del margen de seguridad (MS). Este indicador estima cuánto por encima del punto de equilibrio (PE) en términos de porcentaje se encuentra la producción prevista con la incorporación de la mejora, para un índice de preñez del 85% y del 89%.

Mediante un segundo análisis de sensibilidad se analizó el grado en que cada variable afecta los resultados. Se utilizaron como variables claves el precio del kilogramo de

ternero, la tasa de concepción inicial y el precio del kilogramo de urea.

Las simulaciones fueron realizadas con el software CrystalBall® 7.2.2 que basa sus cálculos en la metodología Montecarlo. Se determinó como variable de predicción el  $B_i$  que se obtendría al incorporar la técnica. Las variables aleatorias seleccionadas son: el precio del kilo de urea, el precio del kilo vivo del ternero y ternera y la tasa de concepción actual del rodeo. La estimación de la distribución de probabilidad de las variables aleatorias seleccionadas, mediante el análisis de las series históricas de precios disponibles entre enero de 2002 a julio de 2016 y tasas de concepción estimadas para cada subregión y el SOB los últimos 15 años, se ajustaron de acuerdo a la prueba Chi-cuadrado. Luego de construir los modelos para simular y determinar las distribuciones para las variables de predicción definidas se realizó una corrida de simulación con las especificaciones anteriores (2.000.000 de iteraciones, nivel de confianza 95%).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados teóricos obtenidos muestran que la incorporación de rollos de FBC amonificados, como único alimento de las vacas de cría desde el tacto al parto, logra mantener una CC corporal adecuada que permite llegar a la concepción en buen estado con reservas de grasa almacenadas para reiniciar el ciclo estral y lograr una próxima gestación (figura 1).

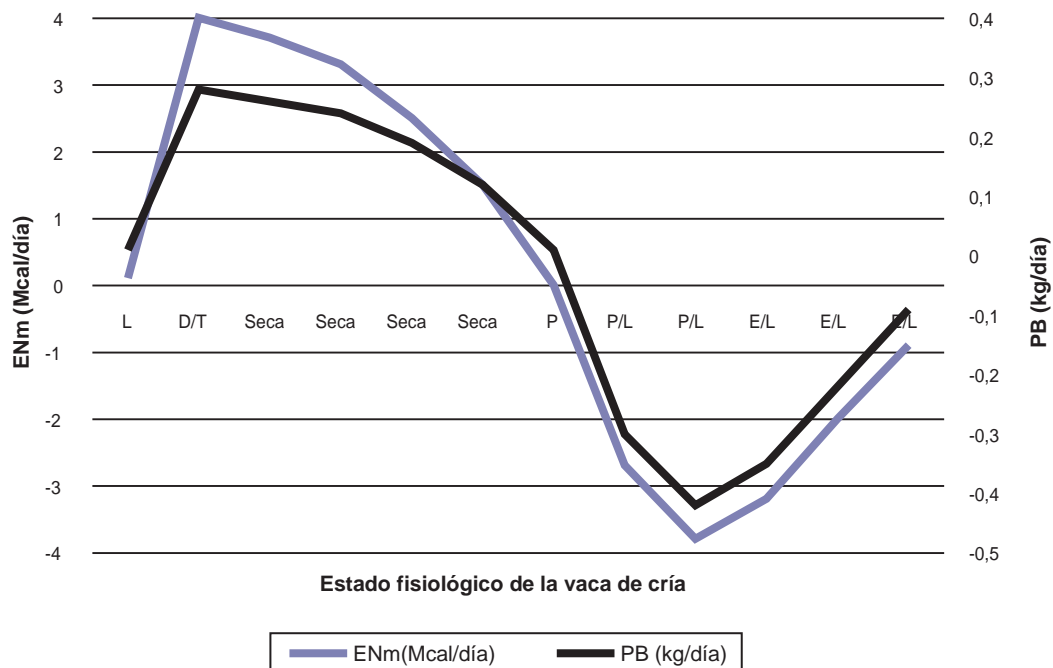
A partir de los datos de relación ternero/vaca (Senasa, 2016) se estimó que en todas las regiones del SOB la condición corporal (CC) de las vacas de cría es menor a 5. Una mejora en la alimentación de las vacas del rodeo que posibilite una CC 6, donde la tasa de concepción se encuentra entre 85% y 89% (Vizcarra, 2008; Sampedro *et al.*, 2003), lograría en todas las subregiones un aumento en el número de cabezas destetadas.

### Análisis de costo y beneficio de la incorporación de rollos de paja de trigo amonificados

Con una tasa de concepción del 85% todas las subregiones presentaron  $B_i$  positivos (figura 2). En valores absolutos la subregión semiárida es la que mayor  $B_i$  percibiría por la incorporación del forraje amonificado. Se observaron  $ln_i$  en todas las subregiones y en el SOB por la incorporación del forraje amonificado. El  $C_i$  por rollo difirió entre subregiones de acuerdo a la producción promedio de paja de trigo, lo que resultó en un  $C_i$  unitario mayor en las zonas menos productivas.

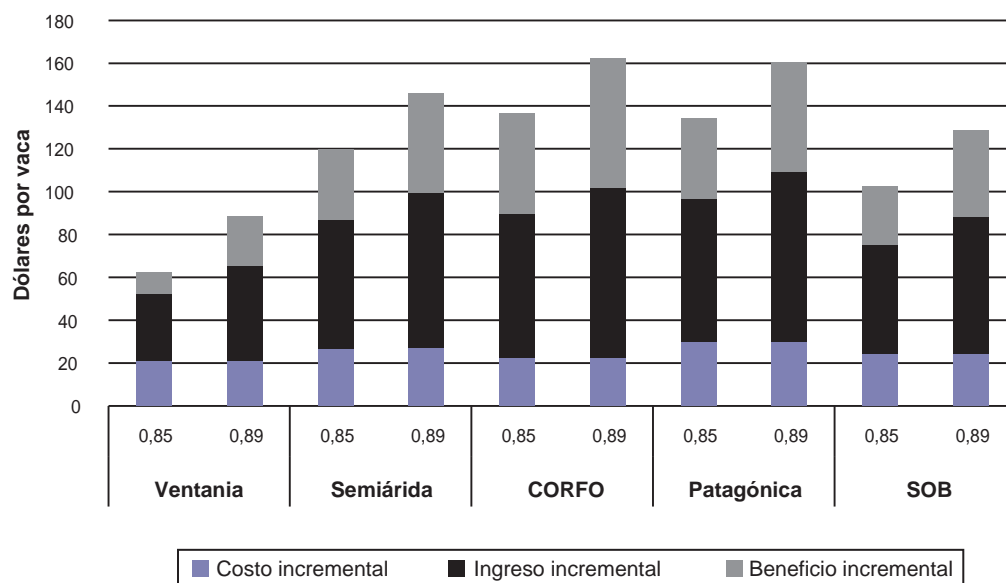
### Punto de equilibrio específico de la técnica en las subregiones que componen el SOB

El PE de la técnica para cada subregión del SOB, obtenido a partir de la ecuación  $Q_x$ , indica los kilogramos de ternero por vaca que se deberían producir por sobre los actuales para cubrir los costos fijos directos de la amonifi-



**Figura 1.** Balance de Energía Neta de mantenimiento y Proteína Bruta de una vaca de cría alimentada con paja de trigo amonificada a lo largo de diferentes estados fisiológicos.

EN<sub>m</sub>: Energía neta de mantenimiento y PB: proteína bruta (NRC, 2000)  
E: entore; D: destete; T: tacto; P: parición; L: lactancia



**Figura 2.** Ingresos, costos y beneficios incrementales de la incorporación de forrajes de baja calidad (FBC) amonificados en distintas regiones del SOB.

85% y 89%: Porcentaje de preñes potencial a alcanzar.

Costo incremental: Costo del forraje amonificado para cada subregión, asumiendo 4,16 rollos de forraje amonificado por vaca.

SOB: Sudoeste de la provincia de Buenos Aires.

cación y obtener al menos el mismo resultado que antes de incorporar la nueva tecnología (tabla 1).

Para las regiones semiárida, CORFO y patagónica, la tasa de concepción que se necesita alcanzar para que la incorporación de la mejora en la alimentación sea económicamente viable es inferior al 75%, diez puntos porcentuales debajo de la tasa de concepción que la bibliografía estima como piso de producción para la CC esperada. Para la región Ventania, la tasa de concepción lograda debe ser superior al 82% (también menor al piso esperado de 85% de concepción). En relación con la tasa de concepción inicial, el aumento requerido para que la técnica resulte económicamente viable se estima entre 8% y 12%, siendo menor para la subregión Ventania que para el resto de las subregiones.

### Análisis de riesgo

#### Márgenes de seguridad

Se observa que con una tasa de concepción del 85% todas las subregiones están produciendo por sobre su punto de equilibrio con un MS mayor al 32%. Alcanzando un 89% de concepción el MS sube a 52% variando entre subregiones (figura 3).

#### Análisis de sensibilidad

De las tres variables analizadas el aumento en el precio de la urea resultó la menos significativa, siguiéndole el precio de venta del kilo vivo de ternero. La variable que más afectó los resultados económicos de la amonificación fue la tasa de

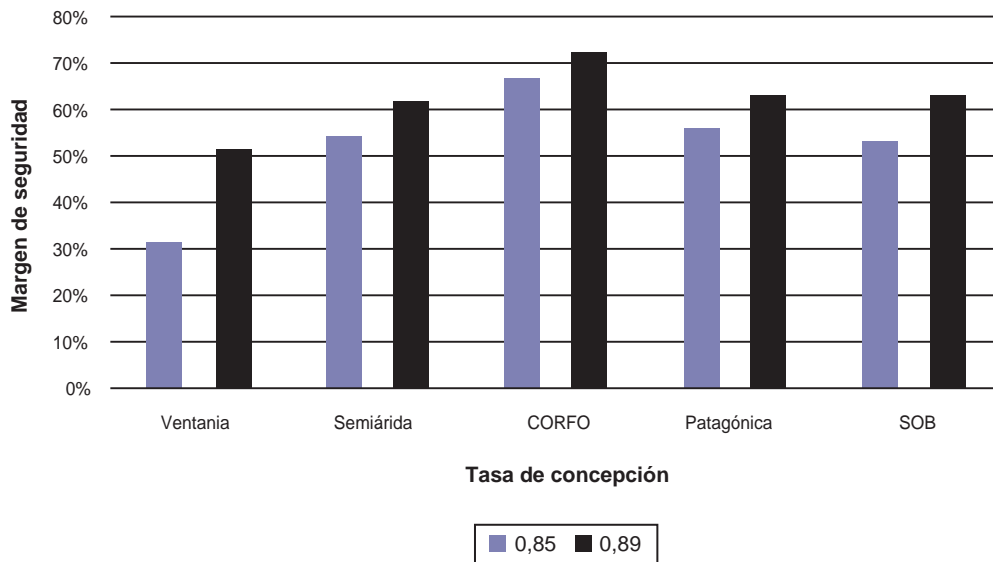
Item	kg de ternero/vaca				
	Ventania	Semiárida	CORFO	Patagónica	SOB <sup>2</sup>
CM <sup>1</sup> , USD por kg de ternero	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18
CF <sub>i</sub> <sup>1</sup> , USD por vaca	21,30	27,38	22,48	29,93	24,04
PE <sup>1</sup> (Q <sub>x</sub> )	9,79	12,59	10,34	13,76	11,05

**Tabla 1.** Punto de equilibrio específico de la incorporación de forrajes de baja calidad amonificados, expresado en kg de ternero por vaca para cada subregión del sudoeste bonaerense (SOB).

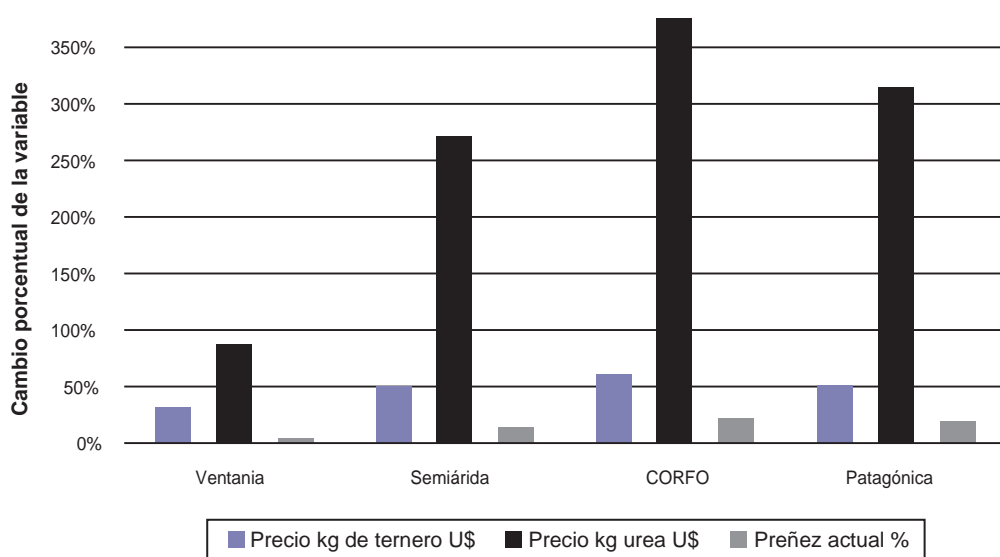
<sup>1</sup>CM: contribución marginal; CF<sub>i</sub>: costos fijos incrementales de la amonificación; PE: punto de equilibrio específico.

<sup>2</sup>SOB: Sudoeste de la provincia de Buenos Aires.





**Figura 3.** Márgenes de seguridad de la incorporación de forrajes de baja calidad (FBC) amonificados por subregión del sudoeste bonaerense (SOB) con tasas de concepción esperadas.



**Figura 4.** Análisis de sensibilidad de variables claves en amonificación de forrajes de baja calidad por subregión del sudoeste bonaerense (SOB).

concepción inicial del rodeo. Esto se debió a una menor respuesta productiva de la mejora a mayores tasas iniciales de concepción. La región Ventania fue la más susceptible ante cambios en los valores de las variables (figura 4).

### Simulación

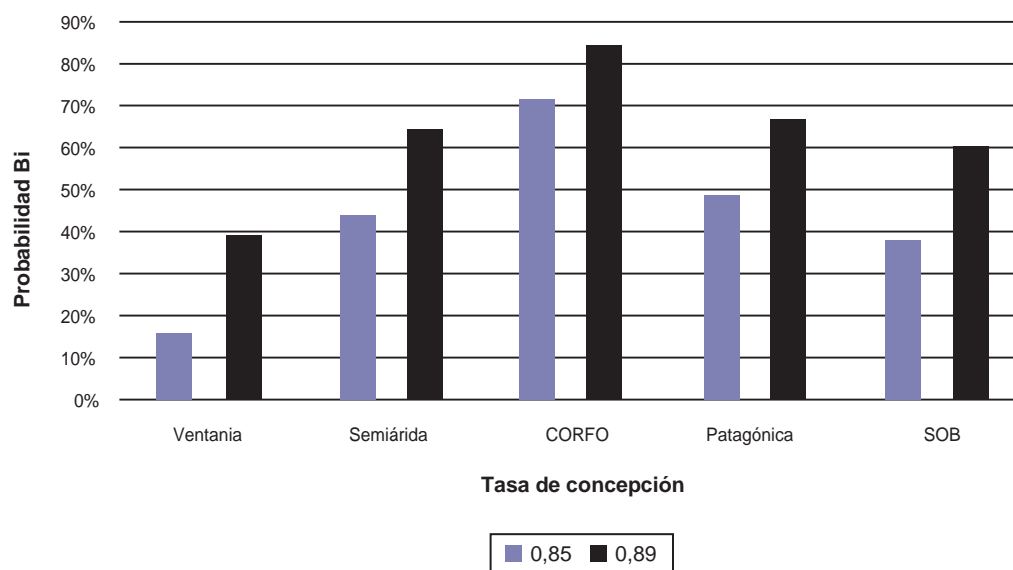
En esta sección se presentan los resultados de las simulaciones, generadas por el programa Crystal Ball®, de la incorporación de la técnica en cada subregión y en todo el SOB para una tasa de concepción del 85% y del 89%.

Comparando las distintas subregiones, se observa que en la subregión CORFO existe la mayor probabilidad de

obtener un  $B_i$  mayor a cero con la incorporación de rollos de paja de trigo amonificados. La subregión Ventania es en la que se encuentra menos probabilidad de obtener  $B_i$  positivos. Para el resto de las subregiones y para el SOB, si la técnica logra una tasa de concepción del 89%, la probabilidad de obtener un  $B_i$  positivo es mayor al 60% (figura 5).

### CONCLUSIONES

De acuerdo a las simulaciones la incorporación de FBC amonificados a la dieta de vacas de cría en el último trimestre de gestación como único alimento cubriría los requerimientos de mantenimiento de las vacas gestantes y posibilitaría una CC apropiada en el rodeo para alcanzar



**Figura 5.** Probabilidad de beneficio incremental (B) por amonificación de forrajes de baja calidad en cada subregión del sudoeste bonaerense (SOB). Elaboración propia.

una tasa de concepción superior a la obtenida históricamente en la región en estudio. Se asume que otros múltiples factores de manejo (sanitarios, reproductivos, de infraestructura, etc.) no resultan restrictivos para los índices reproductivos propuestos en el modelo.

La mayor productividad esperada por la incorporación de FBC amonificados a la dieta generó ingresos superiores a su costo incremental, lo que la hace una alternativa económicamente viable. Dicha técnica debe producir un aumento del 8 al 12% sobre los índices reproductivos actuales para cubrir sus costos incrementales.

El análisis de la sensibilidad de las variables y los márgenes de seguridad reveló que la técnica presenta robustez ante aumentos en los precios de los insumos (urea) y en menor medida a la baja del precio de los productos (kg de ternero). La mayor sensibilidad se observó ante cambios en la tasa de concepción inicial.

Las simulaciones realizadas arrojaron como resultado que la subregión CORFO es la que tiene mayores probabilidades de obtener beneficios incrementales positivos incorporando la mejora en los alimentos.

Si se quisiera evaluar la conveniencia de la incorporación de la técnica en un establecimiento en particular, sería necesario conocer las características específicas de la empresa, su manejo técnico y sus costos que permitan determinar, por lo menos, el volumen total de los costos fijos directos de la actividad de cría bovina. En este trabajo se pretenden bosquejar los lineamientos básicos para seguir en caso de adoptar esta tecnología.

Dado que el presente trabajo modeliza resultados experimentales, resultaría interesante contrastar, en futuras investigaciones, estos resultados teóricos con datos de establecimientos reales donde se incorpore la técnica.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARELOVICH, H.M. 2010. Intensificación de la cría y la re-cría en la región semiárida pampeana. En: MELO, O.; ARELOVICH, H.; COLOMBATTO, D.; CANOSA, F. Suplementación y engorde a corral de vacunos. Asoc. Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola –(AACREA). Buenos Aires, pp. 26-32.
- ARELOVICH, H.M.; BRAVO, R.D.; MARTINEZ, M.F.; STORM, A.C.; AMELA, M.I. 2008. El rol de residuos de cosecha mejorados como alimento para ruminantes en el escenario ganadero actual. En: CAZZANIGA, N.J.; ARELOVICH, H.M. (Eds.). Ambientes y recursos naturales del SOB: Producción, contaminación y conservación. Actas de las V Jornadas Interdisciplinarias del SOB. Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca. pp. 191-208.
- BOTTARO, O.E.; RODRIGUEZ JAUREGUI, H.; YARDIN, A. 2004. El comportamiento de los costos y la gestión de la empresa. Editorial La Ley. Buenos Aires.
- BRAVO, R.; ARELOVICH, H.M.; STORM, A.; MARTINEZ, M.F. 2008. Evaluación de métodos de amonificación mediante hidrólisis de urea sobre el valor nutritivo de paja de trigo. Revista Argentina de Producción Animal. 28(3), 179-191.
- CAMPO, A.; RAMOS, M.; ZAPPERI, P. 2009. Análisis de las variaciones anuales de precipitación en el suroeste bonaerense, argentina. 12.º Encuentro de Geógrafos de América Latina. Montevideo. (Disponible: [http://egal2009.easylplanners.info/area07/7085\\_Campo\\_Alicia\\_M\\_.pdf](http://egal2009.easylplanners.info/area07/7085_Campo_Alicia_M_.pdf) verificado: 01 de septiembre de 2016).
- CREA. 2016. Series de precios. (Disponible: <http://intranet.aacrea.org.ar/series/> verificado: 01 de septiembre de 2016).
- CHAYER, R.; PASCUALINE, C. 2009. Condición corporal como herramienta para el seguimiento del manejo nutricional de los vientres en el rodeo de cría. (Disponible: [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria\\_condicion\\_corporal/25-texto.p](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/cria_condicion_corporal/25-texto.p) verificado: 01 de septiembre de 2016).
- DAVIS, G. 1996. Nutrient Requirements of beef cattle. Arkansas: Cooperative Extension Service. Universidad de Arkansas.
- FACMA. 2016. Precios orientativos labores agrícolas. Federación Argentina de Contratistas Rurales. (Disponible: [www.facma.com.ar](http://www.facma.com.ar) verificado: 01 de septiembre de 2016).

- FERRARI, O.L.; SPERONI, N.A. 2004. Cría Vacuna eficiente. La Nación. Buenos Aires.
- HORTON, G.M.; STEACEY G.M. 1979. Effect of anhydrous ammonia treatment on the intake and digestibility of cereal straws by steers. *Journal of Animal Science* 48, pp. 1239-1249.
- LABORDE, H.E.; DEGIORGI, I.; BOO, R.M. 1985. Tratamiento in situ con hidróxido de sodio en pasto llorón diferido. I. Efecto sobre la digestibilidad y consumo voluntario. *Revista Argentina de Producción Animal* 5, pp. 139-144.
- LALMAN, D.H. 2000. *Ammoniation of low quality roughages*. Agric. Exp. Sta. Extension Facts F-2243. Oklahoma.
- LUCANERA, G.; SCHERGER, V.; HOLLMAN, J.; MATONE, L.; GARCÍA, G.; BERTANI, M.; DURAND, S.; CÓRDOBA, C.; IRIZAR, J.I.; PISCHEL, N.; PROST, V.; MONTIEL, J.M.; OLLETA, F.; BRAUN, E.; BLANCO, J.; RENDO, V.; GALLINGER, A.; LUCANERA, M.L. 2012. Caracterización de los productores del Sudoeste Bonarense. Convenio Universidad Nacional del Sur - Ministerio de Asuntos Agrarios.
- MAGyP. 2016. Sistema Integrado de Información Agropecuaria. (Disponible: <http://dev.siiia.gov.ar/> verificado: 01 de septiembre de 2016).
- MICCOLI, F.; ARELOVICH, H.; BRAVO, R.; MARTÍNEZ, M. 2010. Contraste nutricional entre forrajeras de alto contenido lignocelulósico sujetas a tratamiento alcalino por aplicación de urea. *Revista Argentina de Producción Animal* n.º 30(1), pp. 448-449.
- MICCOLI, F.; ARELOVICH, H.; BRAVO, R.; MARTÍNEZ, M. 2012. Cinética de degradación ruminal en forrajes de alta fibra tratados con urea. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 32 Supl. 1, pp.121-205.
- MICCOLI, F.; ARELOVICH, H.; MARTÍNEZ, M.; BRAVO, R. 2011. Tratamiento de *Agropyron elongatum* diferido con urea y/o hipoclorito de sodio. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 31 Supl. 1, pp. 271-401.
- MOLÉNAT, G.; CHENOST, M.; HUBERT, D. 1995. Utilisation des ressources fourragères par les ruminants en régions chaudes. *Ann. Zootech* n.º 45 vol. 3, pp. 133-140.
- NRC. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. Seven edition. National Research Council National Academy of Science. National Academy Press. Washington D. C.
- SAMPEDRO, D.; GALLI, I.; VOGEL, O. 2003. Condición corporal. Una herramienta para planificar el manejo del rodeo de cría. Serie técnica N.º 30. INTA.
- SELK, G.; WETTEMANN, R.; LUSBY, K.; OLTJEN, J.; MOBLEY, S.; RASBY, R. 1988. Relationships among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *Journal of Animal Science* n.º 66, pp. 3153-3159.
- SENASA. 2016. Sistema de seguimiento y evolución de las campañas de vacunación antiaftosa. Resolución Senasa N.º 815/2002. Argentina.
- SOUZA, O.; DE SANTOS, I. 2006. Aprovechamiento de los residuos agropecuarios tratados con urea en la alimentación animal. (Disponible: [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar) verificado: 01 de septiembre de 2016).
- STRITZLER, N.; PETRUZZI, H.; FORT, M.; GIMENEZ, H.; FERNÁNDEZ, G.; ZUCCARI, A. 2006. Estimaciones indirectas de la condición corporal de vacas de cría. INTA, EEA Anguil, Fac. Agron. Universidad Nacional La Pampa..
- VENTURA, M.; BARRIOS, A.; MORALES, I.; TORO, C.; BARRERO, K. 2002. Efecto de la Amonificación Seca sobre el valor nutricional de la soca de sorgo (*Sorghum bicolor*). *Revista Científica de la Universidad de Zulia*, n.º XII, pp. 513-516.
- VIZCARRA, J. 2008. La condición corporal en rodeos de cría: del campo al laboratorio. 31.º Congreso Argentino de Producción Animal, AAPA. Potrero de los Funes. San Luis. (Disponible: <http://www.aapa.org.ar/congresos/2008> verificado: 01 de septiembre de 2016).
- WETTEMANN, R. 2005. Influencia de la nutrición sobre la reproducción en vacas para carne. 28.º Congreso Argentino de Producción Animal, AAPA. Bahía Blanca.
- WETTEMANN, R.; LENTS, C.; CICCIOLO, N.; WHITE, F.; RUBIO, I. 2003. Nutritional- and suckling-mediated anovulation in beef cows. *J. Anim. Sci.* n.º 81(E. Suppl. 2), pp. E48-E59.
- YARDÍN, A. 2010. *El Análisis Marginal: La Mejor Herramienta para Tomar Decisiones sobre Costos y Precio*. Segunda Edición. Ediciones Instituto Argentino de Profesores Universitarios de Costos (IAPUCO). Buenos Aires.

# La huella de carbono de la producción agrícola del brote de té certificado en Argentina

LYSIAK, E.<sup>1</sup>

## RESUMEN

En los últimos años han crecido fuertemente las demandas ambientales para una agricultura más sustentable. Estas demandas generaron la necesidad de medir la huella de carbono (HC) como una herramienta para cuantificar el impacto en el calentamiento global. En este trabajo se mide la huella de la producción agrícola del brote de té certificado y en la puerta de la industria, en Argentina. Con los resultados y sus puntos críticos puede definirse una línea de base sobre la cual mejorar el desempeño ambiental del cultivo. El presente estudio calcula las emisiones de CO<sub>2</sub>e (dióxido de carbono equivalente) de la producción de plantines, la plantación del cultivo y la producción anual del brote de té puesto en la industria. Los datos fueron tomados de ocho productores de cinco grupos certificados diferentes, entre los años 2013 y 2016. Para el cálculo de la huella de carbono se utilizó el protocolo de las normas ISO 14067, ISO 14040 e ISO 14044 y los cálculos se realizaron en el software Simapro® 8.0.2 utilizando el modelo CML. Los resultados de la huella se dividieron en cinco modelos, mínimo, bajo, medio, alto y máximo rendimiento, siendo los resultados 122, 92, 90, 83 y 76 g CO<sub>2</sub>e por kg de brote de té certificado. Medido en kg de té seco, la huella de carbono para el nivel de rendimiento medio es 405 g, más bajo que casos conocidos de Darjeeling y Kenia. Los principales factores que influyen en el nivel de emisiones son la fertilización nitrogenada, el consumo de diésel y el transporte del producto final, que representan el 70%, 8% y el 7%, respectivamente. Además de continuar con la medición de la huella para las etapas de industrialización, es aconsejable extender las mediciones hacia la producción de fertilizantes en Argentina, como así también la medición a campo de las emisiones directas debido a la fertilización con nitrógeno, debido a su alto impacto.

**Palabras clave:** ambiente, fertilizante, hoja de té, té seco, Misiones.

## ABSTRACT

*In recent years, demands for the sustainability of agriculture have grown strongly. These demands generated the need to measure the carbon footprint as a tool to quantify the impact on global warming. In this paper, the agricultural production of certified tea in Argentina is calculated. The results obtained and the identification of the hotspots is a baseline that can be used to improve the environmental performance of the crop. The present study measures CO<sub>2</sub>e (carbon dioxide equivalent) emissions from seed production, planting of the crop and annual production of the tea leaf placed in the industry. The data were taken from eight producers from five different certification groups between the years 2013 and 2016. For the determination of the Carbon Footprints, the protocols of the standards ISO 14067, ISO 14040 and ISO 14044 were used and the impacts were calculated using the CML model in the software Simapro® 8.0.2. The results of the carbon footprint were*

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Cerro Azul, Ruta Nacional 14, km 836, (3313) Cerro Azul, Misiones. Correo electrónico: lysiak.emiliano@inta.gob.ar



estimated for five crop models: minimum, low, medium, high and maximum yield, being the results 122, 92, 90, 83 and 76 gr CO<sub>2</sub>e per kg of tea leaf. In terms of one kg of dry tea, the carbon footprint for the average level of yield is 405 gr, which is lower than the published cases of Darjeeling and Kenya teas. The main factors influencing the level of emissions are nitrogen fertilization, diesel consumption and transportation of the final product, which represent 70%, 8% and 7%, respectively. Further analysis should include the footprint of the different stages of industrialization and also the actual footprint of the production and use of fertilizers in Argentina, especially nitrogen, due to its high emissions.

**Keywords:** environment, fertilizer, leaf production, dry tea, Misiones.

## INTRODUCCIÓN

El té seco, tal como se lo conoce al momento de consumirlo, se abastece de la producción primaria de brotes de té que mayormente se cultivan en regiones cálidas. Argentina es el octavo productor mundial de té y el sexto exportador en 2015 (International Tea Committee, 2016). En Argentina la zona productora de té se encuentra en la provincia de Misiones con 37.945 ha y en Corrientes con 1.772 ha (Lysiak y Albarracín, 2014). Estimativamente, existen 4500 productores primarios de té que abastecen a 75 plantas procesadoras (Lysiak, 2016).

En la producción de té, las certificaciones agrícolas han crecido principalmente bajo la norma Rainforest Alliance Certified™ (RAS). A principio de 2016 se contabilizaron 9.741 ha de té certificadas, de las cuales aproximadamente un 50% corresponden a pequeños productores tealeros y 50% a empresas procesadoras verticalmente integradas (Lysiak y Alvarenga, 2016).

Las normas RAS se focalizan en diferentes aspectos de la sustentabilidad de la producción de té y de la chacra (establecimiento productivo). Entre ellos, está la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, promoviendo la reducción del consumo de combustible (Red de Agricultura Sostenible, 2017). A medida que se van actualizando las normas, las exigencias aumentan hacia la certificación de emisiones como puede ser la huella de carbono (HC).

Los antecedentes en las estimaciones de la HC en el té son pocos y solo se pueden mencionar los trabajos sobre la cadena del té hasta el consumo, del té de Darjeeling (Cichorowski *et al.*, 2015) y del té de Kenia (Azapagic *et al.*, 2016). Otro estudio a nivel de producción de brote de té es en la provincia de Guilan en Irán, pero siguiendo una metodología distinta a la HC (Soheili-Fard *et al.*, 2014). En Argentina no hay antecedentes, por lo cual hace más relevante la medición de la huella.

La huella de carbono, por la información que brinda, es una herramienta muy útil para determinar puntos críticos, los que posteriormente pueden ser intervenidos para la

mejora del impacto ambiental de los procesos productivos. Tener una línea base de la HC en el té genera diferentes beneficios. Uno de ellos es el de permitir comparaciones con otros productores mundiales. La desagregación por procesos permite determinar las fases que tienen un alto impacto sobre las emisiones promoviendo su mejora. La cuantificación de los resultados permite medir las mejoras a través del tiempo. Este antecedente en la medición facilitaría el acceso a certificaciones de la huella de carbono para los productores y empresas del sector.

Los usuarios de esta información, además de los del sector privado, también están los del sector público, en lo que respecta a sus decisiones sobre impactos ambientales de la matriz energética y a la promoción de mejores prácticas ambientales.

El presente estudio se enmarca dentro de un proyecto de medición de la huella de carbono en toda la cadena del té. En esta primera etapa se presentan los resultados de la etapa de producción primaria de té certificado bajo normas RAS. La etapa agrícola considerada va desde la producción del plantín hasta el brote de té entregado en la puerta del secadero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En esta primera etapa, el trabajo abarca la fase agrícola, que se inicia con la producción de los plantines, continúa con la implantación del cultivo que tiene una vida económica superior a los 40 años y termina con la producción anual del brote, con la entrega en secadero. La unidad funcional (UF) es un kg de brote de té certificado puesto en secadero.

A partir de los datos de Lysiak y Alvarenga (2016) se conoce la existencia de 180 productores independientes y ocho empresas procesadoras con sus chacras certificadas. En este caso, el estudio se enfocó en productores independientes certificados bajo las normas RAS. En total se entrevistaron ocho productores de cinco grupos certificados para una o dos campañas agrícolas. Los datos utilizados en los resultados corresponden a cinco

productores de las campañas 2013-2014; tres productores de la campaña 2014-2015 y seis productores de la campaña 2015-2016. Las zonas de los productores fueron las localidades de Leandro N. Alem, Ameghino, Alvear, Campo Grande, Aristóbulo del Valle y Dos de Mayo, todos de la provincia de Misiones. Para el caso de la producción de plantines, se tomó un vivero de referencia de la zona y para la implantación del cultivo, dos productores, uno del sur y otro de la zona centro de Misiones. Además de los datos primarios, la segunda fuente de información fue la base de datos estandarizada Ecoinvent®, para Análisis de Ciclo de Vida, contenida en el software Simapro® 8.0.2 (Pré-consultants, 2014). La tercera fuente de información fueron las comunicaciones personales y los catálogos de insumos.

Finalmente, se consideró el protocolo para el cálculo de la huella de carbono basado en las normas ISO 14040, ISO 14044 e ISO 14067. Los cálculos fueron realizados en el software Simapro® 8.0.2 (Pré-consultants, 2014) usando el modelo CML 2000 (Guinée, *et al.*, 2002). Para los factores de caracterización se usó el estándar desarrollado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Los factores se expresan como Potencial de Calentamiento Global para el horizonte de tiempo de 100 años (GWP100).

En función de que la agricultura en Misiones muestra mucha dispersión en los rendimientos de los cultivos perennes, este estudio midió la HC para diferentes niveles de rendimiento (mínimo, máximo, alto, bajo y medio). Además se hizo un análisis de sensibilidad con los principales factores que impactan en la huella. Finalmente, los resultados preliminares fueron evaluados en una revisión crítica por parte de los coordinadores de los grupos de productores certificados de té.

**Alcance del estudio: Sistema de producción agrícola del brote de té**

El sistema de producción agrícola se representa en la figura 1, donde están presentes las tres etapas: la producción

de plantines, la plantación y la producción anual del brote de té, para pasar posteriormente a la fase del procesamiento industrial (secado). Actualmente la práctica de las nuevas plantaciones se realiza con plantines clonales, aunque aún para la producción anual es fuerte la participación de plantaciones con origen en semillas. La producción de plantines clonales es muy similar a los de semilla, diferenciándose solo en la etapa inicial. Los plantines se siembran en bolsitas plásticas y son fertilizados y regados bajo cubiertas plásticas y medias sombras.

Logrado los plantines, son transportados al siguiente proceso, que es la plantación del té. Actualmente, las nuevas plantaciones se realizan sobre terrenos que ya tienen un uso agrícola, como ser plantaciones viejas o terrenos con malezas y arbustivas. Los desmontes para la plantación de té son escasos, por lo que no se consideraron. Luego de la limpieza y preparación del terreno se realiza una plantación manual de los plantines. A partir de esta etapa se realizan la fertilización y las tareas de control necesarias. Según el desarrollo de la planta a partir del cuarto año se realizan además podas mecánicas para la formación de las llamadas “mesas de cosecha”.

Anualmente las actividades que se realizan son la poda anual, la “canteada” (poda lateral de la mesa de cosecha) y según sea afectada la plantación, se pulveriza con acaricidas. En algunos casos, cada varios años se realiza una poda fuerte similar a la poda anual, pero cortando la mesa a un nivel más bajo. Estas actividades se hacen generalmente en los meses de invierno y comienzo de primavera.

En los meses de primavera-verano se realizan varias cosechas mecánicas (entre 4 y 8). Estas consisten en el corte y recolección de los brotes de la plantación. También se hacen controles de malezas en forma manual, mecánica y químicas. La fertilización es una de las principales actividades culturales, realizada generalmente en forma mecánica una o dos veces. El brote luego de cosechado debe ser llevado en camión al secadero.

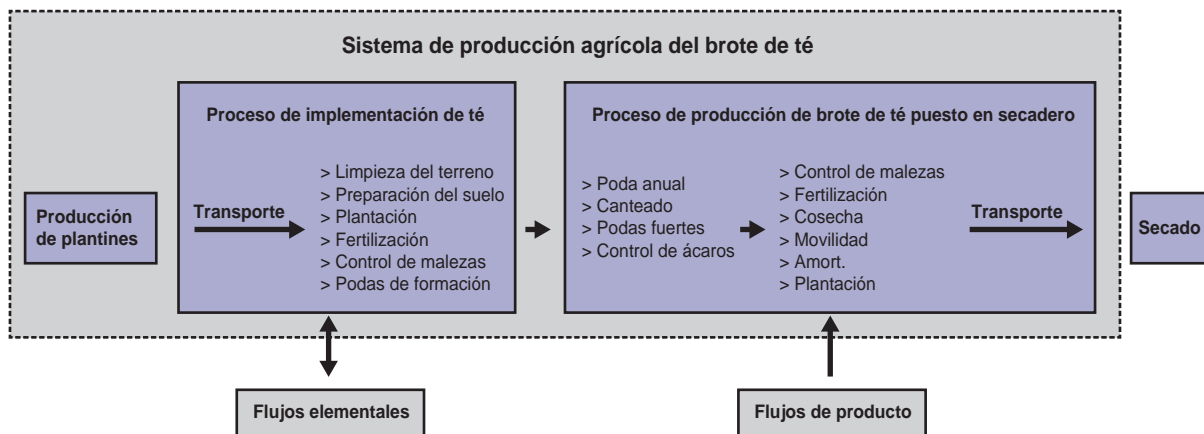


Figura 1. Sistema de producción del brote de té.

Los productores pueden tener plantaciones en diferentes chacras lo que implica una movilidad en camioneta y movilidad de la maquinaria para utilizar. Finalmente según sea el estado de la plantación su vida útil económica puede superar los 40 años.

Las chacras certificadas, además de considerar la implementación de manejos sustentables, deben realizar la conservación de áreas naturales, pudiendo ser estas montes, o bañados, entre otras.

### Consideraciones y supuestos

Antes de conocer los resultados, es necesario mencionar algunas consideraciones que fueron tenidas en cuenta y tienen impacto en estos.

La Unidad Funcional (UF) seleccionada para este caso es el kilogramo de brote de té certificado bajo normas RAS. Al momento de comparar con estudios de Darjeeling y Kenia se utiliza la UF de kg de té seco el cual insume 4,5 kg de brote de té, aunque esto puede variar.

La huella de carbono solo corresponde a las actividades que directamente se deben al cultivo de té y no se intenta calcular una huella "corporativa" de la chacra. En Misiones las chacras generalmente tienen una producción diversificada y la certificación cubre todas estas actividades, no así este estudio.

No se considera la captura de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) que pueda existir por la conservación de un área natural. Esta captura se podría considerar en el caso del cálculo de una huella corporativa como una actividad de mitigación según ISO 14067.

Los cambios en la materia orgánica y biomasa se consideraron constantes en el tiempo. Una vez establecida la plantación, la mesa de cosecha se mantiene en valores estables. Al no existir labores frecuentes en el suelo, la materia orgánica en el suelo se mantiene constante (Barbaro, 2016, com. pers.).

Los cálculos por volatilización del fertilizante fueron realizados basándose en el manual Simapro® con datos característicos del suelo y lluvia de Misiones (Barbaro y Olinuck 2016, com. pers.).

No se consideraron emisiones por cambios en el uso del suelo, principalmente porque las plantaciones son anteriores a 1990 según PAS 2050:2008 (British Standards Institution, 2008) o en el caso de ser nuevas, se realizan sobre antiguas plantaciones o montes bajos con similar nivel de biomasa a la obtenida en la plantación nueva de té.

No se consideró la captura de CO<sub>2</sub> del brote, según lo estipulado en la ISO 14067.

La plantación es considerada como un bien de uso (ISO 14067) con una vida útil de 40 años, aunque puede tener una vida mayor. Otros estudios consideran la incorporación de nueva superficie a la ya cultivada para incorporar el impacto de nuevas plantaciones (Asapagis *et al.*, 2016), pero como en Misiones esta actividad en los últimos años fue baja, se consideró más representativa la opción elegida, dado que las implantaciones nuevas dependen de la situación económica de las economías regionales.

El estudio se realizó únicamente sobre productores certificados RAS. El uso de los resultados para productores no certificados de té puede ser justificado si no existe información al respecto, pero deberían considerarse menores niveles de rendimiento y fertilización.

La calidad de los datos obtenidos es objetiva y verificable por tratarse de productores que usualmente registran datos, por exigencia del sistema propio de certificación.

### Inventario

Como parte del estudio se calculó la Huella de Carbono de la producción en vivero de plantines de té clonal, que son los que actualmente se utilizan en nuevas plantaciones,

Concepto	Unid./ha	Cant.
Acaricida	litros	0,50
Glifosato	litros	3,75
Diésel	litros	490,30
Tractor	kg	15,56
Transporte en Camioneta	km	42,00
Semillas de avena	kg	30,00
Flete	km	210,85
Urea	kg	125,00
Plantines de té	u	10.075,50
Fert. 23-05-20 o similar	kg	250,00
Implementos agrícolas	kg	1,80

**Tabla 1.** Inventario de la implantación de una ha de té.

Concepto	Unid.	Niveles de rendimiento					Desviación estándar
		Mínimo	Bajo	Medio	Alto	Máximo	
Rendimiento	t de brote por ha	10,00	12,29	15,26	18,22	23,50	3,558
Acaricida	litros por t UF	0,038	0,011	0,006	0,003	0,002	0,010
Glifosato	litros por t UF	0,061	0,098	0,077	0,062	0,064	0,031
Diésel	litros por t UF	2,377	2,557	2,117	1,820	1,684	0,612
Maquinaria	kg por t UF	0,152	0,130	0,108	0,093	0,087	0,030
Km Camioneta	km por t UF	-	0,812	0,713	0,646	-	0,854
Km transporte maq.	km por t UF	-	0,281	0,277	0,346	-	0,365
Flete	km por t UF	10,000	4,764	3,544	2,721	1,702	3,975
Urea	kg por t UF	-	4,526	5,943	6,899	7,660	4,662
Nitrato de Amonio	kg por t UF	-	1,162	1,353	1,482	-	3,384
Fert. 23-05-20 o similar	kg por t UF	35,000	13,362	12,218	11,446	12,340	9,601
Compost	kg por t UF	-	23,239	14,044	7,840	-	33,230
Amort. De la Plantación	años por t UF	0,0025	0,0020	0,0016	0,0014	0,0011	0,000

**Tabla 2.** Inventario de la producción de brote de té para diferentes modelos.

pero como el impacto en el brote de té es mucho menor al 1%, no se incluyó en esta presentación.

En la tabla 1 se muestra el inventario para la implantación de una hectárea de té, el cual surge del promedio de dos productores relevados. Las cantidades del inventario son el acumulado desde el inicio de las labores hasta el cuarto año. En esta etapa del cultivo hay una alta incidencia del gasto en maquinarias, tanto en kilogramo de tractor, implementos y consumo de combustible diésel. Esto varía según sea la situación inicial del terreno, el cual es necesario limpiar. En este caso los modelos considerados parten de diferentes situaciones. Uno parte de un pastizal y el otro de un yerbal viejo; un monte bajo con arbustivas y un pastizal. Esto incide en el consumo de combustible, pero no en el cambio de la biomasa que se supone constante por lo mencionado anteriormente.

El transporte de los plantines del vivero de referencia se hace en pequeños camiones. También se considera el transporte con camioneta de otros insumos y personal para la implantación y control.

Se utilizan en promedio 10.075 plantines por hectárea plantados inicialmente y para la reposición de fallas. La fertilización se hace al momento de la plantación con alguna fertilización adicional en el desarrollo de la planta. También se suelen sembrar cubiertas verdes para proteger el suelo.

En la tabla 2 se muestran los diferentes modelos de producción en función de los rendimientos; 15.258 kg es el promedio de brote verde por ha. En lo que respecta al uso de insumos, el acaricida es utilizado por todos los productores, pero su frecuencia de aplicación es una

ocasión cada dos años como promedio o la aplicación a la mitad de las plantaciones por año.

El control con herbicida generalmente es una vez por campaña pulverizándose sobre las líneas por las que transita la máquina cosechadora y no cuenta con cobertura por la plantación.

Para todas las actividades mecánicas se utilizan tractores livianos de 25 HP, generando que el desgaste de la maquinaria tenga un valor bajo de impacto en los resultados. Básicamente, siempre se utiliza el mismo tractor para todas las tareas cambiando los implementos de poda, fertilización, pulverización y cosecha.

Existen algunos productores que cuentan con más de una chacra certificada y necesitan de movilidad para su cuidado. Generalmente estas chacras no están muy alejadas. Con el promedio de todos los productores, se determinó que los kilómetros recorridos con camioneta son de 0,71 km por t de brote. Por un lado, este valor resulta de sumar los km recorridos en el año por los productores, dividido las t de producción (promedio de 10,88 km por hectárea) y, por otro lado, 4,22 kilómetros (0,27 km por t), transportando la cosechadora e implementos con carretones enganchados a los camiones que transportan el brote.

Para el transporte de la producción se utilizan camiones medianos para cargas que varían entre las 6 y 12 t. Los secaderos se encuentran a 27 km de la chacra, en promedio. La cantidad de viajes depende del peso de la carga de cada caso y de los rendimientos por hectárea.

La fertilización es una de las principales actividades que tiene el cultivo. Generalmente consiste en la aplicación de un fertilizante con nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) en pri-



mavera y otra con urea en enero. Mayormente, la fuente de fertilización nitrogenada es urea, pero también existen casos de uso de nitrato de amonio.

La fertilización con abonos orgánicos no es común en el sector, pero en ocasiones los productores agregan algún residuo de las agroindustrias para mejorar las condiciones del suelo. Del relevamiento se registró un productor que realizó un compost con aserrín, corteza de pino y fibra de té.

Finalmente, el consumo de combustible diésel ronda los 32 kg/ha para la realización de todas las labores mecánicas. La variación del consumo entre los diferentes modelos se da principalmente por variaciones en la cantidad de actividades realizadas y no tanto por el consumo de los tractores, que como ejemplo ronda entre 1,01 y 2,1 kilogramos por hora de trabajo.

Con respecto a la vida útil de las plantaciones, no es posible indagar a los productores sobre este ítem porque no existen definiciones claras sobre el periodo de vida útil o de reemplazo de la plantación. Esto se debe al alto costo de la renovación, por lo que se consideró una amortización de la plantación de 40 años.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3 se muestran los resultados de la HC en emisiones directas e indirectas de CO<sub>2</sub>e. El modelo medio indica que la producción de brote de té tiene una huella de 90 g de CO<sub>2</sub>e por kg de brote de té. Con rendimientos bajos, la HC es de 92 g CO<sub>2</sub>e por kg y se reduce para los

rendimientos altos con 83 g CO<sub>2</sub>e por kg. Como se observa, la HC se reduce a medida que los rendimientos aumentan, se parte de una huella de 122 g CO<sub>2</sub>e para el modelo de menor rendimiento y baja hasta 76 g CO<sub>2</sub>e para el modelo de máximo rendimiento.

Los insumos que tienen mayor impacto son la fertilización nitrogenada; el transporte de la producción; el combustible diésel y el uso de la plantación. Estos cuatro ítems generan entre el 83 y 94% de la HC. La fertilización nitrogenada genera entre el 58 y 76% de la HC, siendo en consecuencia un factor crítico. Por su importancia, en la tabla 3 se presentan separadamente las emisiones directas e indirectas solo en el uso de fertilizante nitrogenado. Las emisiones indirectas surgen del uso de productos que generaron emisiones en sus procesos productivos y las emisiones directas corresponden a las emisiones que surgen en el uso del producto, como ser la volatilización del fertilizante y la combustión del diésel. En el modelo medio, las emisiones directas por el fertilizante nitrogenado son de 42 g CO<sub>2</sub>e por kg, principalmente por las emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

Es de destacar que la HC disminuye a mayores niveles de rendimiento. Esto se debe a que existen factores de emisión fijos por ha que disminuyen por UF a mayores rendimientos. Como ejemplo, se destaca la caída del impacto de la plantación y el uso de combustible diésel. Esto remarca cómo la intensificación de la producción permite menores emisiones por kg de producto.

La desviación estándar (DS) de la HC entre los datos es relativamente baja si se la compara con la media, mostrando

Rendimiento	Mínimo	Bajo	Medio	Alto	Máximo	DS
	g de CO <sub>2e</sub> por UF					
Glifosato	0,61	0,98	0,77	0,62	0,64	0,30
Plantación de té	7,34	5,97	4,81	4,03	3,12	1,15
Acaricida	0,38	0,11	0,06	0,03	0,02	0,10
Diésel	7,87	8,46	7,01	6,02	5,57	1,95
Tractor e implementos	1,17	1,00	0,83	0,71	0,67	0,22
Urea (emisión indirecta)	22,33	16,26	18,02	19,05	20,95	6,81
Fert. K	3,72	1,47	1,36	1,28	1,38	1,02
Fert. P	14,34	2,67	1,81	1,23	1,33	3,47
Nitrato de amonio (emisión indirecta)	-	2,67	3,11	3,40	-	7,49
Compost	-	3,35	2,03	1,13	-	4,63
Transporte brote de té	15,46	8,11	7,55	6,93	5,59	5,56
Transporte Maquinaria	-	0,33	0,33	0,33	-	0,42
Uso Camioneta	-	0,28	0,25	0,22	-	0,28
Emisión Directa Fert. N	48,84	41,17	42,10	38,50	37,54	10,33
<b>Total</b>	<b>122,07</b>	<b>92,84</b>	<b>90,02</b>	<b>83,50</b>	<b>76,82</b>	<b>18,20</b>

**Tabla 3.** Huella de Carbono por factor causante para los diferentes niveles de rendimiento.

Aumento de principales insumos	25% diésel	25% fertilizante	25% transporte de brote	Con reposición de nutrientes
g CO <sub>2e</sub> (por UF)	91,8	104,8	91,9	111,1
Cambio con respecto a modelo medio	2%	16%	2%	23%

**Tabla 4.** Sensibilidad de la HC frente a cambios de los factores críticos.

una menor incertidumbre en el valor de la HC. Existe mayor incertidumbre en las actividades menos frecuentes como el abono con compost, la movilidad en camioneta y de la maquinaria, pero la incidencia de estos tres factores solo representa el 2,9% de la HC en el modelo medio.

Adicionalmente se realizó un análisis de sensibilidad sobre el modelo medio para cambios del 25% en los tres principales factores de la HC como: la fertilización, el transporte y el uso de diésel. Además se consideró un escenario donde la fertilización es la necesaria para la reposición de nutrientes (Sosa, 2016, com. pers.). Los resultados se muestran en la tabla 4. Como se aprecia, los aumentos en el consumo de combustible y transporte del producto en un 25% solo cambia la HC un 2%. Lo contrario se observa al aumentar la fertilización un 25%, aumentando la HC un 16%.

Cuando se considera la sensibilidad del modelo con reposición de nutrientes surgen similares cambios que en el caso anterior, aumentando la HC un 23%. Esto marca a la fertilización nitrogenada como uno de los principales puntos críticos con los cuales trabajar para reducir la HC en la producción primaria de té.

Comparando los resultados obtenidos con otros estudios similares como los de Darjeeling y Kenia, se aprecia que la HC de la producción primaria de té en la Argentina tiene un menor valor. Ambos estudios consideran dos UF, el kg de té seco y una taza de té, mientras que para este trabajo se considera el kilo de té seco. Tomando un rendimiento de 4,5 kg de brote verde para producir un kilogramo de té seco, la HC de este estudio arrojó un resultado de 0,405 kg de CO<sub>2e</sub> por kilo de té seco. El caso del té de Darjeeling es muy particular por su zona exclusiva de producción por lo que no es comparable con el de Kenia ni con el de este estudio. Igualmente se indica que la HC del té seco en la parte agrícola de Darjeeling determinó un valor de 5,8 kg de CO<sub>2e</sub> por kg de té seco (Cichorowski *et al.*, 2015). Un resultado tan elevado se debe a los muy bajos rendimientos, un alto nivel de fertilización y a la gran incidencia del transporte hacia esa zona en particular. En el caso de Kenia, la HC de la fase de producción primaria fue determinada en 0,52 kg para pequeños productores y de 0,30 kg de CO<sub>2e</sub> por kg de té para grandes productores. Nuevamente la fertilización tiene una alta incidencia entre 84 y 76% para los pequeños productores y grandes productores respectivamente (Azapagic *et al.*, 2016).

## CONCLUSIONES

La tendencia a la certificación de la agricultura para lograr procesos más sustentables está haciendo cada día más necesaria la medición de los impactos ambientales de la agricultura. La medición de la Huella de Carbono es una herramienta muy útil para este fin, por eso se consideró importante medir por primera vez la HC en la agricultura certificada de la producción de té en Argentina. En esta primera etapa de estudio, el objetivo del trabajo fue medir la HC de la fase agrícola de la producción de té certificado para productores independientes. Esta fase inicia en la producción de plantines, pasa por la implantación del té y la entrega del brote a los secaderos. Los antecedentes a nivel mundial son escasos y solo se puede hacer algún tipo de comparación con la HC del té de Darjeeling y Kenia.

Los resultados arrojaron que para la producción un kg de brote de té certificado puesto en secadero se emiten 90 g de CO<sub>2e</sub>, representando 0,405 kg de CO<sub>2e</sub> por kg de té seco certificado. Este valor es menor a los valores encontrados para los casos de Darjeeling y Kenia, que muestran impactos de 5,8 y 0,52 kg de CO<sub>2e</sub>.

Dada las grandes diferencias en los niveles de rendimientos que se observan en el sector, se hicieron mediciones de la HC para cinco modelos con diferentes niveles de rendimientos (mínimo, bajo, medio, alto y máximo). Los resultados destacan que a mayores niveles de rendimiento las emisiones de CO<sub>2e</sub> disminuyen por kg de brote producido. La HC para los modelos fueron 122, 92, 90, 83 y 76 g de CO<sub>2e</sub> por kg de brote de té respectivamente.

La fertilización nitrogenada es el principal factor generador de emisiones que afectan el calentamiento global. Esto se verifica también para los casos de Darjeeling, Kenia e Irán con diferente metodología (Soheili-Fard *et al.*, 2014). En este estudio el aporte de nitrógeno como fertilizante en el modelo medio representa el 70% de las emisiones totales directas e indirectas. A este factor le siguen en importancia el transporte del brote, con el 8,4% y el uso de combustible diésel en las labores, con un 7% de incidencia. Cabe aclarar que el impacto del uso de nitrógeno puede disminuir por UF, si se compensa con mayores rendimientos.

También se elaboró un análisis de sensibilidad frente a cambios en el uso de fertilizantes, combustible y transporte. De este surge, por un lado, que cambios en el 25% del uso de diésel y transporte solo impactan un 2% en las emisiones.

Por otro lado, el cambio en el uso de fertilizante aumenta la HC un 16%.

Futuras investigaciones deben incluir la medición de la HC en la fase industrial, necesaria para conocer el impacto global de la cadena, lo cual ya se encuentra en estadio inicial. Además, por el alto impacto de la fertilización con nitrógeno es importante medir los impactos de la producción de fertilizantes en Argentina, ya que en este estudio se utilizaron modelos de Europa adaptados a ciertas condiciones locales. También es importante medir las emisiones directas en la aplicación de fertilizantes, tanto para conocer valores regionales, como también para cambiar a formas de aplicación de fertilizante más eficientes.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el proyecto PNIND 1108074, Programa Cultivos Industriales, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Este estudio no hubiese sido posible sin el aporte de los datos de los productores y de los grupos certificados (Casa Fuentes, El Vasco, Don Basilio, Las Treinta, Yerbatera del Nordeste, K&T, Empro y Picada Africana) que permitieron el vínculo con los productores como así también su revisión crítica de los resultados. Se agradecen los aportes de Rodolfo Bongiovanni, Diana Ohashi, Sebastian Barbaro, Alberto Sosa, José Olinuck y al grupo de yerba mate y té de la EEA INTA Cerro Azul.

### BIBLIOGRAFÍA

AZAPAGICA, A.; BOREB, J.; CHESEREKB, B.; KAMUNYAB, S.; ELBEHRIC, A. 2016. The global warming potential of production and consumption of Kenyan tea. *Journal of Cleaner Production* Volume 112, Part 5, pp. 4031-4040. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.029>

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. 2008. PAS 2050:2008 Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. British Standards Institution.

CICHOROWSKI, G.; JOA, B.; HOTTENROTH, H.; SCHMIDT, M. 2015. Scenario analysis of life cycle greenhouse gas emissions of Darjeeling tea. *Int. J. Life Cycle Assess.* 20, 426-439. (Disponible: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-014-0840-0> verificado: 15 de mayo de 2017).

GUINÉE, J.; GORRÉE, M.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; KLEIJN, R.; KONING, A.; OERS, L.; WEGENER SLEESWIJK, A.; SUH,

S.; UDO DE HAES, H.; BRUIJN, H.; DUIN, R.; HUIJBREGTS, M. 2002. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. i: LCA in perspective. ii: Guide. iii: Operational annex. iii: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 692.

INTERNATIONAL TEA COMMITTEE. 2016. Annual bulletin of statistics 2016. International Tea Committee LTD. Londres.

ISO. 2006. ISO 14040-Environmental Management Life Cycle Assessment Principles and Framework. International Organization for Standardisation (ISO). (Disponible: <https://www.iso.org/home.html> verificado: 06 de febrero de 2017).

ISO. 2006. ISO 14044: Environmental Management, Life Cycle Assessment. Requirements and Guidelines, International Organization for Standardisation (ISO). (Disponible: <https://www.iso.org/home.html> verificado: 06 de febrero de 2017).

ISO. 2012. ISO 14067: Carbon footprint of products. Requirements and guidelines for quantification and communication. International Organization for Standardization (ISO). (Disponible: <https://www.iso.org/home.html> verificado: 06 de febrero de 2017).

LYSIAK, E.; ALBARRACÍN, S. 2014. Relevamiento aerofotogramétrico de la superficie tealera existente en Misiones en el año 2010. Ciencia y tecnología de los cultivos industriales. Año 4, N.º 6. Ediciones INTA. pp. 85-88.

LYSIAK, E. 2016. Cantidad de secaderos de té, capacidad de procesamiento y distribución espacial en las provincias de Misiones y Corrientes. Cerro Azul. EEA INTA Cerro Azul. Miscelánea N.º 73. p. 12. (Disponible: [http://inta.gob.ar/sites/default/files/lysiak\\_e\\_secaderos\\_de\\_te.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/lysiak_e_secaderos_de_te.pdf) verificado: 06 de junio 2017).

LYSIAK, E.; ALVARENGA, F. 2016. Caracterización de las chacras tealeras certificadas: Datos para la estimación de huella de carbono en Misiones. Cerro Azul. EEA INTA Cerro Azul. Informe Técnico N.º 97/2016. p. 19. (Disponible: <http://inta.gob.ar/documentos/caracterizacion-de-las-chacras-tealeras-certificadas> verificado: 06 de junio de 2017).

PRE CONSULTANTS. 2014. Simapro 8.0.2. (Disponible: <http://www.pre-sustainability.com/> verificado: 17 de abril de 2017).

RED DE AGRICULTURA SOSTENIBLE. 2017. Guía para la norma RAS 2017. Red de Agricultura Sostenible, A.C. (Disponible: [http://www.imaflora.org/downloads/biblioteca/590b42e454be9\\_GUAPARALANORMARAS2017.pdf](http://www.imaflora.org/downloads/biblioteca/590b42e454be9_GUAPARALANORMARAS2017.pdf) verificado: 23 de junio de 2017).

SOHEILI-FARD, F.; GHASSEMZADEH, H.R.; SALVATIAN, S.B. 2014. An investigation of relation between CO2 emissions and yield of tea production in Guilan province of Iran. *International Journal of Biosciences*. Volume 4, N.º 12, pp. 178-185. (Disponible: <http://www.innspub.net/wp-content/uploads/2014/06/IJB-V4No12-p178-185.pdf> verificado: 07 de noviembre de 2017).

# Presencia de enfermedades en la cría bovina del dpto. Guachipas, Salta

SUÁREZ, V.H.<sup>1</sup>; BERTONI, E.A.<sup>1</sup>; DODERO, A.M.<sup>1</sup>; ALMUDEVAR F.M.<sup>2</sup>; SALATIN, A.O.<sup>1</sup>; VIÑABAL, A.E.<sup>1</sup>; SALDAÑO, R.<sup>2</sup>; OLMOS, L.H.<sup>1</sup>; PEREYRA, W.R.<sup>1</sup>; BRIHUEGA, B.<sup>3</sup>; CORTÉZ, H.S.<sup>1</sup>; PARREÑO, V.<sup>3</sup>

## RESUMEN

Una encuesta transversal *ad hoc* se llevó a cabo en veintitrés establecimientos dedicados a la cría bovina (ECB) del depto. de Guachipas, Salta, con el objetivo de describir la presencia de enfermedades y prácticas de manejo en sus rodeos. Se recabaron datos del manejo general y sanitario en particular. Se procesaron sueros para el diagnóstico de brucelosis por las pruebas tamiz del antígeno bufferado en placa y confirmadas por polarización fluorescente, herpesvirus bovino tipo 1 (BHV-1), *Neospora*, *Babesia bovis*, *B. bigemina* y *Anaplasma* utilizando ELISA indirecto y para leptospirosis, microaglutinación. Se determinaron los valores de  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Ca}^{2+}$  sérico por espectrofotometría de absorción atómica. En heces, se realizó el recuento de huevos de helmintos por gramo de heces (hpg) y la diferenciación de géneros por coprocultivo. Los ECB muestreados criaban en forma extensiva en promedio  $394,2 \pm 876,4$  vacunos, sin contar los terneros. Según declaraciones de los encuestados, el promedio de la tasa de mortalidad anual fue del  $10,2 \pm 3,8\%$  y el  $70,6\%$  de las EBC dijo tener abortos. Solo el  $13,6\%$  de toros fue positivos a *Campylobacter fetus* y ninguno a *Tritrichomonas foetus*. En un  $77,3\%$  de los ECB se diagnosticó diarrea neonatal y en un ECB rabia pareasiente. Las seroprevalencias medias de los ECB positivos a brucelosis, leptospirosis, BHV-1, *neosporosis*, *B. bovis*, *B. bigemina* y anaplasmosis fueron respectivamente de  $0\%$ ,  $76,9\%$ ,  $86,7\%$ ,  $90,0\%$ ,  $100\%$ ,  $83,3\%$  y  $85,7\%$ . En  $100\%$  de los ECB manifestaron tener infestaciones con *Rhipicephalus microplus* hacia el final de verano y otoño y el  $55\%$  muertes debido a tristeza bovina. El promedio de los hpg en terneros fue de  $289 \pm 187$ , con *Cooperia*, *Haemonchus*, *Ostertagia* y *Trichostrongylus* como NGI predominantes. En un  $36,9\%$  de los ECB se diagnosticó fasciolosis. El  $18,2\%$  de las ECB describió la presencia, a la faena, de quistes hidatídicos. Los promedios en los ECB de cobre, zinc, magnesio y calcio séricos fueron respectivamente  $0,50 \pm 0,1$  ppm,  $0,64 \pm 0,1$  ppm,  $2,41 \pm 0,4$  mg/dl y  $13,0 \pm 0,8$  mg/dl. Un  $70\%$  de los ECB dijo tener casos de dermatitis por cegadera (*Heterophyllaea pustulata*) y de muertes ( $63,2\%$ ) en animales jóvenes o nuevos por romerillo (*Baccharis coridifolia*) y en menor medida hediondilla (*Cestrum parqui*). Un  $78,3\%$  de los propietarios declararon tener problemas de pérdidas de terneros por pumas y cóndores. Estos primeros resultados muestran la importancia de llevar a cabo estudios más específicos respecto de la salud de los rodeos para incrementar la producción y el bienestar general de las familias productoras.

**Palabras clave:** encuesta, bovinos, enfermedades, departamento de Guachipas, Salta.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Salta, Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIAACS), Área de Investigación en Salud Animal, -CIAP. Correo electrónico: suarez.victor@inta.gov.ar

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Salta. Ruta Nacional 68 km 172, (4403), Salta, Argentina.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Centro de Investigaciones Veterinarias y Agropecuarias (CICVyA), Instituto de Virología, Nicolás Repeto de De los Reseros s/n (1686), Hurlingham, Buenos Aires, Argentina.



## ABSTRACT

A cross-sectional survey was performed in 23 cattle herds (ECB) of the Department of Guachipas Salta, with the aim of describing disease occurrence and management practices. Farmers were subjected to an ad hoc survey to gather data on general management and specific health issues. Sera were processed to diagnose brucellosis using the BPA screening test and positive sera were confirmed by FPA test; bovine herpesvirus type 1 (BHV-1), Neospora, Babesia bovis B. bigemina and Anaplasma were tested by indirect ELISA, and leptospirosis by microagglutination test. Serum  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{Ca}^{2+}$  were determined by atomic absorption spectrophotometer. Fecal samples were taken for eggs counts per gram of feces (epg) and identifying genera by coproculture. ECB had on average  $394.2 \pm 876.4$  bovines (not including calves). Owners declared a mean annual mortality rate per herd of  $10.2 \pm 3.8\%$  and abortions were recorded in 70.6% of the ECB. No *Tritrichomonas foetus* and only 13.6% of *Campylobacter fetus* infections were diagnosed. Neonatal diarrhea were recorded in 77.3% of the ECB and rabies case in one herd. Seroprevalence of brucellosis, leptospirosis, BHV-1, neosporosis, B. bovis, B. bigemina and anaplasmosis in ECB was 0%, 79.6%, 86.7%, 90.0%, 100%, 83.3% and 85.7% respectively. The 100% of the ECB declared *Rhipicephalus microplus* infections forward late summer and autumn and the 55% babesiosis and anaplasmosis cases. Mean epg of calves was  $289 \pm 187$ , with *Cooperia*, *Haemonchus*, *Ostertagia* and *Trichostrongylus* being the prevailing GIN. *Fasciola* infections were recorded in 36.9% of the ECB. The presence of hydatid cysts in slaughtered animals were indicated by 18.2% of ECB. Mean serum cooper, zinc, magnesium and calcium were  $0.50 \pm 0.1$  ppm,  $0.64 \pm 0.1$  ppm,  $2.41 \pm 0.4$  mg/dl y  $13.0 \pm 0.8$  mg/dl respectively. A 70% of the ECB reported cases of cegadera (*Heterophyllaea pustulata*) and some death (63.2%) were stated by farmers by the ingestion of romerillo (*Baccharis coridifolia*) and secondly of hediondilla (*Cestrum parqui*) by young o new foreign animals. Farmers (78.3%) indicated loss of animals mostly due to the attack by cougars and condors. These first results regarding show the importance of conducting specific studies about the health of herds in order to increase competitiveness and the welfare of farming families.

**Keywords:** Survey; cattle; diseases; Department of Guachipas, Salta.

## INTRODUCCIÓN

El departamento de Guachipas, Salta, se encuentra ubicado en el extremo sur del Valle de Lerma, posicionándose entre los  $65^\circ 07'$  y  $65^\circ 45'$  de longitud oeste y los  $25^\circ 22'$  y  $26^\circ 14'$  de latitud sur. Entre las características del dpto. más sobresalientes es su relieve montañoso con solo una quinta parte llana apta para la agricultura. Su clima es templado con precipitaciones estivales que rondan los 450-600 mm anuales.

La producción bovina de cría ocupa una de las actividades más importantes. Las existencias registradas según censo 2014 comprenden unos 27.998 bovinos en manos de 194 productores (RIAN, 2014).

La actividad es predominantemente de cría, caracterizándose por ser extensiva y que se encuentra mayormente en manos de pequeños productores, cuya economía se asienta en la venta de bovinos y en la cría de cabras y ovejas. Este tipo de explotaciones familiares tiene graves condicionantes productivos, entre los cuales podemos citar la escasa utilización de insumos, la poca adopción de tecnologías simples en el manejo alimenticio, genético, reproductivo y sanitario; además de escasa o nula asistencia técnica veterinaria permanente y accesible. También hay, en mucho menor número, productores medianos y grandes que se dedican a la cría y comercialización de terneros y

en menor medida novillos caracterizándose por la incorporación de ciertos insumos tecnológicos, genética y prácticas productivas intensificadas. Sin embargo, la mayoría de ellos presentan, al igual que los pequeños productores, problemas de producción y es así, que en todos los tipos de explotaciones se pueden hallar limitantes relacionadas con la salud de los rodeos, perjudicando la competitividad, la calidad de los productos, sustentabilidad de la actividad y la calidad de vida de los pequeños ganaderos y sus familias.

A pesar de que existen algunos trabajos, llevados a cabo a partir de encuestas para relevar e identificar los problemas de salud de los bovinos en otras regiones del país como del Uruguay (Suárez *et al.*, 2008; Miranda y Suárez, 2014; Robles *et al.*, 2015; Bancharo *et al.*, 2016) y también el noroeste (NOA) del país (Marin *et al.*, 2011), en Salta la información es escasa y es muy poco lo que se puede consultar y más aún en lo que hace a las diferentes correcciones de la provincia.

Específicamente, en los rodeos del depto. de Guachipas es exiguo lo citado sobre la problemática sanitaria, aunque existen antecedentes sobre diagnósticos de laboratorio acerca de enfermedades venéreas, tristeza bovina o de rabia pareasante (Protocolos del Área de Inv. en Salud Animal del IIACS-INTA Salta) o estudios epidemiológicos sobre parasitosis internas (Suárez *et al.*, 2017a).

A fin de caracterizar la presencia general de enfermedades en los rodeos bovinos del depto. de Guachipas, Salta, se llevó a cabo una encuesta sanitaria a los propietarios, con toma de muestras biológicas para el diagnóstico de diferentes patologías.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Una encuesta transversal se llevó a cabo entre el 29 de septiembre 2014 y 30 de agosto 2016 en veintitrés (23) establecimientos dedicados a la cría bovina (ECB) del depto. de Guachipas (figura 1). De acuerdo a su dimensión en existencias bovinas la mayoría (n=14) de estos ECB correspondían a explotaciones familiares con menos de 100 cabezas.

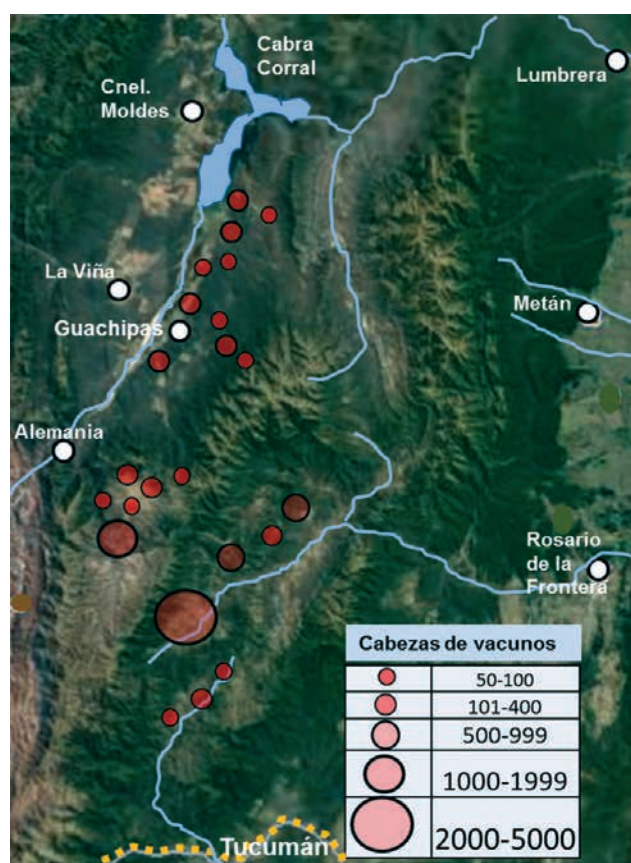


Figura 1. Ubicación de los ECB donde se llevaron a cabo las encuestas dimensionados a partir de sus existencias bovinas.

La encuesta se realizó por conveniencia, seleccionando aquellos ECB que estaban dispuestas a recibir en su predio la visita de los encuestadores, encerrar sus animales y a colaborar con los objetivos de esta.

A partir de la respuesta de los productores de cada ECB se completó un cuestionario que tenía setenta y dos (72) preguntas, además de brindarles fotografías de algunas patologías para facilitarles su reconocimiento. Se realizaron preguntas concretas y breves. El cuestionario incluyó la

opinión subjetiva de cada productor y la encuesta constó de una parte inicial donde se recabaron datos generales de la explotación, tales como existencias y prácticas de manejo, alimentación, reproducción y sanitarias, y una segunda parte referida al número y categoría de vacunos que padecieron problemas de salud durante el último año. Solo se registraron aquellas patologías observadas durante la visita, acompañadas de un diagnóstico de laboratorio o intervención de un veterinario, a excepción de aquellas fácilmente reconocibles a partir de la descripción de los productores. Con tal fin, la encuesta se complementaba con fotos de bovinos u órganos con diferentes enfermedades o presencia de parásitos. Para aquellos casos sanitarios confirmados, se registró la morbilidad, mortalidad, categoría, época del año de ocurrencia y tratamiento. También se les consultó a los propietarios sobre cuáles consideraban ellos que eran los problemas sanitarios más importantes para evaluar su conocimiento y actitud frente a los problemas sanitarios del ganado.

En cada una de las ECB se revisaron clínicamente un total de diez (10) terneros menores de 10 meses de edad y diez (10) vacas, algunas vaquillonas, junto a los toros ( $\leq 7$  toros) que podía encerrar el productor, determinando edad por revisión dentaria, problemas podales, oculares, de piel, del aparato reproductor externo, presentación de diarreas, parásitos externos, etc.

Se tomaron en promedio veintitrés (20-25) muestras de sangre mediante punción yugular y de materia fecal. En el caso de los toros o de las vacas y de los terneros en los ECB que no contaban con instalaciones, los animales debían ser volteados para su revisión y extracción de muestras. Se procesaron sueros para el diagnóstico de brucelosis por la prueba tamiz de antígeno bufferado en placa (BPA) y confirmadas por polarización fluorescente (FPA). También se realizaron las serologías para el diagnóstico de presencia de anticuerpos contra Herpes virus bovino (BHV-1), *Neospora caninum*, *Babesia bovis*, *B. bigemina* y *Anaplasma marginale* por ensayo inmunoenzimático indirecto (I ELISA). Se utilizó la técnica de aglutinación microscópica con antígenos vivos para leptospirosis.

Se obtuvieron muestras por raspado prepuccial para diagnóstico de tritricomonosis y campylobacteriosis. La primera por medio de cultivo en caldo de infusión de hígado (Campero *et al.*, 1986) y diagnosticadas por observación directa en microscopio. Para el análisis de *Campylobacter fetus* las muestras fueron fijadas en una solución buffer de fosfato (pH 7,2), con formol al 0,5-1,0% y el diagnóstico fue realizado mediante el test con anticuerpos de inmunofluorescencia (Duffy, 1967).

A partir del suero se determinaron los valores de cobre, zinc, magnesio y calcio por espectrofotometría de absorción atómica de llama (Perkin Elmer AAnalyst, 200).

En heces se realizó el recuento de huevos de helmintos y ooquistes por gramo de materia fecal (hpg) y la diferenciación de géneros por coprocultivo, además de la técnica de Baermann para recuperar nematodos pulmonares (Suárez, 1997). Se utilizó el método de sedimentación y coloración

de azul de metileno para recuperar huevos de *Fasciola hepatica*. (Viñabal *et al.*, 2015).

Los datos fueron chequeados a diferentes niveles (informantes) para descartar errores y en algunos casos de inconsistencias se volvió a consultar al productor o al veterinario involucrado. Para el análisis estadístico se utilizaron técnicas descriptivas (Thrusfield, 1997).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las ECB muestreadas crían en promedio 394,2±876,4 vacunos, sin contar los terneros ( $\bar{x}$ = 153,2±338,6) debido a que su número al momento de las visitas variaba de acuerdo a si habían nacido o si habían sido vendidos.

La composición genética del ganado predominante fue Braford, Brangus, Criollo y sus cruza. Los vacunos eran manejados mayormente en el caso de los ECB familiares sobre pastizales naturales y arbustales en áreas comunes en las serranías en forma extensiva, con escasos alambrados, ni límites que los separaran de los rodeos de sus vecinos, compartiendo o no, según los accidentes geográficos, las tierras de alimentación o, a veces, los toros. También se observaron pocos potreros para el manejo del ganado. Salvo los productores grandes que tenían mangas y corrales suficientes, el resto (79%) de productores chicos presentaban precariedad general en cuanto a instalaciones mostrando limitaciones para el manejo y las prácticas sanitarias con el ganado. Además, se observó un bajo porcentaje de superficie sembrada sobre el total de hectáreas de pastizal serrano utilizadas por los animales

Mínimamente el ganado se juntaba dos veces al año: en otoño para la vacuna obligatoria de aftosa y brucelosis y venta de lo que representaría una “especie” de cabeza de parición ya que los servicios eran permanentes y en primavera para la venta de terneros y la vacunación de aftosa a los bovinos jóvenes. El manejo del rodeo muestra en promedio poca vigilancia sobre todo en épocas críticas como la parición y también durante el servicio cuando los rodeos pastan extensivamente en las serranías, lo que implica a veces desconocimiento al momento de considerar las mermas reproductivas y al destete, imputándole a los predadores (pumas y cóndores) la mayoría de las pérdidas.

Hay que resaltar el poco conocimiento que existe sobre la problemática sanitaria y su manejo, sobre todo entre los pequeños productores, hecho que se agrava por la dificultad de estar en contacto con el asesoramiento veterinario debido a la falta de profesionales en la zona y las distancias para recorrer para encontrarlo. Esta falta de conocimientos y la necesidad de capacitación también se ve reflejada en los pequeños productores en diferentes comunidades y regiones de nuestro país (Robles *et al.*, 2008).

La tasa de mortalidad expresada como la cantidad de bovinos muertos con respecto a la existencia total del rodeo del ECB en un año fue en promedio del 10,2±3,8%. Esta cifra no contempló la mortalidad perinatal (terneros con menos de 48 h de vida= 8,51±4,7%), ya que estas estima-

ciones, salvo las obtenidas de solo algunos productores, como las de los destetes (6,49±4,9%) dejan lugar a dudas debido al manejo extensivo en un terreno montañoso y agreste y la falta de recorridas de vigilancia diarias. Estas tasas son altas ya que, en los trabajos en cría bovina se refieren como aceptables a las tasas de mortalidad perinatal del 2-4% y del 1-2% al destete. En Estados Unidos el sistema nacional de monitoreo de salud animal (NAHMS, 2008) registró para el 2007 una pérdida del 3,5% de terneros nacidos vivos hasta el destete.

La ocurrencia de abortos se declaró en un 70,6% de los ECB, sin embargo, a los productores les fue difícil precisar cuántos estuvieron acompañados con retención de placenta. El promedio intrarodeo de abortos comunicados fue del 8,05±4,7% con extremos que oscilaron del 2,0 al 15,9%. En general los encuestados solo pudieron comunicar, sin mayor exactitud o detalle, que los abortos eran chicos en algunos casos y grandes en otros. Debido a que el diagnóstico de certeza es superado por los alcances de esta encuesta, nos queda por estudiar sus causas ya sean infecciosas o no infecciosas, incorporando la obtención y necropsia de fetos y natimortos al estudio (Campero *et al.*, 2003; Morrell, 2010), aunque su hallazgo sería muy dificultoso debido a lo complicado de visualizar los fetos en los cerros o el monte, el consumo de estos por los animales salvajes y a la pobre frecuencia en que se recorre la hacienda.

Por un lado, en cuanto a las enfermedades venéreas, los resultados del raspado prepucial de los toros encerrados por los productores fue negativo para el caso de tricomonosis en todos los ECB. Por otro lado, en un 13,6% de los ECB se hallaron muestras positivas a *Campylobacter fetus*, donde se halló una prevalencia intrarodeo del 66,7 y 33,3% en aquellos dos ECB donde no se raspaba a los toros y del 1,3% en el ECB donde sí se raspaban (2 positivos de 150 toros). Estos resultados muestran una baja prevalencia en los ECB de estas enfermedades venéreas y muestran ciertas coincidencias con lo observado por Neumann (2010) en la provincia de Salta, donde en un trabajo en rodeos de pequeños productores ganaderos, determinó prevalencias bajas a nivel rodeo, siendo del 1,8% para tricomonosis y de 1,2% para campylobacteriosis. En rodeos de cría en el noroeste de la provincia de Santiago del Estero se determinó una prevalencia a nivel de rodeo del 28,5% y del 14,2% respectivamente para tricomonosis y campylobacteriosis (Neumann *et al.*, 2013).

Los signos clínicos observados o descritos con la presunción de estar asociados a patologías infecciosas se describen en el tabla 1. Los casos de diarrea en terneros fueron declarados en el 77,3% de los ECB. La mayor parte de lo puntualizado (70,5%) en terneros desde las 12 horas hasta los 30 días de vida, corresponden a los signos de la denominada “diarrea neonatal”, enfermedad multifactorial donde participan virus, bacterias, parásitos y cambios en la ingesta de leche y que la forma clínica observada presenta diarrea acuosa y profusa, deshidratación, anorexia y depresión. Los casos diagnosticados muestran la presencia de Rotavirus y *Cryptosporidium* con una prevalencia de terneros afectados que osciló entre el 14 y el 32%. En los



casos restantes, las descripciones podrían corresponder a complicaciones septicémicas debidas a onfaloflebitis o a coccidiosis. En estos ECB se muestrearon terneros de diferentes edades, detectando la presencia de Rotavirus en el 100% de los rodeos (prevalencia intrarodeo=  $14,4 \pm 7,6\%$ ) y de *Cryptosporidium* en el 22,2% de los rodeos (Bertoni, datos no publicados). Según datos de la encuesta en ningún ECB se vacunan los vientres preparto contra el complejo de la diarrea neonatal. La vacunación seguramente reduciría la tasa de casos de diarrea debido al traspaso de inmunidad pasiva mediante el calostro, aunque se debería insistir en que el plano nutricional de las vacas previo al parto debería ser mejorado. Sin embargo, con el manejo por el cual un alto porcentaje de los rodeos paren en los cerros y luego en algunos ECB es arriada a potreros reservados cercanos a las casas, pretender una vacunación al séptimo y refuerzo al octavo mes de preñez sería casi imposible de lograr. Otra medida sería capacitar a los productores en cómo tratar los casos de diarrea, no solo aplicando antibióticos, sino también mediante la administración de fluidos y electrolitos por vía oral (Cho y Yoon, 2014).

En cuanto a diarreas en vacunos adultos, un 36,4% de los ECB describieron la ocurrencia de casos. Los propietarios declararon estas diarreas a finales de primavera cuando los vacunos se mueven hacia los cerros, cambiando de alimentación y consumiendo rebrotes de diferentes especies de pastos naturales.

Solo el 13,6% de los ECB expresaron haber observado disturbios respiratorios en su ganado y casi exclusivamente en categorías menores.

Por un lado, en un 31,8% de las encuestas, los propietarios se refirieron haber tenido, en terneros de hasta 18 meses de edad, casos agudos de muertes, sobre los cuales algunos diagnósticos veterinarios apuntaron a la ocurrencia de mancha. A pesar de que el 75% de los ECB aplicaban una dosis anual de la vacuna contra enfermedades clostridiales (mancha, gangrena gaseosa y enterotoxemia), de estos un 60% vacunaban a los terneros a los 1,5 a 3 meses de edad y un 44% de estos repetían otra dosis en otoño. En este contexto, una mejor prevención se lograría vacunando a partir de los 5 meses de edad y aplicando el refuerzo correspondiente. Sin embargo, la aplicación correcta de esta vacuna se ve

complicada por lo accidentado del terreno y por el manejo extensivo que reduce en muchos ECB el encierre del rodeo a solo dos veces en el año: en otoño y primavera debido a la vacunación obligatoria de fiebre aftosa.

Por otro lado, en el caso de vacunos adultos el 34,6% de los propietarios comunicaron casos de muertes agudas, con animales mostrando sangre en el ano, boca u ollares, los cuales fueron diagnosticados presuntamente como carbunco, pero sin una confirmación sobre la presencia de *Bacillus anthracis*.

Con respecto a afecciones como la actinomicosis (*Actinomyces bovis*) o la actinobacilosis (*Actinobacillus lignieresii*) únicamente dos propietarios declararon tener algún animal con patologías similares a las presentes en fotos que les fueron mostradas, indicando también que serían afecciones poco comunes en la región. La actinomicosis y la actinobacilosis son enfermedades que cursan con lesiones que pueden confundirse con las de la tuberculosis (*Mycobacterium bovis*). Esta última es una zoonosis importante cuyo diagnóstico por intradermoreacción no se pudo realizar debido a la imposibilidad de regresar a leer la prueba a las 72 horas. No se observaron durante la visita, al menos en los animales encerrados, signos de tuberculosis. A pesar de que un 18,2% de encuestados declaró tener animales adultos que padecían de adelgazamiento progresivo, diarrea oscura y edema submandibular, signos compatibles con probables casos de paratuberculosis (*Mycobacterium avium paratuberculosis*), no fue posible diferenciarla de otras enfermedades como parasitosis gastrointestinales o carencias minerales o nutritivas. No se pudo avanzar en este sentido ya que no se contaba con los antígenos necesarios para su diagnóstico serológico.

En un solo ECB se reportó la presencia de algunos animales con queratoconjuntivitis a lo largo del año, pero afectando a muy pocos animales. Esto señala a la queratoconjuntivitis infecciosa bovina, producida principalmente por *Moraxella bovis* más un complejo de otras noxas, como de escasa importancia.

En un 15% de las ECB, todos cercanos a la represa Cabra Corral en la región del bajo Valle de Guachipas, se observaron mordeduras de vampiros (*Desmodus rotundus*),

Signos clínicos	
Muerte aguda o subaguda, presuntiva de clostridiosis (bovinos < 18 meses)	31,8%
Muerte aguda presuntiva de clostridiosis (bovinos > 18 meses)	34,6%
Desórdenes respiratorios	13,6%
Diarrea en terneros	77,3%
Diarrea en vacunos adultos	36,4%
Síntomas nerviosos (Rabia pasesiante)	15,0%
Abortos	70,6%

**Tabla 1.** Porcentaje de rodeos con diagnósticos de enfermedades infecciosas o signos clínicos compatibles.



	N.º de ECB	N.º de ECB positivos	Porcentaje de ECB positivos	Promedio y total de positivos intrarodeo	Promedio y total de muestras intrarodeo	Prevalencia promedio intrarodeo
Brucelosis	23	0	0	0 / 0	20,8 / 478	0
Leptospirosis	13	10	76,9	3,2 / 39	22,3 / 291	14,4
Neosporosis	10	9	90,0	2,6 / 26	13,3 / 133	19,6
Herpesvirus bovino tipo 1	15	14	86,7	6,6 / 99	23 / 347	28,5
Anaplasmosis	14	12	85,7	11,8 / 142	20,3 / 243	58,4
Babesiosis	<i>B. bovis</i>	6	100	16 / 96	21,3 / 128	69,5
	<i>B. bigemina</i>	5	83,3	12,2 / 61		42,6

**Tabla 2.** Agente etiológico, número de ECB estudiados, número de unidades productivas (UP) positivas, número de positivos intramajada, promedio de muestras por UP y prevalencia media intrarodeo.

diagnosticándose un caso de rabia parejante en uno de ellos. La presencia de vectores y de esta zoonosis en algunas regiones de Guachipas merece que se recomiende el uso de la vacuna contra la rabia en forma preventiva.

Los productores declararon no tener animales con problemas podales de importancia.

En la tabla 2 se presentan los agentes etiológicos estudiados y su reactividad en los ECB encuestados y las seroprevalencias medias intrarodeo.

No hubo diagnósticos positivos de brucelosis bovina, coincidiendo con otras encuestas en el NOA (Marín *et al.*, 2011) donde la prevalencia individual fue muy baja hallándose 2 positivos de 336 vacunos muestreados. Evidentemente, el plan de vacunación nacional obligatorio sería la causa de la baja prevalencia.

En el caso de leptospirosis, los hallazgos indican la presencia de leptospirosis en el 76,9% de los ECB muestreados con una tasa de prevalencia promedio intrarodeo del 14,4% y extremos del 4,3% al 23,5%. Al discriminar por categoría las tasas medias en los rodeos fueron de 3,8±4,1 y de 19,5±15% respectivamente para los terneros y bovinos adultos. La diferenciación de serovares de *Leptospira* mostró solo la presencia de Hardjo (100%), con infecciones que oscilaron entre títulos de 1:200 y 1:800. Esto se diferenció de lo hallado en los caprinos en la misma región, donde hubo un 100% de prevalencia de *Leptospira pomona* y títulos bajos de entre 1:100 a 1:200 (Suárez *et al.*, 2017b). En una encuesta serológica en bovinos del sur de la provincia de Jujuy, Marín *et al.* (2011) observaron una prevalencia individual del 23% y a nivel rodeo del 86%. Los serogrupos y serovares de *Leptospira* presentes fueron: Sejroe Hardjo (20,0%), Sejro Wolffii (18,0%), Tarassovi Tarassovi (15,5%), Canicola Canicola (2,6%), Icteo-haemorrhagiae Copenhageni (1,0%) y Pomona Pomona (0,5%). En el 95% de los casos se encontraron seroreactores a 2 o más serovares de *Leptospira* dentro del rodeo. Estos hallazgos inducirían a profundizar

los estudios para comprender la importancia sanitaria de la presencia de *Leptospira* en los rodeos

Un 86,7% de las ECB tuvieron animales reactivos al Herpesvirus bovino tipo 1 (BHV-1), con extremos de positivos intrarodeo del 6,7 al 52,2%, aunque solo un 1,6% alcanzó a tener niveles de protección contra un desafío viral (Parreño *et al.*, 2010). El BHV-1, que produce Rinotraqueítis infecciosa bovina (IBR) y vulvovaginitis y balanopostitis pustular, está relacionado con pérdidas reproductivas debido a los abortos y muertes neonatales que causa (Muykens *et al.*, 2007). En esta encuesta, la baja prevalencia estaría indicando que los abortos y problemas reproductivos estarían asociados a otras causas bajo las condiciones extensivas en que se desarrolla la cría bovina en el dto de Guachipas. En un relevamiento realizado en las provincias de Buenos Aires, La Rioja y Corrientes aparecen diferencias en la seroprevalencia del BHV-1 que oscilan entre 8,8 y 24,8% en terneros y entre 38,4 y 84,1 % en bovinos mayores; las cifras más altas corresponden a los sistemas productivos de Buenos Aires (Odeon *et al.*, 2001).

En el 90% de los ECB se halló seropositividad al protozoo *Neospora caninum* con una prevalencia general dentro de los rodeos muestreados del 19,6% y extremos del 6,6 y 33,3%. La neosporosis bovina es una enfermedad parasitaria transmitida por el perro y otros cánidos que puede causar abortos, momificación fetal, partos prematuros y nacimiento de terneros débiles, con parálisis o incoordinación. Trabajos en la cuenca del Salado en rodeos de cría muestran diferentes presentaciones de esta enfermedad, tales como una forma epidémica o una endémica. La primera se presenta relacionada con tormentas de abortos (30-57%) donde los bovinos adquieren la infección en forma posnatal o la segunda con abortos esporádicos (10-12,5%) en rodeos bovinos donde es frecuente la transmisión congénita (Dubey *et al.*, 2007; Calandra *et al.*, 2014). Descripciones previas en el país muestran porcentajes en rodeos de cría que varían entre el 16,1 y el 71,7 (Moore *et al.*, 2001) y que la probabilidad de seropositividad en la reposición de

hembras en tambo es un 75% superior a la de la cría (Moore *et al.*, 2009). En Salta en los rodeos de tambo la prevalencia promedio es importante (35,3%), demostrando que las cifras obtenidas en algunos rodeos de cría del presente estudio se equiparan a las del tambo (>30%) y que el estudio de los efectos de *Neospora* sp. sobre la reproducción amerita ser considerado (Pereyra *et al.*, 2017).

Con respecto a ectoparasitosis, el 100% de los ECB manifestaron infestaciones de su ganado con la garrapata común del bovino (*Rhipicephalus microplus*) y un 82,6% de los productores indicó que estas eran importantes hacia el final de verano y otoño. En dos ECB se identificaron especímenes de la garrapata *Amblyomma neumanni*, la cual se comprobó experimentalmente su capacidad de transmitir *Anaplasma marginale* (Gaido *et al.*, 1995).

En cuanto a las enfermedades transmitidas por la garrapata común del bovino, comúnmente llamadas “tristeza bovina”, causadas por hemoparásitos protozoos apicomplexos *Babesia bovis*, *B. bigemina* y una rickettsia *Anaplasma marginale*, el 55% de los encuestados manifestó tener muertes con sintomatología compatible con tristeza, aunque solo en dos casos el diagnóstico fue comprobado, uno de anaplasmosis y otro de babesiosis. A pesar de que el depto. de Guachipas se halla en un área con zonas intermedias y otras desfavorables de distribución de *R. microplus* con un déficit hídrico importante y con ciertas áreas de temperaturas medias invernales inferiores a los 15 °C, la presencia de garrapatas al igual que los casos sospechados de tristeza fueron significativos, probablemente el cambio climático podría ser una de las causantes de esta ocurrencia (Guglielmone, 1994). No obstante, un estudio retrospectivo (2006-16) muestra que la presencia de casos en el NOA es importante (Araoz *et al.*, 2017) y los datos serológicos generales de vacas y terneros analizados en cuanto al complejo tristeza bovina que se muestran en la tabla 2 corroboran las declaraciones de los encuestados. Por un lado, las prevalencias medias en terneros menores a 9 meses (*B. bovis*= 69,4%; *B. bigemina*= 45,7%; *A. marginale*= 58,6%) que no alcanzan a cubrir el 75%, estarían confirmando que la región se halla en inestabilidad enzootica, aunque para dar mayor precisión al muestreo y caracterizar el estatus epidemiológico sería necesario un número mayor de muestras en cohortes de terneros durante al menos 3 años (Späth *et al.*, 1987; Mastropaolo *et al.*, 2009). El diagnóstico de cobertura inmunológica de los terneros de entre 6 y 9 meses sería lo aconsejable para recomendar si vacunar o no la recría y prever brotes de tristeza (Guglielmone, 1994).

Por otro lado, a las infestaciones con piojos los productores no le dieron trascendencia, contrariamente a las miasis producidas por *Cochliomya hominivorax*, que para el 100% de los propietarios revisten mucha importancia, ocurriendo a partir de octubre o noviembre y complicando sobre todo la colocación de caravanas. También la mosca de los cuernos (*Haematobia irritans*) revistió interés para el 100% de los encuestados, aunque algunos la trataban cada 15 a 30 días durante el verano y otros tan solo medicaban a los toros. En un 18,2% de los ECB encues-

tados se pudo observar la presencia de “pique” (*Tunga penetrans*), aunque solo en un caso revestía importancia para un productor que ordeñaba las vacas debido a las lesiones que provocaban en pezones y pezuñas, relatando haberse contagiado por el pique al igual que sus perros. A esta zoonosis es más común hallarla en regiones como las de chaco serrano y chaco semiárido (Marín *et al.*, 2015) que en la del pastizal serrano, que predomina en Guachipas.

En lo que a parasitosis internas se refiere, el promedio de los conteos de huevos de nematodos por gramo (hpg) fue de 51±56 para los animales adultos y 289±187 para los terneros/as, con valores extremos de 120 y 710 hpg respectivamente. Es conveniente tener en cuenta que la época de visita, muestreo y las probables desparasitaciones declaradas no fueron las mismas para todos los ECB y que, en muchos casos, los hpg podrían verse disminuidos por tratamientos previos no comunicados con exactitud. En algunos de los hpg se observaron también huevos de *Trichuris* y de *Moniezia*. Los porcentajes promedios de los géneros de nematodos diferenciados están esquematizados en la tabla 3, observándose que *Cooperia*, *Haemonchus*, *Ostertagia* y *Trichostrongylus* fueron los géneros de nematodos prevalentes. Según declaraciones de los propietarios, en un 69,6% de los ECB se registraron, a fines de verano y principios de otoño, terneros con signos clínicos compatibles con gastroenteritis verminosa (GEV) y según ellos similares a las fotos de animales de esa edad con GEV que se les mostraba. Los signos descriptos fueron desmejoramiento, diarrea oscura, pelaje hirsuto, decolorado y edema submandibular; los casos tratados con antihelmínticos mejoraban. A partir de un ternero muerto por rabia parensiense, durante la necropsia se recuperaron los siguientes nematodos: 1200 *Haemonchus placei* 15000 *Trichostrongylus axei*, 4000 *Ostertagia ostertagi* y 2000 *Cooperia* sp. Además, la importancia de los nematodos bovinos para el ganado local tiene antecedentes en el caso descrito por Micheloud *et al.* (2014) y los resultados de estudios previos realizados por Suárez *et al.* (2017a) en esta región. Este último estudio muestra mermas de hasta el 60% sobre la ganancia de peso de la recría y en la necesidad de utilizar el hpg como método de monitoreo diagnóstico en el otoño para prevenir la elevación de las cargas parasitarias hacia

Géneros	Adultos	Terneros
<b>hpg</b>	51	289
<b><i>Haemonchus</i></b>	27%	24,1%
<b><i>Cooperia</i></b>	19%	45%
<b><i>Ostertagia</i></b>	19,5%	12%
<b><i>Trichostrongylus</i></b>	26,5%	11%
<b><i>Oesophagostomum</i></b>	8%	7,6%
<b><i>Bunostomum</i></b>	0%	0,3%

**Tabla 3.** Promedio general de los hpg y porcentajes de géneros de nematodos gastrointestinales recuperados de los coprocultivos de los terneros (< 11 meses) y vacunos adultos.

el final del otoño-principios de invierno y monitorearlas durante el período estival.

En dos ECB se recuperaron larvas 1 del nematode pulmonar *Dictyocaulus viviparus* en bajo número. En el 69,6% de los ECB, los productores reconocieron la presencia de *Fasciola hepática* (“unca”) en sus rodeos, confirmándose a través de la observación de huevos de *Fasciola* en las heces en el 36,9% de los ECB, cuyo promedio estuvo entre  $1,1 \pm 2,7$  huevos por gramo de heces con extremos de 0 a 25. Aunque algunos propietarios aseveraron ver un número elevado de *Fasciola* durante la faena doméstica, durante la encuesta no se observaron signos clínicos. Esta situación coincide con información obtenidas de decomisos en la faena de bovinos del área en un matadero de la región (Almudevar datos no publicados). En una necropsia realizada a una vaquillona se confirmó la existencia de formas adultas de *Dictyocaulus viviparus* y de *Fasciola hepática*.

En el 18,2% de los ECB se describió la presencia, durante la faena casera, de quistes en hígados y pulmones compatibles con hidatidosis de acuerdo a las fotográficas presentadas a los encuestados. Esos ECB también criaban cabras y ovejas, e induce a pensar sobre la posibilidad de que esta zoonosis sea una de las problemáticas para estudiar más en profundidad en el futuro además de alertar de los problemas de salud que implica esta zoonosis y de cómo prevenirla.

Minerales	categoría	n.º	promedio	DS
Cobre	adultos	133	0,48	0,06
	ppm	120	0,52	0,10
Zinc	adultos	78	0,64	0,07
	ppm	71	0,65	0,12
Magnesio	adultos	138	2,50	0,55
	mg/dl	120	2,31	0,34
Calcio	adultos	134	12,93	0,63
	mg/dl	119	13,12	1,03

**Tabla 4.** Promedio y desvío estándar de los valores séricos de los bovinos de los ECB encuestados.

Los valores promedios de cobre, zinc, magnesio y calcio séricos diferenciados en bovinos adultos (mayormente vacas) y terneros están señalados en la tabla 4. Se muestran cifras dentro de los parámetros normales tanto para el magnesio y como para el calcio, mientras que señala valores límites o de deficiencia leve para el cobre y el zinc.

Según los resultados para cobre, las vacas y terneros presentaron valores indicativos de deficiencias marginales, ya que las concentraciones séricas de entre 0,59 y 0,30 ppm se consideran hipocupremias moderadas con agotamiento de las reservas hepáticas, y valores inferiores a 0,30 ppm

como hipocupremias severas ya acompañadas con signos clínicos (Rosa y Mattioli, 2002). En ningún caso se observó la presencia de signos clínicos en los animales muestreados. A nivel general, un trabajo de De Postiglione *et al.* (1984) señala para Salta niveles bajos de cobre hepático en bovinos. No existen antecedentes regionales que indiquen si el déficit de cobre es por causas primarias o secundarias debido a antagonistas como molibdeno, hierro o sulfatos. En el caso del zinc, microelemento esencial para el crecimiento, la reproducción e inmunidad de los vacunos, los valores promedios se encontraron por debajo del límite considerado como fisiológico (0,8-0,9 ppm, Suttle, 2010), aunque señalando una deficiencia leve que coincide con la ausencia de signos clínicos como de integridad de la piel y pezuñas. Los niveles de Cu y Zn hallados recomiendan el suministro de estos minerales para garantizar una buena performance de los animales (Aholo *et al.*, 2004; García *et al.*, 2007) y el estudio de los períodos del año y la forma en los cuales suministrarlos según el estado fisiológico del rodeo.

El déficit en la oferta forrajera del cerro o del monte con la consecuente pérdida de estado de los vacunos era un problema para el 88,2% de los encuestados; estos declararon que su ganado empeora hasta contar con animales desnutridos, débiles con prolapsos uterinos y muertes desde el final del invierno hasta el comienzo de las lluvias al final de la primavera. En el caso particular de aquellos ECB que se ubican en la región del perillago (orillando con el embalse Cabra Corral) manifiestan que tienen mortandad de vacas débiles que quedan atrapadas en el fango de la orilla del embalse cuando van a beber. La falta de estado durante la parición afecta la tasa de concepción al servicio (McClure, 1995; Burges y Romera, 2003); sin embargo, la solución de esta problemática bajo manejos extensivos que dependen del rebrote natural del pastizal serrano es complicada debido a la falta de recursos de la mayoría de estos ECB; entre las recomendaciones destinadas a mejorar la condición del ganado se encontrarían bajar la carga animal o la siembra de verdeos o pasturas como el pasto llorón (*Eragrostis curvula*) en los terrenos más altos o gatton panic (*Panicum máximum*) en los más bajos cerca del embalse.

En lo referente a problemas atribuidos a plantas tóxicas, y específicamente lo que concierne con *Heterophyllaea pustulata*, arbusto llamado “cegadera” o “planta de sarna”, un 70% de los ECB dijo tener problemas de dermatitis asociadas al consumo de esta planta, pero que se trataba de casos aislados y que aparecían mayormente en primavera y a veces en inicio del verano cuando el forraje era escaso. Según descripciones de casos en caprinos (Aguirre *et al.*, 2001) su ingesta produce dermatitis en las áreas despigmentadas y en casos severos queratoconjuntivitis debido a una reacción de fotosensibilización primaria. También, los propietarios (50%) aludieron problemas de muertes esporádicas, mayormente de animales jóvenes o nuevos en la zona, al consumir romerillo (*Baccharis coridifolia*) o brotes de hediondilla (*Cestrum parquii*), adjudicándole a esta última ser la causante de abortos.

Además de estos problemas, en un ECB se comunicaron casos de timpanismo en alfalfa y se diagnosticó un caso de

animales con un cuadro febril acompañado de diarrea debido al consumo de agua contaminada a partir del derrame de aguas cloacales.

Con respecto a pérdidas por predación un 78,3% de los propietarios informaron tener pérdidas de terneros en lactancia y recría a causa del ataque de pumas y en menor medida muerte de neonatos a causa de los cóndores. Las muertes por predación cobran mucha importancia en aquellos rodeos donde no se recorre la hacienda al menos una vez por día y especialmente durante el momento de parición, por lo que se recomienda una mayor frecuencia de vigilancia, especialmente durante la parición.

**CONCLUSIONES**

A partir de las afirmaciones de quienes estaban a cargo del ganado vacuno, sobre cuáles eran, según su entender, los principales inconvenientes de salud de sus animales, sumadas a lo observado, registrado y analizado por nuestro equipo de trabajo, señalamos los problemas sanitarios destacados que surgen de esta encuesta (figura 2).

A pesar de que el tamaño de la muestra no fue estadísticamente representativo del universo de los ECB y de las diferentes zonas que comprenden el dto. de Guachipas, orientan sobre la importancia que tienen, para esta región, los nematodos gastrointestinales, las infecciones clostridiales, los casos de tristeza, mermas reproductivas y abortos, diarreas neonatales y deficiencias de cobre y zinc entre otros problemas. También, estos resultados promisorios

señalan un rumbo sobre las enfermedades para indagar en futuras investigaciones y orientarían las estrategias para aplicar para su control.

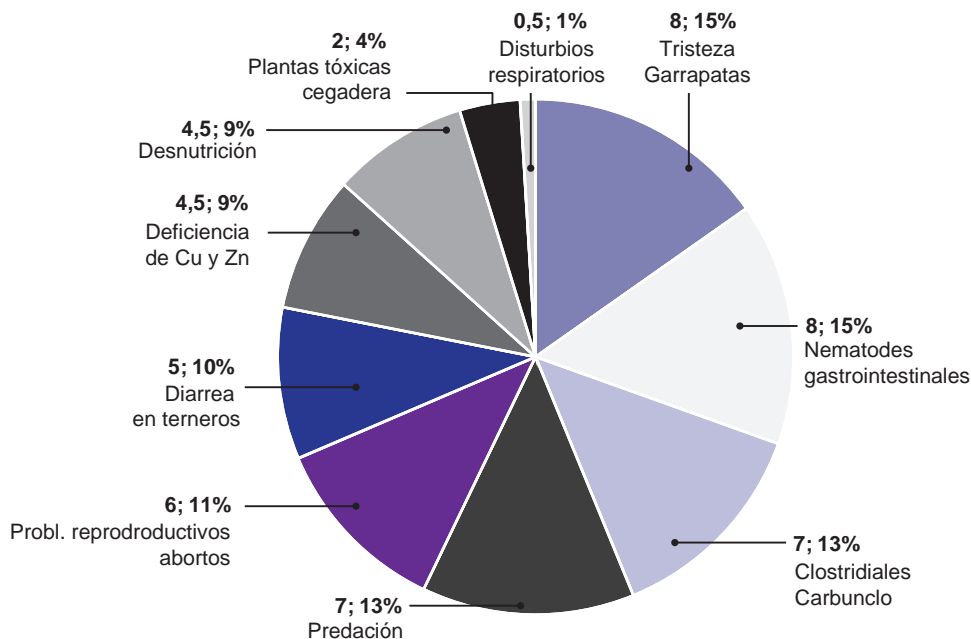
A partir de estos primeros resultados, el INTA conjuntamente con las autoridades del municipio de Guachipas acordaron llevar a cabo trabajos más específicos y dirigidos a los problemas señalados como más relevantes respecto de la salud del rodeo de cría bovina además de organizar capacitaciones para los productores de cómo proceder frente a las diversas enfermedades y como conformar sus botiquines sanitarios de acuerdo a la problemática sanitaria descrita para la región.

**AGRADECIMIENTOS**

Los autores quieren expresar su reconocimiento a los productores y a sus familias por su ayuda y su buena predisposición, al igual que agradecer al intendente Néstor Eduardo Parra, al personal de la Municipalidad de Guachipas y a los Agentes de Producción Animal y Zoonosis (APAZ) del Programa Ganadero departamental por la colaboración brindada.

**BIBLIOGRAFÍA**

AGUIRRE, D.H.; NEUMANN, R.D. 2001. Intoxicación por “cega-dera” (*Heterophyllaea pustulata*) en caprinos del noroeste argentino. Med. Vet. 18 (7-8): 487-490.  
 AHOLA, J.K.; BAKER, D.S.; BURNS, P.D.; MORTIMER, R.G.; ENNS, R.M.; WHITTIER, J.C.; GEARY, T.W.; ENGLE, T.E. 2004.



**Figura 2.** Porcentaje extraído de los resultados de las encuestas y complementado con las opiniones de los propietarios sobre cuales problemas sanitarios resultan de mayor importancia en los bovinos.



Effect of copper, zinc, and manganese supplementation and source on reproduction, mineral status, and performance in grazing beef cattle over a two-year period. *J Anim Sci.*, 82, 8: 2375-83.

ARAOZ, V.; MICHELOUD, J.F.; GAIDO, A.B.; SALATIN, A.O.; AGUIRRE, D.H. 2017. Brotes de babesiosis y anaplasmosis bovina diagnosticados en el INTA Salta, Argentina: período 2006-2016. *Rev. FAVE- Sección Ciencias Veterinarias* 16: 101-105. doi: org/10.14409/favecv.v16i2.7038

BANCHERO, G.; CHALKLING, D.; MEDEROS, A. 2016. Relevamiento de problemas sanitarios y de manejo durante la terminación en bovinos en sistemas de confinamiento en Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)* 52, 202: 4-13.

BURGES, J.C.; ROMERA, A.J. 2003. Condición corporal, nivel nutricional y fertilidad de vacas paridas en otoño. *Rev. Arg. de Prod. Anim.* 23: 304-306.

CALANDRA, P.M.; DI MATÍA, J.M.; CANO, D.B.; ODRIOZOLA, E.R.; GARCÍA, J.A.; SPÄTH, E.J.A.; ODEÓN, A.C.; PAOLICCHI, F.A.; MORRELL, E.L.; CAMPERO, C.M.; MOORE, D.P. 2014. Neosporosis epidémica y endémica: descripción de dos eventos en bovinos para cría. *Rev. Argent. Microbiol. CABA*, 46, 4: 315-319.

CAMPERO, C.M.; CATENA, M.; MEDINA, D. 1986. Caldo – infusión hígado para el cultivo de *Tritrichomonas foetus*. *Vet. Arg.* 3: 80-81.

CAMPERO, C.M.; MOORE, D.P.; ODEÓN, A.C.; CIPOLLA, A.; ODRIOZOLA, E.R. 2003. Aetiology of bovine abortion in Argentina. *Vet Res Commun* 27: 359-369.

CHO, Y.I.; YOON, K.J. 2014. An overview of calf diarrhea - infectious etiology, diagnosis, and intervention. *J. Vet.Sci.* 15, 1: 1-17. Doi:10.4142/jvs.2014.15.1.1

DE POSTIGLIONE, M.D.G.T.; BINGLEY, J.B.; DWINGER, R.H. 1984. Liver copper concentrations in cattle in Salta province, Argentina. *Trop. Anim. Health Prod.* 16: 188-189.

DUBEY, J.P.; SCHARES, G.; ORTEGA-MORA, L.M. 2007. Epidemiology and control of neosporosis and *Neospora caninum*. *Clin Microbiol Rev.*, 20: 323-67.

DUFTY, J. 1967. Diagnosis of vibriosis in the bull. *Aust. Vet. J.*, 43: 433-437.

GAIDO, A.B.; VIÑABAL, A.E.; AGUIRRE, D.H.; ECHAIDE, S.T.; GUGLIELMONE, A.A. 1995. Transmission of *Anaplasma marginale* by the three-host tick *Amblyomma neumanni* under laboratory conditions. *Folia Parasitol.* 42: 72.

GARCÍA, J.R.; CUESTA, M.; PEDROSO, R.; RODRÍGUEZ, J.M.; GUTIÉRREZ, M.; MOLLINEDA, A.; FIGUEREDO, J.M.; QUIÑONES, R. 2007. Suplementación parenteral de cobre en vacas gestantes: Efecto sobre parto y terneros. *Rev. MVZ Córdoba*, 12: 985.

GUGLIELMONE, A.A. 1994. Epidemiología y control de los hemoparásitos (*Babesia* y *Anaplasma*) de los vacunos en la Argentina. En: FIEL, C.; NARI, A. (Eds.). Enfermedades parasitarias de importancia económica en la Argentina y el Uruguay. Editorial Hemisferio Sur, Montevideo. pp. 461-479.

MARIN, R.E.; RAMOS, S.; LUCIANI, M.; ODEON, A.; BRIHUEGA, B.; SPÄTH, E.; CAMPERO, C.M. 2011. Relevamiento seroepidemiológico de enfermedades que afectan la reproducción en bovinos de la Provincia de Jujuy. *Vet. Arg.* xxviii, N.º 280. (Disponible: www.veterinariargentina.com verificado: 30 enero 2018).

MARIN, R.E.; HOUSTON, R.; OMANSKA-KLUSEK, A.; ALCAZAR, A.; GARCIA, J.P.; UZAL, F.A. 2015. Pathology and diagnosis of proliferative and ulcerative dermatitis associated with *Tunga penetrans* infestation in cattle. *J. Vet. Diagn. Invest.*, 27 1: 80-85. doi: 10.1177/104063871455959

MASTROPAOLO, M.; TORIONI DE ECHAIDE, S.; CUATRIN, A.; ARECE, H.; LOBATO, S.; MANGOLD, A. 2009. Situación de

la Babesiosis y Anaplasmosis de los bovinos en el Sudoeste de la provincia del Chaco. *Rev. FAVE Sección Ciencias Veterinarias*, 8: 29-35.

MCCLURE, T.J. 1995. Infertilidad nutricional y metabólica de la vaca. Edit. Acribia, 1 edic., Zaragoza, España. pp. 45-63.

MICHELOUD, J.F.; CAFRUNE, M.M.; CSEH, S.; AGUIRRE, D.H.; SUÁREZ, V.H. 2014. Mortandad por gastroenteritis verminosa en bovinos adultos de cría de la región del Pastizal Serrano, Salta. *Rev. Med. Vet. (Bs. As.)*, 95, 2: 22-26.

MIRANDA, A.O.; SUÁREZ, V.H. 2014. Epidemiology of cattle diseases in the north east of La Pampa province, Argentina. En: MIRNADA, A.O. (Ed.). Evances en investigación en salud pública veterinaria en la prov. de La Pampa. Cap. 9, Ediciones INTA, Anguil, La Pampa. pp. 40-46.

MOORE, D.P.; ODEÓN, A.C.; CAMPERO, C.M. 2001. Neosporosis bovina: una actualización. *Vet. Arg.* Vol. xviii, 180: 752-775.

MOORE, D.P.; PÉREZ, A.; AGLIANO, S.; BRACE, M.; CANTÓN, G.; CANO, D.; LEUNDA, M.R.; ODEÓN, A.C.; ODRIOZOLA, E.; CAMPERO, C.M. 2009. Risk factors associated with *Neospora caninum* infections in cattle in Argentina. *Vet. Parasitol.*, 161, 122-125.

MORRELL, E.L. 2010. Caracterización diagnóstica de las causas infecciosas del aborto bovino. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. p. 156.

MUYLKENS, B.; THIRY, J.; KIRTEN, P.; SCHYNTS, F.; THIRY, E. 2007. Bovine herpesvirus 1 infection and infectious bovine rhinotracheitis. *Vet. Res.* 38 (2): 181-209. doi:10.1051/vetres:2006059. PMID 17257569

NEUMANN, R.D.; SALATIN, A.O.; GAIDO, A.B.; CLEMENT, M.; AGUIRRE, D.O. 2010. Prevalencia de trichomonosis y campylobacteriosis bovinas en rodeos de pequeños ganaderos de la provincia de Salta. Libro de resúmenes xviii Reunión Científico Técnica. AAVLD. E15.

NEUMANN, R.D.; ARGUELLO, G.; SALATIN, A.O.; AGUIRRE, D.O. 2013. Prevalencia de trichomonosis bovina y campylobacteriosis genital bovina en rodeos de cría de los departamentos Jiménez y Pellegrini, Santiago del Estero. xxxvi Reunión de AAPA. Corrientes. Argentina.

ODEÓN, A.C.; SPÄTH, E.J.A.; PALOMA, E.J.; LEUNDA, M.R.; FERNÁNDEZ SAINZ, I.J.; PÉREZ, S.E.; KAISER, G.C.; DRAGHI, M.G.; CETRA, B.M.; CANO, A. 2001. Prevalencia de anticuerpos al virus de diarrea viral bovina, herpesvirus bovino y virus sincicial respiratorio bovino en Argentina. *Revista de Medicina Veterinaria*. 82:216-220.

PARREÑO, V.; ROMERA, S.A.; MAKEK, L.; RODRIGUEZ, D.; MALACARI, D.; MAIDANA, S.; COMPAIRED, D.; COMBESSIES, G.; VENNA, M.M.; GARAICOECHEA, L.; WIGDOROVITZ, A.; MARANGUNICH, L.; FERNANDEZ, F. 2010. Validation of an indirect ELISA to detect antibodies against BoHV-1 in bovine and guinea pig serum samples using ISO/IEC 17025 standards. *Journal of Virological Methods*, 169(1):143-153 doi: 10.1016/j.jviro-met.2010.07.014

PEREYRA, W.R.; MANSILLA, F.; BERTONI, E.A.; MARTÍNEZ, G.M.; SUÁREZ, V.H.; CAPOZZO, A. 2017. Relevamiento epidemiológico de infecciones agudas y crónicas causadas por *Neospora caninum* en tambos de la provincia de Salta. ix Jornadas y Reunión Anual de la Asociación Argentina de Inmunología Veterinaria (AAIV) 2016, *Rev. Med. Vet. (Bs. As.)*, 98, 1: 25-77.

RIAN. 2014. Existencias ganaderas bovinas 2014. Red de información agropecuaria nacional, INTA.

ROSA, D.E.; MATTIOLI, G.A. 2002. Metabolismo y deficiencia de cobre en los bovinos. *Analecta Vet.* 22: 7-1.

- ROBLES, C.A.; SCODELLARI, G.; FERNÁNDEZ, C.; NAVEDO, R.; CHODILEF, M.; CABRERA, R. 2008. Relevamiento sanitario e implementación de un plan para la prevención y control de enfermedades en bovinos de productores rurales minifundistas comunitarios de la provincia de Neuquén, Argentina. Ed. Robles, INTA Bariloche. 1ra edición., Bariloche, Arg. p. 39.
- ROBLES, C.A.; FERNÁNDEZ, C.; PARREÑO, V.; SCODELLARI, G.; ECHAIDE, I.; CABRERA, R.; CHODILEF, M. 2015. Relevamiento sanitario en bovinos de una comunidad indígena de la provincia del Neuquén, Argentina. *Vet. Arg.* xxxii, 322. (Disponible: [www.veterinariargentina.com](http://www.veterinariargentina.com) verificado: 06 de febrero de 2018).
- SPÄTH, E.; GUGLIELMONE, A.; RÍOS, L. DE, 1987. Utilización de un modelo matemático simple para evaluar la situación epizootológica de la babesiosis bovina. *Rev. Med. Vet. (Buenos Aires)* 68, 126-128.
- SUÁREZ, V.H. 1997. Diagnóstico de las parasitosis internas de los rumiantes en la región de invernada. *Técnicas e Interpretación. Bol. Divulgación Técnica (INTA-Anguil)* 56, p. 50.
- SUÁREZ, V.H.; MIRANDA, A.O.; ARENAS, S.M.; SCHMIDT, E.E.; LAMBERT, J.; SCHIEDA, A.; FELICE, G.; IMAS, D.; SOLA, E.; PEPA, H.; BUGNONE, V.; CALANDRI, H.; LORDI, L.V. 2008. Prevalencia de patologías e incidencia de la sanidad en los sistemas bovinos en el este de la provincia de La Pampa. *Rev. Vet. Arg.* xxiii 244: 258-280.
- SUÁREZ, V.H.; VIÑABAL, A.E.; BASSANETTI, A.; BIANCHI, M.I. 2017a. Epidemiología y efecto de las parasitosis internas en la cría bovina en la región del pastizal serrano del NOA. *Revista RIA*, 43,1: 59-66. (Disponible: <http://ria.inta.gob.ar> verificado: abril de 2017).
- SUÁREZ, V.H.; DODERO, A.M.; ALMUDEVAR, F.M.; BERTONI, E.A.; SALATIN, A.O.; VIÑABAL, A.E.; SALDAÑO, R.; MARTÍNEZ, G.M.; MICHELOUD, J.F.; FIORENTINO, M.A.; BRIHUEGA, B.; ROMERA, S.A. 2017b. Presencia de enfermedades y prácticas de manejo en majadas caprinas de los valles templados del noroeste argentino. *Vet. Argentina*. xxxiv, 356. (Disponible: [www.veterinariargentina.com](http://www.veterinariargentina.com) verificado: 08 de febrero de 2018).
- SUTTLE, N.F. 2010. *The mineral nutrition of livestock*. 4<sup>th</sup> Edition CABI Publishing. Wallingford, Reino Unido. p. 587.
- THURSFIELD, M. 1990. *Epidemiología Veterinaria (Veterinary Epidemiology)*. Editorial Acribia S.A., Zaragoza. p. 339.
- VIÑABAL, A.E.; CAFRUNE, M.M.; AGUIRRE, D.H.; BASSANETTI, A.F.; BERTONI, E.A.; SUÁREZ, V.H. 2015. Propuesta y evaluación de una técnica de sedimentación y tinción con Azul de Metileno (y de una variante) para el diagnóstico de *Fasciola hepatica*. *Rev. Vet. Arg.* Vol. xxxii, 327: 1-11. (Disponible: [www.veterinariargentina.com](http://www.veterinariargentina.com) verificado: 12 de febrero de 2018).

# Potencial toxigénico de *Astragalus pehuenches* Niederl en Argentina

MARTÍNEZ, A.<sup>1</sup>; GARDNER, D.R.<sup>2</sup>; COOK, D.<sup>2</sup>; GIMENO, E.J.<sup>3</sup>; ROBLES, C.A.<sup>1</sup>

## RESUMEN

El género *Astragalus* está ampliamente distribuido en el mundo y algunas especies son tóxicas para el ganado. En Argentina, *Astragalus pehuenches* ha sido incriminado históricamente en casos de intoxicación en ovinos, bovinos y equinos. Debido a la escasa información sobre los aspectos toxicológicos de la especie, se llevó a cabo un estudio con el fin de evaluar el potencial toxigénico de *A. pehuenches* en la provincia de Río Negro. A nivel regional se determinaron altas concentraciones de swainsonina de 0,070 y 0,097%. Si bien no se encontraron diferencias del potencial toxigénico entre zonas de cosechas ( $p=0,277$ ), se observó una alta variación de las concentraciones de swainsonina entre especímenes (rango: 0,001-0,204%). A partir de este trabajo se confirma el riesgo que constituye esta especie para el ganado de la región patagónica.

**Palabras clave:** *Astragalus pehuenches*, toxicidad, ganado, Patagonia argentina.

## ABSTRACT

The genus *Astragalus* is widespread over the world being some toxic to livestock. *Astragalus pehuenches* has historically been incriminated in poisoning sheep, cattle and horses in Argentina. Due to the lack of information on the toxicological aspects of this species, a study was carry out to evaluate the toxigenic potential of *A. pehuenches* in Rio Negro province. High concentrations of swainsonine from 0.070 to 0.097% were determined in this region. Swainsonine concentrations was highly variable between specimens (range: 0.001-0.204%), however no differences were found regarding the toxigenic potential between areas ( $p=0.277$ ). This study confirms the risk that this species it constitutes for livestock in Patagonia region.

**Keywords:** *Astragalus pehuenches*, toxicity, livestock, Patagonia argentina.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Grupo de Salud Animal. CC. 277 (8400) SC de Bariloche, Argentina. Correo electrónico: martinez.agustin@inta.gob.ar

<sup>2</sup>USDA/ARS Poisonous Plant Research Laboratory, 1150 East 1400 North, Logan, Utah 84341.

<sup>3</sup>Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Veterinarias, Instituto de Patología, La Plata, Argentina.

## INTRODUCCIÓN

El género *Astragalus* se encuentra ampliamente distribuido en el mundo con más de 2500 especies en todos los continentes, excepto Oceanía y Antártida (Gómez-Sosa, 1979; Instituto Darwinion, 2014). En América del Sur, con un total de 110 especies, este género se encuentra desde Ecuador hasta Argentina y Chile (Gómez-Sosa, 1979; Gómez-Sosa, 2010). Se postulan dos orígenes de *Astragalus*, uno del viejo mundo constituido por especies Euroasiáticas y otro, denominado Neo-*Astragalus* originario del continente americano. Las especies de *Astragalus* de América del Sur se subdividen en dos clados denominados *F* y *G* (Scherson *et al.*, 2008). En Argentina, el género *Astragalus* está representado por 70 especies endémicas, tanto del clado *F* que se distribuyen principalmente sobre el oeste del país desde la provincia de Jujuy hasta Tierra del Fuego, como del clado *G* que se distribuyen hacia el centro-este del territorio nacional (Gómez-Sosa, 1979; Scherson *et al.*, 2008; Instituto Darwinion, 2014).

*Astragalus pehuenches* Niederl es una de las especies argentinas perteneciente al clado *G* que ha sido incriminada como responsable de intoxicaciones en el ganado (Gómez-Sosa, 1979; Kauffery y Heinken, 1984; Robles *et al.*, 2000). Al igual que otras 70 especies, la toxicidad de *A. pehuenches* está dada por la presencia de un alcaloide denominado swainsonina (SW) (Molyneux y Sosa, 1991; Cook *et al.*, 2017). Este alcaloide es un potente inhibidor de la enzima  $\alpha$ -manosidasa lisosomal, la cual es responsable de la metabolización de las glicoproteínas a nivel celular. Debido a la inhibición, los oligosacáridos no pueden ser correctamente metabolizados y se acumulan dentro del lisosoma (Moremen, 2002). Si bien esta alteración es sistémica, la sintomatología de los animales intoxicados se caracteriza principalmente por presentar signos nerviosos expresados por dificultad en el desplazamiento con ataxia, dismetría e incoordinación (Jolly y Walkley, 1997).

La primera evidencia de toxicidad de *Astragalus pehuenches* en Argentina, se obtuvo a partir de la detección de niveles tóxicos de SW en dos ejemplares herborizados provenientes de las provincias de Mendoza y Chubut (Molyneux y Gómez-Sosa, 1991). Años después se reportó el primer brote de intoxicación natural en Argentina ocurrido en la provincia de Río Negro que afectó al 73% de una majada de 300 ovinos (Robles *et al.*, 2000) y desde entonces recurrentemente se reciben consultas por casos de intoxicación en equinos, ovinos y bovinos por parte de productores de las provincias de Río Negro y Chubut (Martínez y Robles, 2016).

Por muchos años se creyó que la SW era un metabolito secundario de la planta, sin embargo en el 2003 se descubrió que es producida por hongos endófitos del género *Alternaria* clase *Undifilum spp.* que conviven en simbiosis con algunas especies de *Astragalus* (Braun *et al.*, 2003; Cook *et al.*, 2011). A partir de este descubrimiento, la relación endófito-planta ha sido estudiada en especies norteamericanas y asiáticas (Cook *et al.*, 2009; Yu *et al.*, 2010).

Dada la importancia que tiene esta intoxicación en la región Patagónica y la escasa información sobre los as-

pectos toxicológicos del género en la Argentina, se llevó a cabo un primer estudio con el fin de evaluar el potencial toxigénico de *Astragalus pehuenches* en la provincia de Río Negro.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área bajo estudio

El estudio se llevó a cabo en la provincia de Río Negro en un área que comprende a las localidades de Los Menucos, Maquinchao e Ingeniero Jacobacci. El área abarcada es ambientalmente caracterizada como de transición entre las áreas ecológicas de sierras y mesetas occidentales y monte austral (figura 1). En dicha región, histórica y frecuentemente, se presentan casos de intoxicación por *Astragalus pehuenches* en el ganado. Para los fines del estudio el área se subdividió en tres zonas comprendiendo establecimientos ganaderos aledaños a las tres localidades antes citadas.

### Muestreos de *Astragalus pehuenches*

Con el fin de caracterizar la distribución y potencial toxigénico de *Astragalus pehuenches* en la región, se colectaron plantas durante el mes de enero de 2012 y 2013. Para ello se visitaron establecimientos ganaderos donde había registros de presencia de la planta. En cada establecimiento, se recabó información al productor sobre el historial de casos de intoxicación. Finalmente, se realizó la cosecha de las plantas recorriendo los cuadros de pastoreo del establecimiento, recolectándose ejemplares enteros mediante un corte con tijera sobre la corona a 1 cm del suelo. El material verde colectado se pesó y se procesó separando manualmente los tallos (T) de las hojas, flores, frutos y semillas (HFFS). Para el análisis toxicológico se analizaron muestras según (1) partes de la planta (T y HFFS), (2) zona de cosecha (Los Menucos, Maquinchao e Ing. Jacobacci) y (3) años de estudio (2012 y 2013). Para determinar la concentración de SW de la región, cada año se confeccionó una muestra correspondiente a la mezcla de las tres zonas de cosecha. El material molido restante se utilizó como insumo para ensayos experimentales de la intoxicación en cobayos y ovinos.

Con el fin de evaluar si existen diferencias en la concentración de SW según zona de la región, se llevó a cabo un muestreo sistemático ajustándose a las metodologías de muestreo propuestas por Gardner *et al.* (2001) y Cook *et al.* (2014). Para ello en cada zona de cosecha se colectaron entre siete y ocho especímenes enteros de *Astragalus pehuenches* los cuales fueron procesados y analizados en forma individual. En total se muestrearon 23 especímenes.

El material vegetal provenientes de los dos muestreos fue secado en estufa a 58 °C y triturado con un molino vertical utilizando un tamiz de 1 mm. La molienda obtenida se guardó en envases herméticos, al resguardo de la luz solar y humedad hasta el momento de las determinaciones de SW.



Un espécimen entero fue prensado en papel y enviado al Herbario de la Facultad Ciencias Agronómicas y Forestales de la UNLP, para la identificación botánica y herborización.

### Determinación de swainsonina (SW)

Las muestras del material cosechado en las colectas de los dos años y de los 23 especímenes muestreados individualmente fueron analizadas para la detección y cuantificación de SW mediante la metodología propuesta por Gardner y Cook (2011). Brevemente, la extracción de los alcaloides se realizó a partir de 50 mg de planta molida y 1,5 mL de ácido acético en continua agitación por 16 h. Una fracción de extracto del ácido acético (100  $\mu$ L) se mezcló con una solución de hidróxido de amonio (900  $\mu$ L). Las muestras se procesaron por cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masa (LC-MS). Los valores de SW se expresaron en porcentaje de SW por peso de materia seca de planta.

### Análisis estadístico

Para determinar diferencias en las concentraciones de SW según zona de cosecha se realizó un ANOVA mediante el Software MedCalc® Versión 11.3.1.0. Valores de  $p < 0,05$  se consideraron estadísticamente significativos.

## RESULTADOS

### Identificación y caracterización de la planta

El ejemplar enviado para identificación botánica fue clasificado como: *Astragalus pehuenches* Niederl. (Familia

Leguminosa). Nombre vernáculos: “Yerba Loca” o “Garbancillo”.

En los dos años de estudio y en las fechas de muestreo se encontraron poblaciones de *A. pehuenches* en rebrote, florecido, fructificado y lignificado. Estos diferentes estados fenológicos se observaron en forma simultánea (figura 2). Los tamaños de las plantas variaron entre 10 y 50 cm de alto y se encontraron en suelos removidos y bordes de mallín. En el primer año se colectaron 29,5 kg y en el segundo año cuando se recorrieron un mayor número de establecimientos, se colectaron 81,6 kg de planta verde.

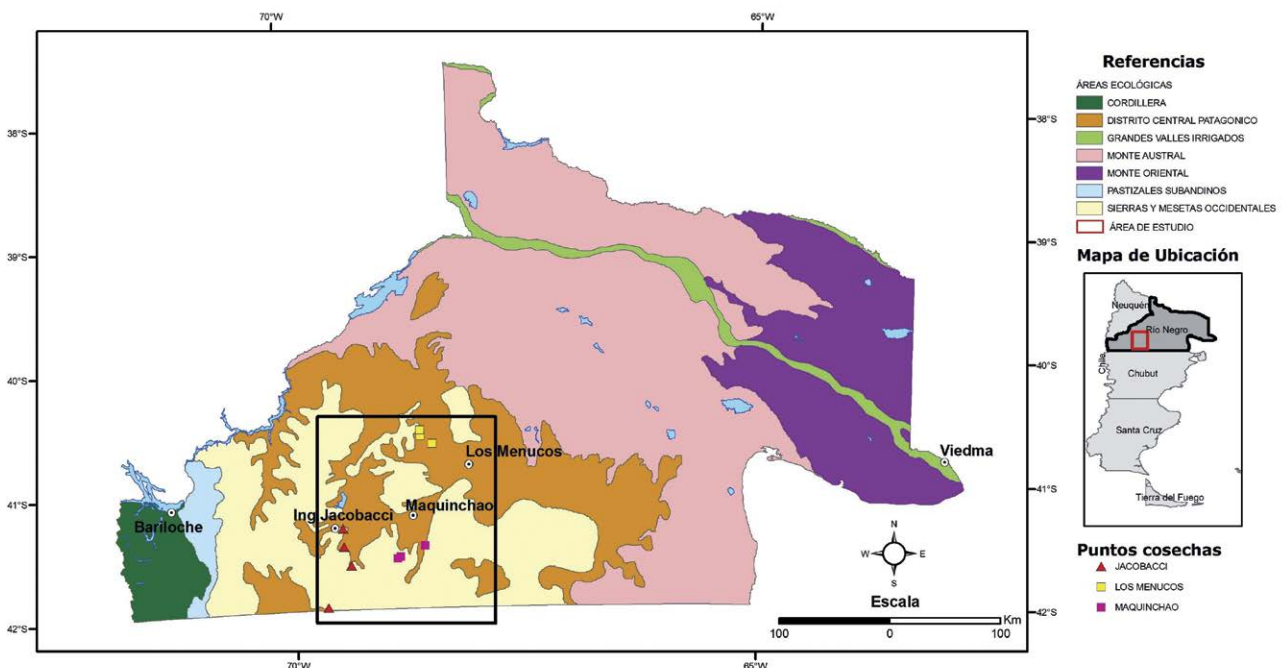
### Concentración de SW en *Astragalus pehuenches*

En la tabla 1 se pueden observar los detalles de cosechas y los valores de swainsonina a nivel regional para los dos años de estudio.

Los promedios zonales, el desvío estándar y el rango de la concentración de swainsonina en los especímenes cosechados en el muestreo sistemático se presentan en la tabla 2. Las concentraciones de swainsonina no difirieron significativamente según zona de cosecha ( $p = 0,277$ ).

## DISCUSIÓN

En el presente estudio se confirmó la presencia de *Astragalus pehuenches* en una superficie de 23.400 km<sup>2</sup> en la región sur de la provincia de Río Negro. El crecimiento de la planta se observó en terrenos entre los 950 y 1200



**Figura 1.** Mapa de la provincia de Río Negro y sus áreas ecológicas, indicando el área de colecta de los especímenes de *Astragalus pehuenches* (recuadro).



**Figura 2.** (A) Especimen de *Astragalus pehuenches* de gran tamaño. (B) Inflorescencia violácea y (C) frutos globosos característicos de *Astragalus pehuenches*.

m s. n. m., generalmente ajustándose a un patrón de distribución por manchones, en áreas de peri mallín, pampas arenosas y en lugares donde el suelo en algún momento fue removido, coincidiendo con lo reportado por Gómez-Sosa (1979).

El único reporte existente sobre la detección de swainsonina en *A. pehuenches*, fue realizado solo sobre dos ejemplares herborizados y analizados mediante la técnica de cromatografía gaseosa (GC) donde se obtuvieron concentraciones de SW de 0,028 y 0,034% MS (Molyneux y Gómez-Sosa, 1991), valores inferiores a los hallados en este trabajo. En el presente estudio se utilizó la cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masa (LC-MS), una técnica que posee mayor sensibilidad para determinar la concentración de SW comparada con técnicas como GC, cromatografía en placa delgada y con la inhibición enzimática (Gardner *et al.*, 2001). Este trabajo es el primer estudio toxicológico en poblaciones de *A. pehuenches* realizado sobre especímenes de campo, donde utilizando LC-MS se establecieron valores entre 0,070 a 0,097%, lo cual se ajustaría al verdadero potencial toxigénico de la especie en la región.

Las concentraciones de SW en *Astragalus pehuenches* de la región fueron entre 70 a 100 veces superiores al umbral de toxicidad considerado en 0,001% (Molyneux *et al.*, 1995). Este hecho pone en evidencia que las poblaciones de *A. pehuenches* de la región poseen un alto potencial toxigénico y por ende constituyen un riesgo de intoxicación para el ganado que pastorea en dichas áreas. A pesar de esto, los productores con los que se trabajó comentaron que tanto en el año 2012 como en el 2013 no registraron casos clínicos en su ganado, lo cual demuestra que además del alto potencial toxicológico de la planta tienen que existir otros factores que favorezcan la aparición de brotes como podrían ser el sobrepastoreo de los campos, baja oferta forrajera en algún momento del año y aumento de la población anual de *Astragalus* en años lluviosos (Gardner *et al.*, 2001). Estos factores favorecerían que los animales consuman plantas de *Astragalus* que, además de ser relativamente palatables, suelen rebrotar antes que el pastizal acompañante, aumentando así su preferencia por parte del ganado (Ralphs *et al.*, 2002).

Utilizando *Oxytropis sericea*, Stegelmeier *et al.* (1999) sugirieron que los ovinos se intoxican con una dosis diaria

Zona	Coordenadas	Parte planta	Swainsonina % MS	
			2012	2013
Los Menucos	40°33'18.6S 68°36'08.9° O	H-F-F-S	0,12	0,102
	1197 m s. n. m.	Tallos	0,07	0,055
Maquinchao	41°29'55.5 S 68°34'38.6° O	H-F-F-S	0,08	0,122
	979 m s. n. m.	Tallos	0,04	0,066
Ing. Jacobacci	41°58'24.3 S 69°38'42.3° O	H-F-F-S	0,06	0,149
	1069 m s. n. m.	Tallos	0,04	0,074

**Tabla 1.** Concentración de swainsonina en muestras de plantas de *Astragalus pehuenches*, discriminados según parte de la planta, colectadas en tres zonas de la provincia de Río Negro en los dos años de estudio. Ref.: H-F-F-S: Hojas-Flores-Frutos-Semillas.

Zona	N.º plantas	Swainsonina (Promedio %MS ± DE)	Rango (% MS)
Los Menucos	7	0,128±0,016 <sup>a</sup>	0,065 - 0,204
Maquinchao	8	0,089±0,022 <sup>a</sup>	0,001 - 0,174
Ing. Jacobacci	8	0,114±0,011 <sup>a</sup>	0,070 - 0,153

**Tabla 2.** Promedio, desvío estándar (DE) y rango de la concentración de swainsonina en las tres zonas de estudio. % MS: Porcentaje de SW por peso de materia seca de planta. (ª): Promedios identificados por la misma letra representan diferencias no significativas.

de de 0,2 mg SW/kg por un periodo de 30 días. Si contemplamos las concentraciones de SW en *A. pehuenches* observadas en este estudio, podríamos decir que un ovino Merino a campo se intoxicaría si consumiera diariamente entre 90 y 150 gramos de planta por un periodo de 30 días.

La metodología utilizada para estimar el potencial toxigénico podría replicarse en otras especies de *Astragalus* en las que ya se ha detectado SW, como por ejemplo *Astragalus garbancillo* var *garbancillo* en el noroeste argentino (Micheloud *et al.*, 2017) y *Astragalus illinii* en la Patagonia argentina (Martinez, datos no publicados), como así también en otras especies de *Astragalus* de Sudamérica las cuales contienen SW (Cook *et al.*, 2017). Para llevar a cabo estos estudios, sería oportuno que laboratorios especializados del país pongan a punto las técnicas cromatográficas necesarias para la determinación del tóxico.

En cuanto a la distribución de la SW, se comprobó que se encuentra en toda la parte aérea de la planta, sin embargo la concentración de la toxina no fue homogénea. Coincidiendo con reportes previos (Cook *et al.*, 2011), se determinó que las hojas, flores, frutos y semillas tenían prácticamente el doble de la concentración de SW que los tallos, tal como se observa en la tabla 1.

Por una parte, en el presente trabajo no se hallaron diferencias significativas en la concentración de SW entre poblaciones de *A. pehuenches* en las tres zonas. Posiblemente esto se deba a que, si bien las zonas abarcadas estaban separadas por más de 50 km, eran homogéneas tanto ambiental, climática como geográficamente (Bran *et al.*, 2000), con lo cual no permitió diferenciarse una de otra. Por otra parte, la alta variabilidad de la concentración de SW podría dificultar la diferenciación entre zonas. Además, esta variabilidad estaría sujeta a la cantidad y metabolismo del hongo endófito (Cook *et al.*, 2009).

En la actualidad se están realizando estudios para aislar y tipificar los hongos endófitos presentes en *Astragalus pehuenches*, de esta forma se podrá a futuro caracterizar la dinámica del potencial toxigénico y correlacionarlo con los principales factores tanto bióticos como abióticos que podrían condicionar la variación del potencial toxigénico de la planta en la región.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue parcialmente financiado por proyectos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

PNSA 1115055 “Enfermedades infecciosas, parasitarias y tóxicas que afectan la productividad de los ovinos, caprinos y camélidos”, PRET 1281102 “Aportes a la recuperación y desarrollo territorial del semi-árido Sur de la Provincia de Río Negro”, y de la Universidad Nacional de La Plata (Proyecto: 11/V232) y subsidio del FONCyT PICT-2011-1379 “Neuropatología veterinaria básica y aplicada en intoxicaciones inducidas por plantas tóxicas”. Agradecemos la colaboración de Rocío Alvarez, Virginia Velasco y Fernando Umaña por la asistencia técnica, colecta de las plantas y confección del mapa. Al Dr. Néstor Bayón (FCAYF UNLP) por la identificación y herborización del material colectado.

## BIBLIOGRAFÍA

- BRAN, D.; AYESA, J., LÓPEZ, C. 2000. Regiones ecológicas de Río Negro. INTA EEA Bariloche Comunicación Técnica de Relevamiento Integrado 59, p. 8.
- BRAUN, K; ROMERO, J.; LIDDELL, C.; CREAMER R. 2003. Production of swainsonine by fungal endophytes of locoweed. *Mycological Research*. 107: 980–988.
- COOK, D.; GARDNER, D.R.; RALPHS, M.H.; PFISTER, J.A.; WELCH, K.D.; GREEN, B.T. 2009. Swainsonine concentrations and endophyte amounts of *Undifilum oxytropis* in different plant parts of *Oxytropis sericea*. *Journal of Chemistry Ecology*. 35, 1272-1278.
- COOK, D.; GARDNER, D.R.; GRUM, D.; PFISTER, J.A.; RALPHS, M.H.; WELCH, K.D.; GREEN, B.T. 2011. Swainsonine and endophyte relationships in *Astragalus mollissimus* and *Astragalus lentiginosus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59:1281-1287.
- COOK, D.; GARDNER, D.R.; PFISTER, J.A. 2014. Swainsonine-containing plants and their relationship to endophytic fungi. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62: 7326-7334.
- COOK, D.; GARDNER, D.R.; LEE, S.T.; PFISTER, J.A; STONE-CIPHER, C.A.; WELSH, S.L. 2016. A swainsonine survey of North American *Astragalus* and *Oxytropis* taxa implicated as locoweeds. *Toxicon* 118: 104-111.
- COOK, D.; GARDNER, D.R.; MARTINEZ, A.; ROBLES, C.; PFISTER, J.A. 2017. A screen for swainsonine among South American *Astragalus* Species. *Toxicon*. 145: 154-156.
- GARDNER, D.R.; MOLYNEUX, R.J.; RALPHS, M.H. 2001. Analysis of swainsonine: extraction methods, detection, and measurement in populations of locoweeds (*Oxytropis* spp.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49: 4573-4580.
- GARDNER, D.R.; COOK, D.A. 2011. A comparison of alternative sample preparation procedures for the analysis of swainsonine using LC-MS. *Phytochemistry Analysis*. 22: 124-127.
- GÓMEZ-SOSA, E. 1979. Las especies sudamericanas del género *Astragalus* (Leguminosae). Las especies patagónicas argentinas. *Darwiniana*, 22: 313-376.

- GÓMEZ-SOSA, E. 2010. Nueva especie del género *Astragalus* (Leguminosae, Galegeae) para Perú. *Darwiniana*. 48:1-6.
- INSTITUTO DARWINION. 2014. Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur. (Disponible: [www.darwin.edu.ar/http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/fa.htm](http://www.darwin.edu.ar/http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/fa.htm) verificado: diciembre de 2014).
- JOLLY, R.D.; WALKLEY, S.U. 1997. Lysosomal Storage Diseases of Animals: An Essay in Comparative Pathology. *Veterinary Pathology*. 34: 527-548.
- KAUFFER, C.; HEINKEN, R. 1984. Informe sobre mortandad de equinos en el Dpto. Gastre por intoxicación con *Astragalus spp.* Dirección de Ganadería de la provincia de Chubut. Secretaría de Asuntos Agrarios. Argentina.
- MARTINEZ, A.; ROBLES, C. 2016. Primer caso de intoxicación natural por *Astragalus pehuenches* en bovinos en Argentina. x RAPA-PAVE. Esperanza, Argentina.
- MICHELOUD, J.F.; MARIN, R.; MARTINEZ, A.; MARTINEZ, O.G.; GARDNER, D.R.; GIMENO, E.J. 2017. Poisoning by *Astragalus garbancillo var. garbancillo* in sheep in Northwestern Argentina. *International Journal of Poisonous Plant Research*. 4:72-78
- MOLYNEUX, R.J.; GÓMEZ-SOSA, E. 1991. Presencia del alcaloide indolizidinico Swainsonine en *Astragalus pehuenches* (Leguminosae galegeae). *Boletín Sociedad Argentina Botánica*. 27: 59-64.
- MOLYNEUX, R.J.; MCKENZIE, R.A.; O'SULLIVAN, B.M.; EL-BEIN, A.D. 1995. Identification of the glycosidase inhibitors swainsonine and calystegine B2 in weir vine (*Ipomoea sp. Q6 aff. Calobra*) and correlation with toxicity. *Journal of Natural Product*. 6: 878-886.
- MOREMEN, K.W. 2002. Golgi  $\alpha$ -mannosidase II deficiency in vertebrate systems: implications for asparagine-linked oligosaccharide processing in mammals. *Biochimica et Biophysica Acta* 1573: 225-235.
- RALPHS, M.H.; GRAHAM, J.D.; JAMES, L.F. 2002. A close look at locoweed poisoning on shortgrass prairies. *Rangelands*. 24: 30-34.
- ROBLES, C.A.; SABER, C.; JEFREY, M. 2000. Intoxicación por *Astragalus pehuenches* (locoismo) en ovinos Merino de la Patagonia Argentina. *Revista de Medicina Veterinaria*. 81: 380-384.
- SCHERSON, R.A.; VIDAL, R.; SANDERSON, M.J. 2008. Phylogeny, biogeography, and rates of diversification of new world *Astragalus* (Leguminosae) with an emphasis on South American radiations. *American Journal of Botany*. 95: 1030-1039.
- STEGELMEIER, B.L.; JAMES, L.F.; PANTER, K.E.; GARDNER, D.R.; PFISTER, J.A.; RALPHS, M.H.; MOLYNEUX, R.J. 1999. Dose response of sheep poisoned with locoweed (*Oxytropis sericea*). *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 11: 448-456.
- YU, G.; ZHAO, Q.; WANG, J.; WANG, J.; WANG, Y.; SONG, Y.; GENG, G.; LI, Q. 2010. Swainsonine-producing fungal endophytes from major locoweed species in China. *Toxicon*. 56: 330-338.



# Elaboración y aplicación de un índice de precios de insumos agrícolas

FERNÁNDEZ, D.A.<sup>1</sup>

## RESUMEN

El artículo expone la metodología de construcción de un Índice de Precios de Insumos Agrícolas (IPIA) referido a cultivos extensivos de la región pampeana. El Sistema Estadístico Nacional no genera un indicador semejante, por lo que ese vacío no caracteriza a sus pares de otros países productores de granos. Considerando procedimientos recomendados internacionalmente para la elaboración de índices de precios, se propone y especifica la estructura de ponderadores de los productos clasificados en divisiones y rubros principales (combustible, semillas, fertilizantes y fitosanitarios), así como las fuentes de información de las que se nutre, los criterios de actualización de la canasta de bienes relevada y los mecanismos de ajuste. El IPIA puede tener múltiples aplicaciones, tanto para la investigación académica sobre el sector agropecuario como para la toma de decisiones en el plano microeconómico o en materia de políticas públicas relacionadas con la actividad.

Una vez computado el indicador se construye la serie del cociente entre el Índice de Precios al Consumidor (IPC) y el IPIA, con el fin de analizar el devenir de un mecanismo de diferenciación de explotaciones agropecuarias estudiado por Miguel Peretti a fines de la década de 1990. Este consiste en el hecho de que el cambio en los precios relativos impacta de forma dispar según qué tipo de productor es el receptor del nuevo esquema (empresas a gran escala, unidades de base familiar), dado que la propensión a utilizar los excedentes en la compra de bienes de consumo varía sustantivamente entre ellos.

**Palabras clave:** agricultura, costos, economía.

## ABSTRACT

*The article exposes a methodology for the construction of an 'Agricultural Input Price Index' (IPIA). The Argentine statistical system does not generate an indicator of this characteristics, and its equals in other grain-producing countries don't suffer this limitation. Following internationally recommended methods for price indices construction, we propose a weight structure for the different items involved (fuel, seeds, fertilizers and pesticides), as well as the information sources from which nourishes, the criteria for updating the input basket and other adjustment mechanisms. The IPIA can have multiple applications, both for academic research on the agricultural sector and for decision making at the microeconomic level or on public policy related to the activity.*

*Once the indicator is computed, the ratio CPI/IPIA is constructed, in order to analyze the evolution of a differentiation mechanism of agricultural firms studied by Miguel Peretti in the late 1990s. This alludes to the fact*

---

<sup>1</sup>Universidad de Buenos Aires (UBA), Facultad de Ciencias Económicas (FCE), Centro Interdisciplinario de Estudios Agrarios (CIEA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Hortiguera 259, (1406), CABA, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: fernandez2diego@yahoo.com.ar

*that the change in relative prices has a different impact depending on which type of producer is the recipient of the new framework (large-scale enterprises, family farmers), given that the propensity to use surpluses in the purchase of consumer goods varies substantially between them.*

**Keywords:** agriculture, costs, economics.

## INTRODUCCIÓN

### Objetivos y antecedentes

El presente artículo tiene tres objetivos<sup>1</sup>. En primer lugar, desarrollar la metodología de construcción de un índice de precios que exprese la evolución de la cotización de los insumos de la agricultura extensiva característica de la región pampeana argentina (lo denominaremos Índice de Precios de Insumos Agrícolas, IPIA). En segundo lugar, realizar un cómputo de este al llevar adelante la recolección de datos (precios de los distintos insumos) para el período 1986-2016, incluyendo aquí el cálculo no solo del indicador global, sino también el de sus principales componentes. En tercer lugar, se procede a realizar una aplicación de este índice, en el estudio de una relación económica que ha probado tener incidencia en la estructura socioeconómica rural (punto que se desarrollará en el apartado siguiente). Una vez construido el IPIA es plausible de tener múltiples aplicaciones, tanto para la investigación académica sobre el sector agropecuario como para la toma de decisiones en el plano microeconómico o en materia de políticas públicas relacionadas con la actividad.

Los desarrollos metodológicos contenidos en el presente trabajo se explican en la existencia de un vacío del Sistema Estadístico Nacional, puesto que los organismos oficiales no computan un indicador de precios relativo a los costos de la producción agropecuaria (ni agrícola en particular). Esta carencia es relativamente infrecuente: gran cantidad de países, y entre ellos los principales productores de los granos actualmente característicos la región pampeana argentina, disponen de indicadores sintéticos sobre los precios de los elementos que necesitan las "funciones de producción" agrarias<sup>2</sup>.

Eurostat ha desarrollado un índice de *Inputs* ("means of agriculture production") que combina –y compara– las realidades de los distintos miembros de la Unión Europea (Eurostat, 2008). Este tiene una presentación "combinada" que conjuga un índice de bienes consumidos de forma corriente con bienes de capital. Se actualizan sus ponderadores cada 5 años. Es un índice agropecuario (incluyendo todo tipo de cultivos y ganados diversos), y considera semillas, combustibles, fertilizantes, fitosanitarios, servicios veterinarios, alimentación animal, mantenimiento de materiales y edificios; mientras que a su vez sigue los precios de bienes de inversión: maquinaria y otro equipo, rodados, edificios.

La oficina de estadísticas de Canadá (Statistics Canada, 2017) asimismo estima un indicador de estas características. Este (denominado "Farm Input Price Index", FIPI) considera para imputar la media de un período de cuatro años –para evitar momentos excepcionales de algún costo–, y no tiene un formulario propio ni encuesta específica, sino que toma precios (trimestralmente desde 2007, antes era de forma anual) seleccionados de los relevamientos de precios mayoristas canadienses<sup>3</sup>. Desagrega por regiones. Incluye ciertas particularidades en cuanto a los rubros que lo componen; como la incorporación de los combustibles para calefaccionar las edificaciones rurales. Sus rubros son muy diversos, englobándose en "Edificios", "Maquinaria y rodados" (incluye amortización, combustible y reparaciones), "Gastos generales del negocio", "Producción de granos" (toma precios de semillas, fertilizantes, fitosanitarios, alambres y contenedores, seguros, salarios), "Producción animal" (compras de hacienda, alimentos, costos veterinarios y de medicamentos, salarios en ganadería). Este indicador incluye los "costos de factores", dado que además de los mencionados salarios agrícolas y ganaderos el rubro de "gastos generales" incluye los pagos por

<sup>1</sup>Versiones preliminares de algunas secciones del trabajo aquí presentado (en su etapa de elaboración) fueron discutidas como ponencias en reuniones científicas (Fernández, 2017a y 2017b). Este trabajo revisa y amplía esos desarrollos considerando las discusiones que suscitaron e incorpora asimismo aportes y correcciones que se originaron en tales intercambios.

<sup>2</sup>Se destaca que la publicación Márgenes Agropecuarios compila un Índice de Costos Agrícolas, siguiendo la evolución de los cuadros tecno-productivos que construye. No es realmente lo que en este trabajo se propone, dado que por su naturaleza se elabora

un índice por cultivo (y no uno agrícola global), tomando además su propio "paquete" de insumos, que está más ligado a un criterio "ingenieril" (empleo la expresión de Gallacher, 2000, p. 4, en referencia al análisis de otra fuente) que a los consumos de químicos efectivamente verificados en el agro argentino, y ocurre que los planteos de la revista no tienen criterios prefijados de actualización.

<sup>3</sup>Posteriormente señalaremos que esta facilidad procedimental estaría disponible (al menos, parcialmente) para la oficina argentina.

intereses, alquiler de equipos, hipotecas de la propiedad, renta e incluso impuestos a la propiedad.

El USDA (2011) también sigue los costos del sector agropecuario norteamericano. Como su nombre lo indica (es el Prices Paid Index for Commodities and Services, Interest, Taxes, and Farm Wage Rates, PPITW), este indicador incluye además de los precios que hacen a los costos directos de producción a los intereses, impuestos, salarios y el costo de vida familiar –vía incrustar el IPC norteamericano–. Los costos de producción, además de un conjunto de ítems similar a los que hemos venido examinando (compras de ganado y su alimento, semillas, fertilizantes, químicos, combustibles, reparaciones, maquinaria, rodados, materiales de construcción) incluyen la renta. De esta forma, aunque construye un indicador referido solo a la producción como apertura del índice de conjunto (que tiene dos versiones, según incorpore o no el costo de vida familiar) el cual está tomando este “costo” que es en realidad parte del excedente.

Por una parte, en Brasil, si bien no existe un índice publicado por el IBGE o por el Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, se registran esfuerzos en el tercer sector por rellenar el faltante, como es el caso del Instituto Brasileiro de Economia, que toma 19 ítems (incluye trabajo y tierra además de semilla, combustibles, fertilizantes y fitosanitarios) para computar el (IBRE-FGV, 2006) Índice de Preços Pagos pelos Produtores Rurais (IPP).

Por otra parte, otros países hacen un seguimiento del precio de los insumos y la maquinaria agropecuaria, pero sin construir un indicador sintético, como es el caso de México (S.E., Gobierno de México, 2017), Uruguay (DIEA, 2014) o Australia (Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences, ABARES, 2016), si bien en este último caso se construyen índices parciales (de fertilizantes, de químicos).

### **Una aplicación: la construcción de un indicador de precios relativos que tienen impacto en la dinámica del proceso de concentración productiva**

Durante la década de 1990 se verifica la aparentemente contradictoria simultaneidad de un intenso proceso de crecimiento de la producción (considerando el área sembrada, las toneladas cosechadas, los rindes por hectárea, entre otras variables) con una severa crisis de la producción de tipo “chacarera”, expresada en la desaparición de decenas de miles de explotaciones (Cloquell y Azcuy Ameghino, 2005). Hacia fines de la década fue apareciendo información (a escala macro) que daba cuenta de este segundo fenómeno<sup>4</sup>, que sería confirmada categórica-

mente tras la publicación de los datos del Censo Nacional Agropecuario de 2002 y que estaba en el origen de la creciente conflictividad sectorial (Teubal, 1994; Martínez Dougnac y Tort, 2003).

En el análisis de este desarrollo, que es multicausal (De Nicola *et al.*, 1998), ha sido muy influyente una investigación de Miguel Peretti (1999, 2002). Esta señala que la política económica implementada durante los 90 se tradujo en una alteración en los precios relativos de la mayor envergadura que afectó las posibilidades económicas de las unidades productivas de base familiar. Esto ocurre porque la convertibilidad impactó de forma diferenciada en los índices de precios a nivel mayorista (IPIM) y a nivel minorista (IPC). En efecto, los precios mayoristas están mucho más relacionados con el comercio exterior; mientras que por su parte –dado el peso de los rubros no transables que lo caracteriza– el índice de precios minoristas está más “desacoplado” de aquel. El resultado de esto fue que por el manejo cambiario y la liberalización del comercio resultó relativamente encarecido el costo de vida en términos de los precios mayoristas, indicador este último que está relacionado con la evolución de los costos de producción rurales. Desde el momento en que una explotación agropecuaria (EAP) de pequeña escala debe destinar una parte sustantiva de sus ingresos a la reproducción de la propia familia que la dirige y que los propietarios de una gran empresa del ramo emplean en ello una porción reducida de sus excedentes (al margen de que, dados los montos involucrados en términos absolutos, esa pequeña parte les habilita un nivel de vida más costoso) volcando el grueso de sus utilidades a la reinversión; se tiene que aquella evolución de los precios relativos objetivamente favorece a las cuentas de los grandes productores en su disputa con los pequeños por el uso del suelo.

Este punto señalado por Peretti ha encontrado mucha aceptación, por lo que fue considerado en numerosos y muy influyentes estudios del devenir agropecuario reciente (Reca y Parellada, 2001; Barsky y Gelman, 2001; Trigo, Chudnovsky, Cap y López, 2002; Azcuy Ameghino, 2004a; Pizarro, 2003; Lattuada y Estrada, 2001).

El IPIA, al considerar la evolución de los costos de los insumos agropecuarios específicamente, se propone como un reemplazo superador del índice de precios mayorista<sup>5</sup>. De esta forma, el coeficiente IPC/IPIA permitirá, dado que expresa el cambio relativo en los precios de un tipo y otro de bienes, comprender de forma más acabada la estructura de incentivos vigente en cada momento.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

<sup>4</sup>El Censo Experimental de Pergamino en 1999, que registraba una caída del 25% en el número de EAP; seguimientos privados, como el expuesto en Indicadores Agropecuarios (1997) basado en encuestas realizadas por Mora y Araujo (citados en Azcuy Ameghino, 2004a), que exponían tasas de mortalidad empresaria aún mayores.

<sup>5</sup>El IPIA tendrá la ventaja adicional de mantener una metodología de cálculo homogénea, considerando que el INDEC modificó a partir de 1996 la forma en que computa el Índice Mayorista (para un detalle acabado de las motivaciones, objetivos y sustancia de la reestructuración, consultar INDEC, 2000a).

Básicamente, el IPIA es un índice Laspeyres<sup>6</sup> cuya base inicial es el año 1988, pero en el que se ajustan los ponderadores quinquenalmente de acuerdo a los cambios reales en materia de tecnología agropecuaria (incremento en el uso de fertilizantes, cambio de método de siembra, etc.) y peso relativo de los gastos en insumos que caracteriza a las funciones de producción agrícolas (se consideran solamente los principales cuatro cultivos, los que por cierto que sumados superan el 90% del total del área implantada con cultivos anuales en la región pampeana).

El IPIA se compone de 4 rubros: combustible, semilla, fertilizantes y fitosanitarios; estos a su vez se desagregan en divisiones (por ejemplo: fitosanitarios > herbicidas), cada una de las cuales comprende una serie de productos (ej.: fitosanitarios > herbicidas > glifosato), que es al nivel al cual se toman los precios (empleando para ello fuentes disponibles, no se realiza un operativo propio de recolección de información primaria).

## Las ponderaciones en el índice

### Método de construcción

La elaboración de un índice de tipo Laspeyres como es el IPIA requiere de construir una estructura de ponderadores para un año base. Para esto se considerarán las participaciones de los distintos rubros que componen el indicador en el total del gasto directo de producción insumido en la agricultura pampeana, circunscribiendo esta a la siembra de los cuatro principales cultivos. El gasto directo de producción  $C_j$  (con  $j$  = girasol, maíz, soja, trigo) se corresponde con el devengado en la compra de los insumos necesarios para realizar la implantación, los cuidados de los cultivos y la cosecha; incluyendo lógicamente semillas y fertilizantes. Como los distintos rubros inciden con fuerza dispar en cada cultivo, deben incorporarse al cálculo coeficientes de prevalencia de cada grano  $j$  (superficie implantada con  $j$  en la región pampeana como proporción del área conjunta de los cuatro cultivos),  $\mu_j$ . Así, la *masa total de gastos* afrontados –*MTG*; se considera como base al año 1988– se concibe como la suma ponderada de costos por hectárea,

$$(1) MTG = \sum_{j=1}^4 C_j \cdot \mu_j$$

Por su parte, cada gasto directo de producción  $C_j$  resulta

ser la suma de las erogaciones  $c$  que deben desembolsarse –de acuerdo a las especificidades técnicas de cada cultivo– en concepto de los rubros  $i$  combustible (comb), semilla (sem), fertilizantes (fert), fitosanitarios (fito):

$$(2) C_j = \sum_{i=1}^4 c_i$$

Los valores de  $c_i$  se imputan considerando distintas fuentes de información.

En lo que toca a las semillas y fitosanitarios, se utiliza el gasto promedio propuesto por las publicaciones especializadas Márgenes Agropecuarios y Agromercado.

Para el cálculo del costo que supone el combustible, se valoriza el uso de gasoil considerando la tabla 1, que computa el consumo en litros para las labores que componen las distintas funciones productivas agrícolas, considerando los cuatro cultivos y la opción labranza convencional/siembra directa.

Por una parte, en este punto resulta apropiado explicitar el procedimiento para actualizar los ponderadores, práctica particularmente imprescindible en el caso que se trata por la intensidad que ha tenido el proceso de cambio tecnológico a partir de 1990. La construcción del IPIA sigue estándares internacionales y adecúa los pesos relativos cada 5 años (BLS, 1997; INE, 2013). Respetando estos cortes es entonces que el indicador va a ir reflejando el avance de la siembra directa, esta se incorpora como característica de un cultivo en el momento en que se vuelve el planteo mayoritario (se toman para evaluar esto las estadísticas de AAPRESID). La tabla 2 expone la cronología de estas modificaciones. Por otra parte, el recálculo de 2003 incluye también un cambio referido al empleo de cosechadoras más eficientes. En un apartado posterior se explicitará la manera en la que se construye la serie “encadenada”, procedimiento indispensable cuando se alteran las estructuras de ponderadores.

Finalmente, el último  $c_i$  refiere al uso de abonos. La fertilización en la región pampeana era mínima a fines de los 80<sup>7</sup>, a partir de allí comienza un intenso proceso de incorporación de este tipo de insumos (Reca, 2006). En la década de 1990, fundamentalmente asociados a los cereales; posteriormente los planteos oleaginosos comenzarán también a incorporarlos (fosfatados) (Fernández, 2017c). La tabla 2 explicita los cambios realizados en la cantidad de fertilizantes aplicados por hectárea que se van considerando de acuerdo al paso del tiempo.

<sup>6</sup>Un índice de tipo Laspeyres se caracteriza por establecer una canasta de bienes en un año base y valorizarla a los precios vigentes en ese momento, para luego registrar cómo evoluciona su cotización al tomar periódicamente los precios corrientes. Es el índice más comúnmente utilizado a nivel internacional para medir la inflación minorista (construyendo la canasta de tal manera que refleje adecuadamente los patrones de consumo de la sociedad). En oposición, el índice Paasche considera la evolución de la canasta de bienes que corresponde a un período posterior (atento a cambios en los bienes consumidos, por ejemplo) y luego mide la inflación mediante la comparación con cuál hubiera sido el costo de esa canasta en el período base.

<sup>7</sup>Esto se puede comprobar examinando la agricultura pampeana a través, por ejemplo, de una muestra tomada en el corazón agrícola del país [Pergamino], de la que resulta que en 1988 se fertilizaba sólo el 6% de la superficie implantada con cereales y oleaginosas...”. (Azcuay Ameghino, 2004b, p. 238).



		Cultivo							
		Soja		Maíz		Trigo		Girasol	
		Labor	l/ha	Labor	l/ha	Labor	l/ha	Labor	l/ha
Siembra convencional	Siembra	6,4		Siembra	6,4	Siembra	10	Siembra	6,4
	Disco doble	5,2	Disco doble con rastra (x2)	15,4	Disco doble	5,2	cincel c/ rolo	12,6	
	Cincel	12,6	Cincel c/rolo	12,6	Fertilización	2,2	Disco doble C/rastra	7,7	
	Disco doble con rolo	6,3	Fumigada	1,7	Disco doble con rastra y rolo	9,1	Disco c/rastra y rolo	9,1	
	Fumigadas (x4)	6,6	Fertilización	2,2	Fumigada	1,7	Fumigadas (x3)	5	
Siembra directa	Siembra	6,7	Siembra	6,7	Siembra	7,7	Siembra	6,7	
	Fumigadas (x4)	6,6	Fumigadas (x2)	3,3	Fertilización	2,2	Fumigadas (x4)	6,6	
			Fertilización	2,2	Fumigadas (x3)	5			
<b>Cosecha 1990/03</b>	Cosecha	10,2	Cosecha	13,6	Cosecha	7,1	Cosecha	8,5	
<b>Cosecha 2003/16</b>	Cosecha	7,9	Cosecha	11,4	Cosecha	5,7	Cosecha	6,9	

**Tabla 1.** Consumo de gasoil (en litros por hectárea) según labor agrícola.

*Fuente:* publicación Márgenes Agropecuarios para siembra, cincel, fumigación, fertilización y cosecha (promedio de dos tipos de cosechadoras para el período 2003-2016). Para el resto de las labores, el consumo de combustible se imputó de acuerdo al coeficiente UTA característico. Para las tareas de cosecha previas a 2003 la fuente presenta información solo para maíz y soja, se estimó el consumo para el resto de los cultivos siguiendo las proporciones que se verificaron con posterioridad.

Técnica	Año	Girasol	Maíz	Soja	Trigo
Método de siembra (labranza convencional -LC- o siembra directa -SD)	1988	LC	LC	LC	LC
	1993	LC	LC	LC	LC
	1998	LC	LC	LC	LC
	2003	SD	SD	SD	LC
	2008	SD	SD	SD	SD
	2013	SD	SD	SD	SD
Fertilizante incorporado (kg/ha)	1988	0	0	0	40
	1993	0	40	0	60
	1998	0	80	0	80
	2003	60	80	0	80
	2008	60	120	60	120
	2013	60	150	60	150

**Tabla 2.** Método de siembra y consumo por hectárea de fertilizantes implicados en la construcción de los ponderadores del IPIA, por año de actualización.

*Fuente:* elaboración propia.

De esta forma, y realizadas las aclaraciones pertinentes, se arriba también a los ponderadores de los distintos rubros ( $\delta_i$ ) en el total del costo: se construyen de acuerdo al peso (ponderado de acuerdo a  $\mu_j$ ) del gasto en cada rubro sobre la masa total de gastos.

$$(3) \delta_i = \frac{\sum_{j=1}^n C_j \cdot \mu_j}{MTG}$$

### El árbol de ponderadores del IPIA

El mayor grado de detalle (y es este el nivel al cual se toman los precios) es el del "producto". Por encima de este, se conforman las series de las divisiones. La figura 1 permite visualizar fácilmente la estructura del índice. Este además detalla todos los productos relevados en alguno de los subperíodos quinquenales (no necesariamente en

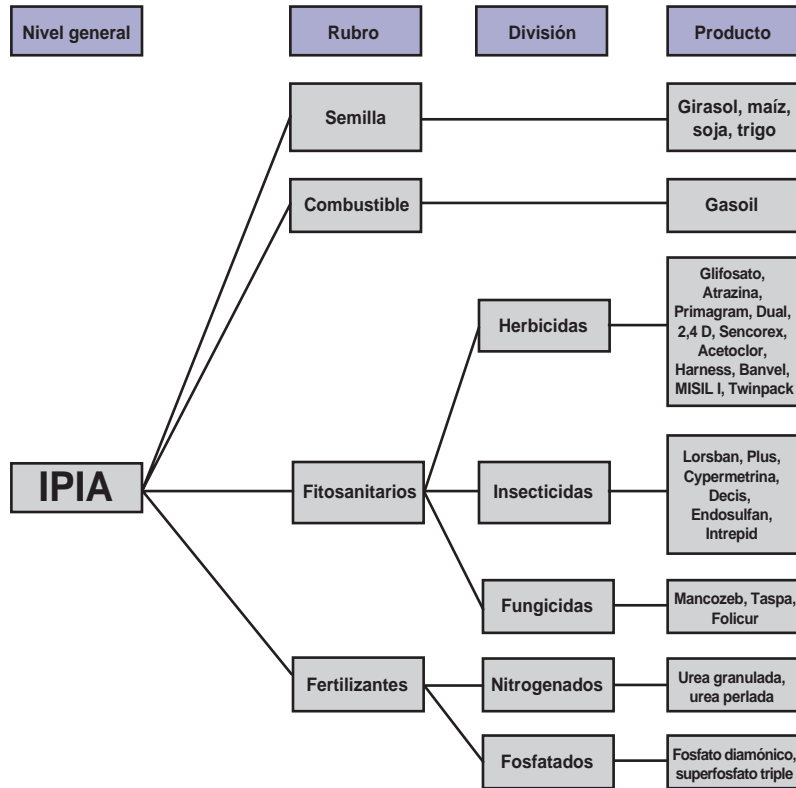


Figura 1. Árbol jerárquico de la conformación del IPIA.

todos, con posterioridad se expondrán los procedimientos para computar altas/bajas de productos).

**Ponderadores de las divisiones ( $\eta$ ) y de los productos ( $\gamma$ )**

El árbol de ponderadores se establece de acuerdo a las siguientes pautas.

- i. El rubro combustible no tiene divisiones, y se releva tomando un único producto: el gasoil. Lógicamente, entonces, rige la identidad  $\gamma_{gasoil} = \delta_{comb}$
- ii. El rubro semilla tampoco tiene divisiones, y su ponderación coincide con la suma (es el nivel producto) de los ponderadores de las semillas correspondientes a los cuatro cultivos  $j$ .

$$(4) \delta_{sem} = \sum_{j=1}^4 \gamma_{semj}$$

Con (considerando la ecuación 3)  $\gamma_{semj} = \frac{C_{semj}^j}{MTG}$

- iii. El rubro Fertilizantes incorpora dos divisiones, Nitrogenados (nitro) y Fosfatados (fosfa). Cada una de estas

series explica la mitad del peso de los Fertilizantes. Así, tendremos que

$$(5) \eta_{nitro} = \eta_{fosfa} = 0.5 \cdot \delta_{fert}$$

Esta imputación no se modifica en las sucesivas actualizaciones quinquenales de pesos específicos. Cada división resulta el promedio de dos productos (listados en la figura 1), con lo que estos tienen individualmente un ponderador característico  $\gamma$  que equivale al 50% de  $\eta_{nitro} = \eta_{fosfa}$  o al 25% de  $\delta_{fert}$ .

- iv. El rubro fitosanitario incorpora tres divisiones: herbicidas (herbi), insecticidas (insecti) y fungicidas (fungi). Este rubro se caracteriza por una mayor cantidad de productos involucrados y una tasa importante de recambio (altas, bajas). Se considerará como principal producto al glifosato (glifo), esto explicará el 10% de  $\delta_{fito}$  en la imputación original de 1988 y en la primera actualización para con posterioridad (desde 1998) explicar el 40% de los fitosanitarios (coeficientes  $\beta_{glifo}$ ). Así,  $\gamma_{glifo} = \beta_{glifo} \cdot \delta_{fito}$ . El resto de los  $n$  productos fitosanitarios considerados ponderan de forma igualitaria

$$(6) \gamma_{(n \neq \text{glifo})} = \frac{(1 - \beta_{\text{glifo}}) \cdot \delta_{\text{fito}}}{n - 1}$$

Los ponderadores a nivel división ( $\eta_{\text{herbi}^i}$ ,  $\eta_{\text{insecti}^i}$ ,  $\eta_{\text{fungi}^i}$ ) surgen de la suma de los ponderadores/producto de aquellos biocidas identificables con cada una de estas clases.

### Cómputo del indicador a nivel general

El cálculo va agregando desde las series elementales (índices de productos,  $P$ ) hasta constituir el índice general del IPIA. El proceso lógicamente incluye la elaboración de series de divisiones ( $D$ ) –cuando corresponda– y rubros ( $R$ ). Partiendo de las primeras, se tiene que para cada producto  $k$  se computa su nivel individual de precios en un determinado año mediante

$$(7) P_{k,t} = \frac{P_{k,1989}}{P_{k,1988}} \cdot \frac{P_{k,1990}}{P_{k,1989}} \cdot \dots \cdot \frac{P_{k,t-1}}{P_{k,t-2}} \cdot \frac{P_{k,t}}{P_{k,t-1}} \cdot 100$$

Fórmula en la que  $p_k$  es el precio del producto  $k$ .

La serie de división se puede construir sintéticamente mediante

$$(8) D_{i,t} = \sum_{k \in I} \psi_k^i \cdot P_{k,t}$$

Ecuación en la que los elementos  $k$  se restringen solamente a los que componen una división  $I$ , y en la que  $\psi$  es el ponderador que mide el peso de cada producto  $k$  en la división  $I$  (cociente del ponderador característico de un producto sobre el de la división).

Análogamente se procede para elaborar el índice de los distintos rubros  $i$ . Aquí la fórmula es

$$(9) R_{i,t} = \sum_{I \in i} \lambda_i^i \cdot D_{i,t}$$

En la que  $\lambda^i$  es el ponderador que mide el peso de la división  $I$  en el rubro  $i$  (cociente del ponderador característico de una división sobre el del rubro).

Finalmente, el IPIA refleja directamente la evolución de los rubros

$$(10) \text{IPIA}_t = \sum_i \delta_i \cdot R_{i,t}$$

Las ecuaciones 8, 9 y 10, se reitera, sintetizan el procedimiento; que en la práctica requiere ajustes en distintos períodos. A continuación se presenta la metodología con la que se atienden los dos motivos de correcciones en la construcción de la serie: altas y bajas de productos (ver Altas y bajas del producto) y encadenamiento por actualización de la estructura de ponderadores (ver Actualización de las ponderaciones y encadenamiento de las series).

### Altas y bajas de productos

Se seleccionaron determinados productos para construir divisiones y rubros en correspondencia con un año base. A

lo largo del tiempo las transformaciones productivas –que han sido muy importantes en la agricultura– distorsionarían un indicador que no contemplara altas y bajas de productos, devenir particularmente intenso en lo que toca a los fitosanitarios.

Ante una baja ocurrida en el período  $t$  (la baja del producto “ $z$ ”), se procede a adecuar la serie (de la división a la cual corresponde el producto en cuestión) de la siguiente forma:

$$(11) D_t^1 = D_{t-1}^1 \cdot \frac{\sum_{(k \in I) \neq z} \psi_{k \in I}^* \cdot p_{k \in I, t}}{\sum_{(k \in I) \neq z} \psi_{k \in I}^* \cdot p_{k \in I, t-1}}$$

Con  $\psi_{k \in I}^*$  conformando la estructura de ponderaciones de la división afectada tras la eliminación de  $z$ .

Para el caso opuesto, la incorporación de un producto al índice en el momento  $t$ , el tratamiento es

$$(12) D_t^1 = D_{t-1}^1 \cdot \frac{\sum_{(k \in I)}^{d+1} \psi_{k \in I}^* \cdot p_{k, t}}{\sum_{(k \in I)}^{d+1} \psi_{k \in I}^* \cdot p_{k, t-1}}$$

(Ahora con  $\psi_{k \in I}^*$  formateando la estructura de ponderaciones tras el alta y  $d$ , el número de productos pertenecientes a la división  $I$  en  $t-1$ ).

La incorporación de un producto requiere adjudicarle un índice de partida en ese punto del tiempo. Se optó por considerar el valor del índice de la división a la cual pertenece en ese momento, procedimiento emparentado con el seguido por el INDEC (2000a) para el Índice de Precios Mayoristas. El procedimiento puede entenderse como un acercamiento que asume que los productos de una misma división tienden a tener una similar evolución en sus precios; y es el que menos distorsiones genera al conjunto de los indicadores construidos.

### Actualización de las ponderaciones y encadenamiento de las series

La construcción de un índice (Laspeyres) encadenado es la que permite realizar actualizaciones periódicas de los ponderadores, manteniendo la representatividad del indicador (incorporando las transformaciones en los requerimientos productivos de la agricultura, como se ha mencionado; el consumo de fertilizantes se incrementó notablemente, mientras que la masiva difusión de la siembra directa recortó la necesidad de combustible de forma drástica).

Se toman, y a continuación sintetizan, los lineamientos propuestos en OIT *et al.* (2006, pp. 199-203). El encadenamiento requiere que todos los índices de productos tomen valor 100 en el momento  $t$  seleccionado (en el caso del IPIA, los años 1993, 1998, 2003, 2008 y 2013), y que para  $t+1$  se compute la variación con el nuevo complejo de pon-

deradores. De esta forma, para obtener el valor del índice en el año 1994 se procede haciendo

$$(13) \text{IPIA}_{t=1994}^{\text{base88}} = \text{IPIA}_{1993}^{\text{base88}} \cdot \frac{\text{IPIA}_{1994}^{\text{pond93}}}{100}$$

La serie del IPIA con base en 1988 se actualiza considerando las ponderaciones de 1993. El año del encadenamiento, eslabón que corresponde a 1993, en la serie resulta ser el último dato calculado con los ponderadores previos:

$$(14) \text{IPIA}_{t=1993}^{\text{base88}} = \text{IPIA}_{1992}^{\text{base88}} \cdot \frac{\text{IPIA}_{1993}^{\text{pond88}}}{100}$$

Finalmente, se señala que debe tenerse en cuenta que “el encadenamiento le quita a la serie su característica aditiva. Cuando la nueva serie se encadena con la anterior...”

Año	IPIA (1991=100)		IPC (1991=100)
	U\$S	pesos	
1986	62	0,006	0,005
1987	85	0,02	0,01
1988	79	0,1	0,05
1989	102	5	2
1990	92	48	37
1991	100	100	100
1992	109	109	125
1993	107	108	138
1994	108	109	144
1995	110	111	149
1996	122	124	149
1997	123	125	150
1998	113	114	151
1999	102	104	149
2000	108	110	148
2001	114	115	146
2002	96	311	184
2003	107	320	209
2004	112	335	218
2005	117	349	239
2006	116	361	265
2007	118	373	306
2008	170	549	377
2009	147	556	433
2010	143	567	532
2011	155	651	652
2012	171	793	801
2013	177	993	1.001
2014	172	1.432	1.399
2015	171	1.639	1.778
2016	161	2.451	2.505

**Tabla 3.** IPIA, en pesos y en dólares estadounidenses, e IPC (1991=100). 1986-2016.

Fuente: elaboración propia sobre las ponderaciones en el índice de este trabajo y Geres (2016).

los índices de nivel superior posteriores al eslabón no se pueden obtener como las medias aritméticas ponderadas de los índices individuales utilizando las nuevas ponderaciones” (OIT *et al.*, 2006, p. 200).

### Aclaraciones adicionales

- Los precios se toman a nivel producto y se considera el promedio simple de las distintas fuentes disponibles (siguiendo el criterio del SIPM –INDEC, 2000a– no se considera la media geométrica, característica de algunos índices de precios; INEGI, 2014).
- Las fuentes informantes de precios son revistas especializadas que mensualmente relevan la información de comercios. La disponibilidad es la siguiente: Márgenes Agropecuarios (1986-2016), Agromercado (1989-2014), Marca Líquida (1995-2016) y revista de AACREA (1995-2016). Para la construcción del IPIA se ha considerado el precio vigente en el mes de marzo de cada año.
- El procedimiento en caso de incorporar o dar de baja a un informante del precio de un producto es similar al explicado para dar el alta o baja de un producto. Se considera para ajustar la serie en un año en que se produce una alteración de este tipo ( $t=c.i.$ , por “cambio de informante”) la ecuación 15

$$(15) P_{k,t=c.i.} = P_{k,(t-c.i)-1} \cdot \frac{P_{k,(t=c.i)}^*}{P_{k,(t=c.i)-1}^*}$$

- En la que  $p_k^*$  es el precio promedio del producto  $k$  considerando los informantes disponibles en  $t$ . El momento de incorporación de un informante corresponde al segundo período para el que aporte datos consecutivamente.
- Los precios de los productos se toman todos sin IVA (el mismo criterio toma Eurostat (2008) para su índice de agriculture inputs).
- Los precios se toman en dólares estadounidenses, que es la forma en la que los publican las fuentes en la mayor parte del período bajo estudio. El IPIA, no obstante, tiene lógicamente que expresarse en pesos argentinos. Para establecer la transformación se utiliza el tipo de cambio relevado por el Banco Central (BCRA), siempre considerando el valor oficial al momento en que se releva el precio.

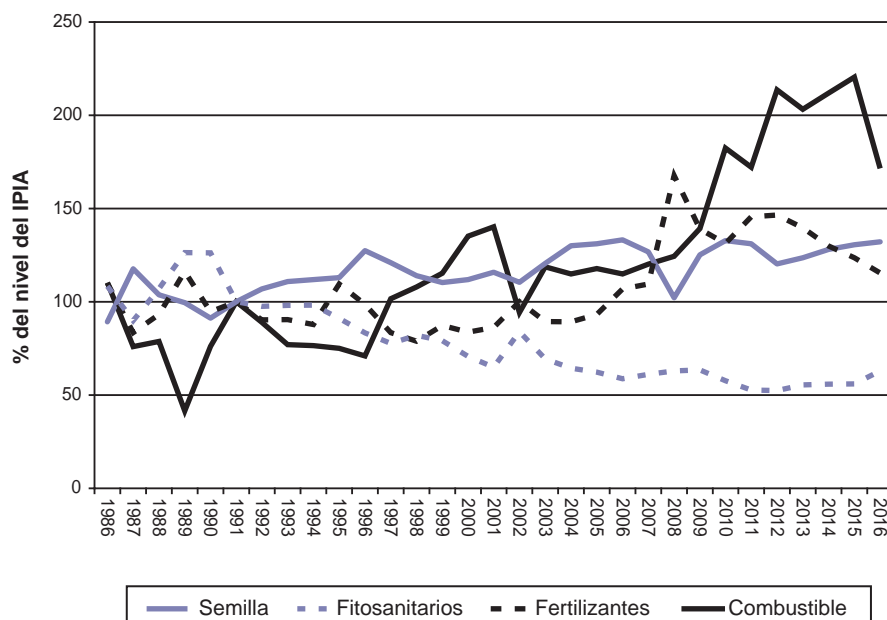
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Cómputo provisional del IPIA

#### La serie

En consecuencia con la metodología de trabajo recién expuesta, en la tabla 3 se expone el cálculo del indicador (nivel general) para el período 1986-2016. El cuadro expone asimismo la versión medida en dólares corrientes del IPIA, pues también resulta información pertinente. Las





**Figura 2.** Rubros del IPIA en relación con el nivel general de este. 1986-2016.

Fuente: elaboración propia.

series se han normalizado con 1991=100 para hacer más amigable su lectura y la posterior construcción de relaciones entre ellas.

De la tabla 3 se pueden puntear los siguientes datos sobresalientes:

- En 2002 se registra una baja en el índice medido en moneda extranjera producto de cierto abaratamiento en el marco de la devaluación. Esto ocurre pues aunque en principio se podría pensar que los bienes que componen el IPIA, que son predominantemente transables y por ende su valor en dólares es fijado exógenamente, tendrían una cotización más estable en la plaza local, ocurre que se asocian –aunque sea parcialmente– a la evolución económica doméstica (en este momento, de deflación generalizada en términos del tipo de cambio) vía el trabajo requerido para acondicionarlos, transportarlos y comercializarlos internamente. Esto al margen de control de precios que se estableció sobre el combustible mediante el manejo de los derechos de exportación<sup>8</sup>).

A partir de ese punto inicial, el indicador comienza a crecer para registrar un salto del 47% entre 2007 y 2008, en el momento en que se produjera una gran

inflación en los precios de las materias primas (Fowley y Juvenal, 2011). La caída posterior resultó ser temporaria y más bien efímera: el promedio de los años 2013-2016 solo estuvo un 1,3% por debajo del precio pico de 2008.

- La evolución recién descrita, que recibe sus principales características de la evolución de los precios internacionales de los productos involucrados (excepto, claro, el caso del gasoil) contrasta con el subperíodo previo (en buena medida por los mismos motivos): la década de 1990 es una de mucho mayor estabilidad en niveles absolutos marcadamente menores. La convertibilidad tradujo esta mayor estabilidad al IPIA (en moneda argentina).
- Como contraste, al medirse en moneda nacional la serie en el siglo XXI, dos factores operan de forma inflacionaria: el incremento en los precios de las materias primas ya mencionado y el proceso de devaluación del peso. Los fenómenos ciertamente se disocian: entre 2002 y 2008, con el valor del tipo de cambio prácticamente sin modificaciones, se acumula una inflación en el IPIA del 77%; mientras que, de forma opuesta, entre 2008 y 2016 el salto es del 346%, pero por completo debido al aumento en el tipo de cambio, pues el IPIA en versión dolarizada decrece en un 5,3% (el tipo de cambio aumenta de 3,18 pesos por dólar en 2008 a 14,99 en 2016).

### Aperturas

Como surge de la metodología desarrollada, el IPIA puede entenderse como un sistema de índices: cada Producto

<sup>8</sup>Argentina presenta el cambio más radical de todos los países analizados. De un excedente que capturaron los productores en 2001, de casi 5.000 millones de dólares, pasa a una transferencia a los consumidores de 6.300 millones de dólares en 2002, de los cuales el 95% es aplicado al gasoil. Es decir, en este caso claramente se trató de no aplicar el aumento de precios exrefinerías a los sectores del transporte y agropecuario". (Altomonte y Rogat, 2004, p. 57).

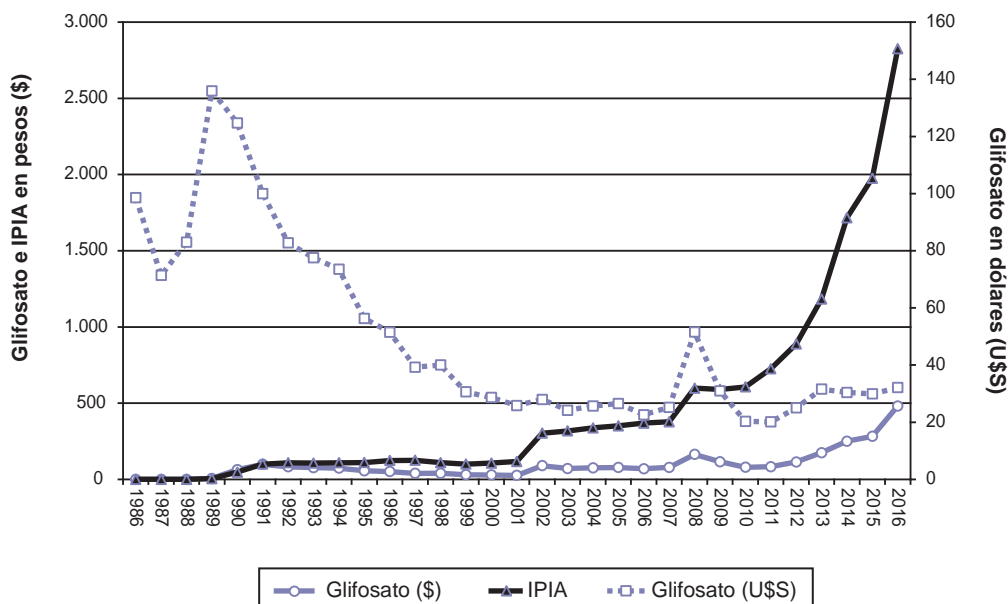


Figura 3. Evolución del precio del glifosato (1991=100), en pesos y en dólares. 1986-2016.

Fuente: elaboración propia.

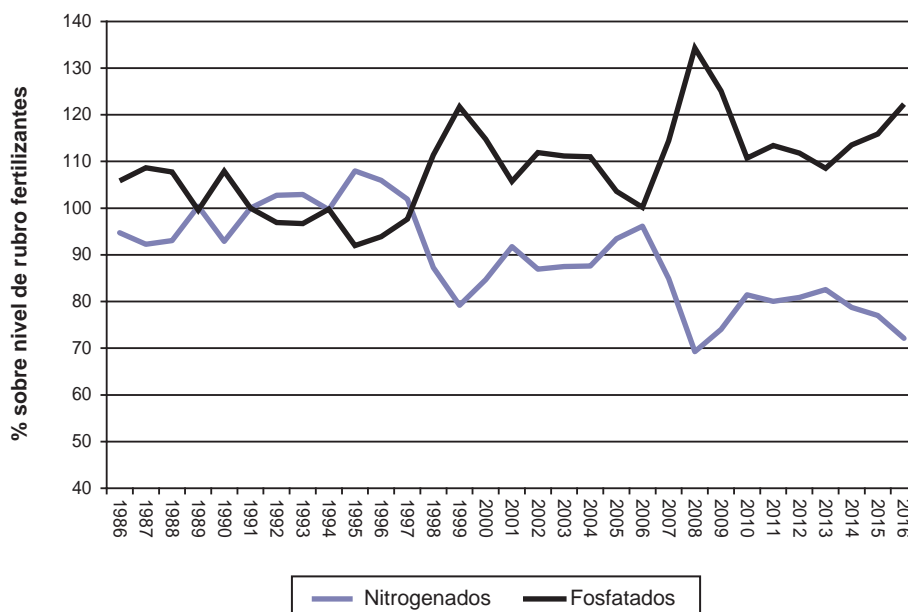


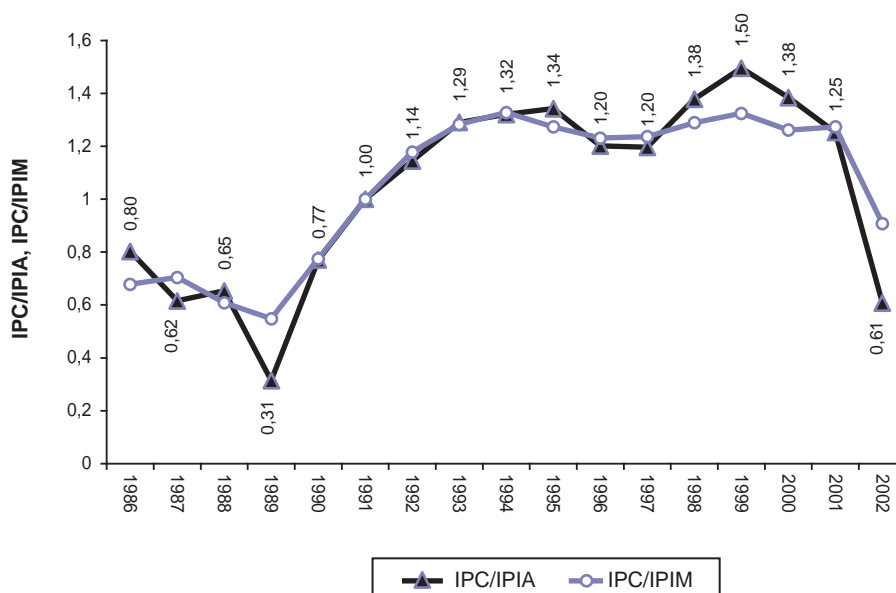
Figura 4. Divisiones del rubro fertilizantes, en relación con el índice del rubro. 1986-2016.

Fuente: elaboración propia.

tiene su serie característica (ecuación 7), y subconjuntos del total de precios seguidos generan índices para Divisiones y Rubros (ecuaciones 8 y 9). En este apartado se analizan las principales tendencias internas que fueron moldeando el comportamiento del indicador global a la vez que se ofrece al lector una muestra de la capacidad de generar y sistematizar información que tiene esta herramienta.

La figura 2 expone la evolución de los rubros, cada uno de ellos en relación con el nivel general del IPIA  $\left(\frac{R_{i,t}}{IPIA_t} \cdot 100\right)$ .

La evolución de los precios de los fitosanitarios ha sido el gran contrapeso que ha limitado el crecimiento del IPIA: hacia el final del período estudiado, este conjunto está



**Figura 5.** Cociente IPC/IIA, 1986-2002.

Fuente: elaboración propia basada en el INDEC y en la tabla 3.

poco por encima de un nivel que es solamente un 50% del general. Pesa aquí especialmente el glifosato, dado que es el insumo que con el correr del período fue volviéndose hegemónico (cosa que reflejaron las actualizaciones de la canasta fitosanitaria del IPIA) y que tuvo una evolución muy destacable, como puede rápidamente observarse en la figura 3. La figura 3 también expone indizado el precio en dólares del insumo, dato clave de la evolución: este herbicida reduce su valor apreciablemente (Vara, 2004), pasando de costar 14,2 dólares el litro en 1990 a 3,8 USD en 2015 (promedio de las fuentes consultadas)<sup>9</sup>.

Por una parte, volviendo a la figura 2, el combustible aparece como el rubro de mayor crecimiento, en especial a partir de 2007. Sin embargo, debe notarse que el avance de la siembra directa hace que esta evolución creciente no impacte en la misma proporción sobre los costos de la agricultura. Señalamos que el IPIA va incorporando el reemplazo del sistema de implantación (tabla 2). La magnitud del cambio es relevante: el requerimiento de gasoil es de alrededor de una tercera parte en la comparación con el consumo que implican los métodos otrora convencionales de siembra.

Finalmente, los fertilizantes también empujan para arriba al indicador general a partir de 2006, por lo que la evolución está explicada por los fosfatados (los nitrogenados –versiones de la urea–, crecen de precio por debajo de la media, ver figura 3, que muestra la evolución de  $\frac{D_{(i=\text{nitro, fosfa}), t}}{R_{\text{fert}, t}} \cdot 100$ ).

<sup>9</sup>Buena parte de la explicación de este fenómeno se encuentra asociada a la caducidad de la patente del Roundup.

Por otra parte, las transformaciones productivas en este aspecto apuntaron en dirección opuesta a lo señalado para el combustible: cada vez se utilizan más fertilizantes. El rubro representaba solamente el 7% del IPIA en el origen de la serie para tomar una ponderación del 26% en la última actualización de la canasta (2013).

## El cociente IPC/IIA

### La década de 1990

En la figura 5 se computa IPC/IIA para la década de 1990, incluyéndose asimismo la serie IPC/IPIIM. La visible asociación entre ambos muestra la pertinencia del acercamiento empleado por Peretti y la evolución de ambos, una nueva confirmación de su argumento. Considerando el año 1988 como punto de referencia (en la serie es el dato inmediatamente anterior al cambio de autoridades políticas), rápidamente los precios relativos evidenciaron una fuerte alza del IPC, dándole así forma a los cocientes computados: el coeficiente IPC/IIA en su pico (año 1999, si bien el grueso del crecimiento relativo de los precios al consumidor se produce en los primeros años del plan de convertibilidad) más que duplica su valor inicial.

Ya adelantamos un efecto de esto (en lo que toca a un tema sobre el que el autor desea especialmente realizar un aporte), que es la modificación de las estructuras de incentivos afectan a los diferentes agentes que concurren en la producción granaria pampeana: en cuanto mayor sea el porcentaje de los ingresos que destine un agente económico a atender el pago de su propia existencia (de su familia),

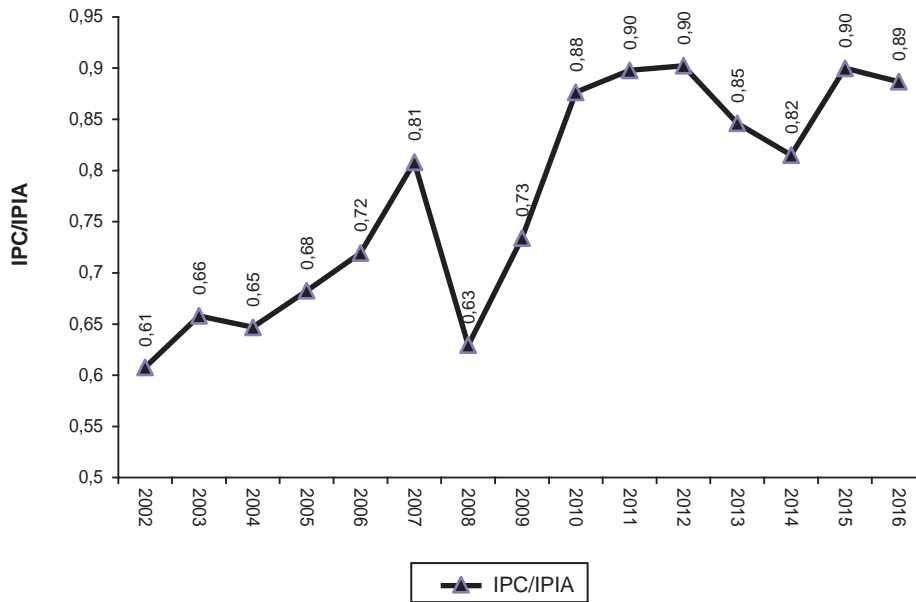


Figura 6. Cociente IPC/IPIA, 2002-2016.

Fuente: tabla 3.

mayor el deterioro de su capacidad de acumulación y de sus chances de éxito en la competencia por el uso del suelo. Inversamente, el abaratamiento relativo de los insumos agropecuarios beneficiará a las unidades que tengan al propio crecimiento económico como el destino excluyente de sus excedentes. Se puede identificar a las unidades chacareras o pymes de otra clase en el primer tipo, y a la empresa a gran escala en el segundo. Puede pensarse a los 90 como un momento en que se reveló un costo fijo sujeto a economías de escala que estuvo muchas décadas oculto: el costo de la vida de la familia titular de la explotación. Como el autor mostró en otra oportunidad (Fernández, 2017c), este subperíodo marca la ruptura de una relación históricamente acompasada entre los indicadores de precios minorista/mayorista, en el marco del mayor proceso de apreciación cambiaria verificado desde el origen del indicador de precios mayoristas INDEC en 1956. Así, pasó a un primer plano en la paleta de gastos el del sostenimiento de la propia familia agropecuaria, que previamente resultaba mucho menos oneroso. La devaluación que clausuró el programa económico va a devolver a la variable a sus valores previos.

**El siglo XXI**

Todo a lo largo del período 2002-2016 el cociente IPC/IPIA se mantiene apreciablemente por debajo del vigente en los 90 (figura 6)<sup>10</sup>. En promedio el nivel es un 39%

menor, aunque en marcado descenso: al computar esta variación respecto de la vigencia de la ley de convertibilidad (1991-2001) para los quinquenios 2002/06, 2007/11 y 2012/16 se registran variaciones del -48%, -38% y -32% respectivamente. Esto está en sintonía con la progresiva apreciación de la moneda nacional, que efectivamente logró superar la triplicación del valor del tipo de cambio entre 2002 y 2015 (antes de la devaluación de diciembre de este último año).

Sobre esto último, se destaca que esta devaluación, así como la de comienzos de 2014, no se vincularon con descensos importantes del indicador IPC/IPIA, producto de que se verificó en ambas oportunidades un intenso proceso de “traslado” del salto en el tipo de cambio a los precios minoristas (el indicador de los cambios en los precios relativos solamente descende un 3% y un 9% en los años señalados, para rápidamente recuperarse en 2015 y es de prever igual comportamiento a lo largo de 2016 y el comienzo de 2017).

toda credibilidad (ATE-INDEC, 2014), se toma la información que compila GERES (2016), que computa un sustituto considerando el promedio del IPC de San Luis (para todo el período 2007-2016), el IPC de la provincia de Santa Fe (para el lapso que llega hasta julio de 2011, momento en que deja de construir autónomamente su indicador y pasa a enviar los datos que recopila su Dirección Provincial de Estadística al INDEC para que allí sean “procesados”), el IPC de la CABA (desde setiembre de 2012, cuando comienza a publicarse) y el promedio de consultoras privadas.

<sup>10</sup>La serie de IPC de INDEC se consideró hasta el año 2006. A partir de enero de 2007, cuando los datos que provee pierden



## CONCLUSIONES

El propósito básico de este escrito ha sido el de desarrollar y exponer, considerando los procedimientos internacionalmente recomendados sobre la cuestión, la metodología de construcción de un índice que permita seguir la evolución de los precios de los insumos agrícolas, y su posterior cómputo para el período 1986-2016. Este puede tener múltiples aplicaciones, tanto para la investigación académica sobre el sector agropecuario como para la toma de decisiones en el plano microeconómico o en materia de políticas económicas relacionadas con la actividad.

Luego de exponer fuentes, forma de cálculo de ponderaciones, mecanismos de ajuste, criterios de actualización y demás aspectos relativos a la elaboración del indicador, este se empleó en el estudio de un factor de diferenciación entre explotaciones agropecuarias que adquirió la mayor importancia durante la década de 1990 del siglo xx: la convertibilidad se asoció a un cambio importante en los precios relativos, que operó en desmedro de la producción agrícola de pequeña y mediana escala. En efecto, la apreciación cambiaría —en asociación con una mayor apertura comercial— se tradujo en un abaratamiento de los bienes de inversión en relación con el costo de vida (con importantes componentes no transables). Este desarrollo dañó la capacidad de pervivencia económica de aquellos agentes que deban destinar sus excedentes en un porcentaje apreciable al sostén de la propia existencia, mientras que se refuerzan las de quienes, por el contrario, empleen sus recursos a procesos de reproducción a escala ampliada. El cómputo de la serie IPC/IPIA permitió un nuevo acercamiento a ese proceso para la década de 1990, así como una evaluación del accionar de este mecanismo en la primera parte del siglo xxi, cuando operó con una mucho menor intensidad (juega aquí de forma importante un componente exógeno que es el crecimiento a nivel mercado mundial del precio de las materias primas, muy vinculadas a los precios internacionales de los insumos agrícolas).

Finalmente, se concluye con una exhortación y propuesta a nuestro Sistema Estadístico Nacional. La construcción del IPIA está limitada por la incapacidad de llevar adelante una encuesta periódica, debiendo recurrir a publicaciones que tampoco tienen una cobertura completamente satisfactoria. Estos inconvenientes pueden ser resueltos por el INDEC con un esfuerzo mínimo y muy poco costoso, dado que buena parte de los precios para considerar ya los está recolectando, en el marco de los trabajos de elaboración del Sistema de Índices de Precios Mayoristas (SIPM)<sup>11</sup>, no solo con una mejor cobertura que los tomados

en este escrito, sino que también con una frecuencia mayor y una precisión claramente superior (dado que, mientras que aquí la apertura es “a tres dígitos”, la del SIPM es de ocho). Simplemente hay que extraer los productos específicos y procesarlos siguiendo una metodología similar a la que aquí se ha planteado, y podrían los usuarios (públicos, privados y del tercer sector) contar con una muy valiosa herramienta.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABARES. 2016. Annual commodity statistics. Rural commodities, farm inputs. (Disponible: <http://www.agriculture.gov.au/abares/research-topics/agricultural-commodities/agricultural-commodities-trade-data> verificado: 10 de julio de 2017).
- ALDOMONTE, H.; ROGGLAT, J. 2004. Política de precios de combustibles en América del Sur y México: implicancias económicas y ambientales. CEPAL, serie manuales, 35, 1-198.
- ATE-INDEC. 2014. No somos cómplices de la mentira. CTA Ediciones. Buenos Aires. p. 157.
- AZCUY AMEGHINO, E. 2004a. Reformas económicas y conflicto social agrario: la Argentina menemista, 1991-1999. En: AZCUY AMEGHINO, E. (ed.). Trincheras en la historia. Imago Mundi. Buenos Aires. pp. 217-231.
- AZCUY AMEGHINO, E. 2004b. Trincheras en la historia. Imago Mundi. Buenos Aires. p. 310.
- BARSKY, O.; GELMAN, J. 2001. Historia del agro argentino. Desde la conquista hasta fines del siglo xx. Mondadori. Buenos Aires. p. 460.
- BUREAU OF LABOR STATISTICS. 1997. BLS Handbook of Methods, Capítulo 14: Producer Price Indexes. Washington DC. US Department of Labor. p. 303.
- CLOQUELL, S.; AZCUY AMEGHINO, E. 2005. Las reformas neoliberales y las transformaciones en la estructura social agraria pampeana (1991-2001). Revista ALASRU, 1, 69-108.
- CURIA, E. 1991. Dos años de la economía de Menem. Una etapa de transformaciones. El cronista ediciones. Buenos Aires. p. 189.
- DE NICOLA, M.; PROPERSI, P.; QÜESTA, T. 1998. Efectos del plan de convertibilidad. Realidad Económica, 154, 118-137.
- DIEA. 2014. Anuario estadístico agropecuario 2014. Montevideo. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. p. 243.
- EUROSTAT. 2008. Handbook for EU Agricultural Price Statistics. Luxemburgo. Eurostat. p. 311.
- FERNÁNDEZ, D. 2017a. Un índice de precios de insumos agrícolas. Notas para colaborar a comprender el proceso de diferenciación entre productores. x Jornadas de Economía Crítica, UNGS.
- FERNÁNDEZ, D. 2017b. Un índice de costos agrícolas: precisiones metodológicas y algunas aperturas. xxiii Jornadas de Epistemología de las Ciencias Económicas, FCE-UBA.
- FERNÁNDEZ, D. 2017c. El desierto verde. Imago Mundi. Buenos Aires.
- FOWLEY, B.; JUVENAL, L. 2011. Commodity price gains: speculation vs. fundamentals. The regional economist, 19 (3), 4-9.
- GALLACHER, M. 2000. Cambio tecnológico a nivel desagregado en el agro argentino. CEMA Working Papers: Serie Documento de Trabajo, 162, 1-11.
- GERES. 2016. Cuarto trimestre de 2015. Informe de coyuntura económica, 4(11). (Disponible: [economygeres.com](http://economygeres.com) verificado 10 de julio de 2017).

<sup>11</sup>Esto se constata analizando el tabulado de ponderadores del SIPM (INDEC, 2000b). En este se observa que se recolectan, en el capítulo “Nacional” los precios del gasoil (código D333601), abonos nitrogenados (D346131), herbicidas (D346201), insecticidas (D346202), fungicidas (D346203). Asimismo se consideran en la sección “Importados” precios para “Abonos y fertilizantes” (D2412) e “Insecticidas y plaguicidas” (D2421). No parecen relevarse precios de fertilizantes fosfatados ni de semillas.

- IBRE-FGV. 2006. Índices de preços agrícolas. v Conferência Nacional de Estatística.
- INDEC. 2000a. Sistema de índice de precios mayoristas (base 1993=100)-Metodología 8. INDEC. Buenos Aires. p. 21.
- INDEC. 2000b. Estructura de ponderaciones del Sistema de Índices de Precios Mayoristas (SIPM), base 1993=100. INDEC. Buenos Aires. p. 25.
- INDICADORES AGROPECUARIOS. 1997. Indicadores Agropecuarios, VI (71).
- INE. 2013. Índice de Precios Industriales (IPRI) Base 2010. Principales características. INE. Madrid. p. 7.
- INEGI. 2014. Índice nacional de precios productor. Documento metodológico. INEGI. Ciudad de México. p. 27.
- LATTUADA, M.; ESTRADA, E. 2001. Crecimiento económico y exclusión social en la agricultura familiar argentina. Economía Agraria y Recursos Naturales. Asociación Española de Economía Agraria, Vol.1 (2), 171-193.
- MARTÍNEZ DOUGNAC, G.; TORT, M.I. 2003. La lucha por la subsistencia: Notas sobre la agricultura familiar pampeana en los años '90. Documentos del CIEA, 1, 3-13.
- OIT, FMI, OCDE, OFICINA ESTADÍSTICA DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS, ONU, BANCO MUNDIAL. 2006. Manual del índice de precios al consumidor: Teoría y práctica. FMI ed. Washington DC. p. 659.
- PERETTI, M. 1999. Competitividad de la empresa agropecuaria argentina en la década de los '90. Revista Argentina de Economía Agraria, Nueva Serie, II (1), 27-41.
- PERETTI, M. 2002. Otro enfoque de la comparación 80's vs. 90's en el sector agropecuario. Agromercado, 22 (208), 20-23.
- PIZARRO, J. 2003. La evolución de la producción agropecuaria pampeana en la segunda mitad del siglo xx. Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios, 18, 63-125.
- RECA, L. 2006. El sector agropecuario argentino: despegue, caída y resurgimiento (1875 Y 2005). Estud. Econ. vol.23 (47).
- RECA, L.; PARELLADA, G. 2001. El sector agropecuario argentino. Aspectos de su evolución, razones de su crecimiento reciente y posibilidades futuras. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. p. 150.
- SECRETARÍA DE ECONOMÍA – GOBIERNO DE MÉXICO. 2017. Serie Mercados Nacionales: Precios de Insumos Agrícolas del SNIIM. (Disponible: <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/> verificado: 10 de julio de 2017).
- STATISTICS CANADA. 2017. Farm Input Price Index (FIPI). (Disponible: <http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV.pl?Function=getSurvey&Id=381166> verificado: 10 de julio de 2017).
- TEUBAL, M. 1994. Hambre y crisis agraria en el "granero del mundo". Realidad Económica, 121, 47-68.
- TRIGO, E.; CHUDNOVSKY, D.; CAP, E.; LÓPEZ, A. 2002. Los transgénicos en la agricultura argentina: una historia con final abierto. Libros del Zorzal/IICA. Buenos Aires. p. 187.
- USDA. 2011. Price Program. History, concepts, methodology, analysis, estimates, and dissemination. USDA-NASS. Washington DC. p. 285.
- VARA, A.M. 2004. Transgénicos en Argentina: más allá del boom de la soja. Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad, 1(3), 101-129.

#### Fuentes consultadas

- Revista Márgenes Agropecuarios, años 1986-2016.
- Revista Agromercado, años 1989-2014.
- Revista Marca Líquida, años 1995-2016.
- Revista de AACREA, años 1995-2016.
- Banco Central de la República Argentina, estadísticas cambiarias.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Índice de Precios al Consumidor (1986-2006).
- Índice de Precios Mayorista.
- Informes de Coyuntura Económica GERES.
- Índice de Precios al Consumidor (2006-2016).

# Implementación de buenas prácticas agrícolas para la gestión ambiental rural

SOMOZA, A.<sup>1</sup>; VAZQUEZ, P.<sup>2</sup>; ZULAICA, L.<sup>3</sup>

## RESUMEN

Los sistemas rurales han sido sometidos a un proceso de conversión creciente que ha provocado grandes cambios estructurales y funcionales en los agroecosistemas de la región. El reemplazo de pastizales naturales por cultivos anuales con la consecuente incorporación de tecnología permitió elevar significativamente la productividad biológica y económica de esas tierras. No obstante, simultáneamente se vieron modificados los flujos de energía, los ciclos minerales, el proceso hidrológico, la estabilidad y fertilidad de los suelos, el hábitat y la biodiversidad de las regiones intervenidas.

La región Pampeana Austral es un ejemplo de cómo los cambios en el uso de la tierra agudizan los problemas ambientales y conducen a una simplificación estructural y funcional de los sistemas productivos. Por este motivo, surge como objetivo evaluar la situación ambiental de un establecimiento rural representativo del partido de Tandil para la aplicación preliminar de Buenas Prácticas Agrícolas, campaña 2013/2014.

La metodología consta de dos etapas. Una primera fase de análisis de puntos de control planteados por las Buenas Prácticas Agrícolas. Se recurrió a un análisis descriptivo y cuali-cuantitativo en el que se utilizaron fuentes primarias (observación directa en trabajo de campo, adaptación de la lista de verificación de variables del manual *Buenas Prácticas Agrícolas* (2013), entrevistas semiestructuradas dirigidas al productor y empleados del establecimiento) y fuentes secundarias (registros documentales de las actividades realizadas en el establecimiento, manual de *Buenas Prácticas Agrícolas Global Gap* (2013). La segunda etapa es la comprensión de la situación ambiental del establecimiento rural evaluado de manera cuali-cuantitativa y sintética a partir de una matriz DAFO.

Del total de los aspectos evaluados, el 60% de los puntos de control analizados presentan una situación ambiental óptima o adecuada para la incorporación de Buenas Prácticas Agrícolas y el 40% de ellos una situación comprometida. Es posible concluir que la mayor parte de los procesos y acciones llevadas a cabo en el establecimiento rural son favorables para la puesta en marcha de dichas prácticas. Sin embargo, cabe destacar que existen impactos, como los producidos sobre la biodiversidad, que deben superarse aun para mejorar la situación ambiental de los puntos de control desfavorables.

Luego, las conclusiones muestran que diferentes medidas destinadas a disminuir los efectos negativos fueron identificadas. No obstante, mientras se incorporan técnicas que aumentan la sustentabilidad en términos de conservación de suelos, aumenta la demanda de insumos energéticos, de agroquímicos y de la cantidad de litros utilizados por año.

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires (UNICEN), Facultad de Cs. Humanas (FCH), Centro de Estudios Sociales de América Latina (CESAL), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Mar del Plata, CP (7600), Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: [somoza.ailin@gmail.com](mailto:somoza.ailin@gmail.com)

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Centro de Estudios Sociales de América Latina (CESAL), Tandil (7000), Buenos Aires, Argentina, correo electrónico: [patriciavazquez11@gmail.com](mailto:patriciavazquez11@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Mar del Plata, Deán Funes 3350 (B7602AYL), Mar del Plata, Argentina. correo electrónico: [laurazulaica@conicet.gov.ar](mailto:laurazulaica@conicet.gov.ar)

Se espera aportar al establecimiento un panorama preliminar para la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas, no solo analizando y potenciando fortalezas y oportunidades que presenta, sino también tomando medidas correctoras respecto a amenazas y debilidades. A su vez, se pretende contribuir al análisis de la gestión ambiental de agroecosistemas a partir de la aplicación a un caso de estudio concreto y con una metodología posible de aplicar en otros establecimientos rurales de semejantes características. Sería fundamental, a partir de este trabajo, la concientización de productores, la incorporación de prácticas tendientes a la sostenibilidad ambiental y el desarrollo de políticas para un futuro ordenamiento territorial ambiental.

**Palabras clave:** técnicas agrícolas, situación ambiental rural, impactos socioeconómicos naturales, sostenibilidad agrícola, transición agroecológica.

## ABSTRACT

*The rural systems have been submitted to a process of increasing conversion that has provoked big structural and functional changes in the agroecosistemas of the region. The replacement of natural pastures and native forests for artificial meadows and the substitution of these for annual cultures with the incorporation of technology, allowed to raise significantly the economic productivity of these lands. But at the same time, they modified the flows of energy, the mineral cycles, the hydrological process, the stability and fertility of the soils, the habitat and the biodiversity of the region.*

*The Region Pampeana Austral (RPA) is an example of how the changes in the use of the land sharpen the environmental problems and drive to a structural and functional simplification of the productive systems. The aim of this study is evaluate the environmental situation of a rural representative establishment of Tandil for the application of Good Agricultural Practices (BPA).*

*The methodology has been divided in two stages: a) analysis of the points of control raised by the BPA, were used primary sources (direct observation in fieldwork, check list of the Manual BPA (2013), interviews semi-structured directed) and secondary sources (documentary records of the activities realized in the establishment, Manual of Good Agricultural Practices Global Gap (2013); and b) Matriz FODA was created for the comprehension of the environmental situation of the rural establishment evaluated of a cuali-quantitative and synthetic way.*

*Of the total of the evaluated aspects, 60% of the points of control analyzed presents an environmental situation ideal or adapted for the incorporation of BPA and 40% of them an awkward situation. Then, it is possible to conclude that most of the processes and actions carried out in the rural establishment are favorable for the putting in BPA's march. Nevertheless, it should be noted that there are impacts, such as those produced on biodiversity, that must be overcome to improve the environmental situation of unfavorable control points.*

*The conclusions show that different measures to reduce impacts were identified. However, while incorporating techniques that increase sustainability in terms of soil conservation, the demand for energy inputs, agrochemicals and the amount of liters used per year increases.*

*It is expected to provide a preliminary overview for the implementation of GAP, not only analyzing strengths and opportunities, but also taking corrective measures regarding threats and weaknesses. At the same time, it is intended to contribute to the analysis of the environmental management of agroecosystems, starting from the application to a specific case study and with a possible methodology to apply in other rural establishments of similar characteristics. It would be fundamental from this work the awareness of the producers, the incorporation of practices tending to the environmental sustainability and the development of policies for a future environmental territorial order.*

**Keywords:** agricultural techniques, rural environmental situation, natural socio-economic impacts, agricultural sustainability, agroecological transition.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la agricultura de la región Pampeana Austral (RPA) ha sufrido transformaciones que cambiaron definitivamente su perfil agroproductivo (Viglizzo,

2007; Vazquez *et al.*, 2017; 2016; 2012a,b; Vazquez y Zulaica, 2014). Como propulsora de los cambios productivos se encuentra en los años sesenta la Revolución verde. Esta implicó la difusión de variedades de alto potencial de ren-



dimiento y la adaptación del ambiente a los requerimientos de estas para lo cual se implementaron masivamente fertilizantes, agroquímicos y combustibles (Sarandón y Flores, 2014). Luego, la incorporación de la siembra directa como práctica conservacionista junto con su paquete asociado del herbicida glifosato y el cultivo de soja transgénica terminaron por consolidar un modelo basado en la expansión e intensificación agrícola (agriculturización) y en la ganadería intensiva (feedlot) (Pordomingo, 2003). Otro proceso que se ha destacado es el cultivo de soja que pasó a representar, al final de la década de los noventa, el 40% del total de la producción de cereales y oleaginosas del país. De esta forma, en los 90 se tornó sumamente visible el proceso de sojización iniciado a principios de los años setenta. La mayor rentabilidad que presentó este cultivo en comparación con otras producciones y la ausencia de mecanismos estatales equilibradores o de compensación explican su vertiginosa expansión (Rodríguez, 2012). En este contexto, en Argentina, desde 1989 hasta el 2011, la producción de granos se incrementó un 60% y la superficie agrícola un 24% (CASAFE, 2011).

Este crecimiento estuvo acompañado de un divorcio entre los principios ecológicos y los principios productivistas de los establecimientos rurales, de acuerdo con Sarandón y Flores (2014). Por este motivo, tanto la calidad del ambiente como su capacidad productiva se ponen en riesgo. Los procesos agrícolas mencionados se asocian a una serie de problemas ambientales, que ponen en duda su permanencia en el tiempo al no considerar las externalidades producidas (Pordomingo, 2003; Sarandón y Flores, 2014). Por ejemplo, cabe mencionar:

- Intensificación en el uso de agroquímicos y dependencia creciente. En Argentina se pasó de un consumo de 73 millones de kg/l en 1995, a 236 millones de kg/l en el año 2005 (CASAFE, 2011).
- Desarrollo de resistencia a los plaguicidas de ciertas plagas y patógenos (Papa *et al.*, 2010; Papa y Tescá, 2012; Lanfranconi *et al.*, 2012; REM, 2013). Entre las malezas reconocidas como resistentes en la región pampeana por la Red de Conocimientos en Malezas Resistentes (REM) se encuentran: *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus palmeri*, *Amaranthus sp.*, *Avena fatua*, *Brassica rapa*, *Cynodon hirsutus*, *Digitaria insularis*, *Echinochloa colona*, *Echinochloa cruz-galli*, *Eleusine indica*, *Hirschfeldia incana*, *Lolium*, *Raphanus sativus*, *Sorghum halepense*, *Urochloa panicoides*.
- Contaminación de alimentos, aguas, suelos y personas por pesticidas y productos derivados del uso de fertilizantes sintéticos (nitratos y P en las aguas). Como advierte el informe desarrollado por la facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Nacional de La Plata, a pedido de la Defensoría del Pueblo, ("Relevamiento de la utilización de Agroquímicos en la provincia de Buenos Aires") los riesgos para las personas que entrañan ciertos químicos van desde "alteraciones en el sistema nervioso central, carencias en el sistema inmunológico e incluso enferme-

dades como el cáncer". A su vez, la Organización Mundial de la Salud ha prohibido diversos agroquímicos por considerarlos posiblemente o probablemente cancerígenos ya que se han hallado asociaciones positivas entre estos productos y ciertas enfermedades. En nuestro país varias investigaciones dan cuenta de esta asociación. Entre ellas se encuentran el estudio de The Associated press (estudio epidemiológico, desarrollado en 2010, en la provincia de Santa Fe cuyos resultados fueron que los habitantes de la región tienen una probabilidad, entre dos y cuatro veces mayor al promedio nacional, de desarrollar cáncer); estudios del científico Andrés Carrasco, quien probó que el glifosato produce desde muerte celular hasta malformaciones (Carrasco *et al.*, 2012); las investigaciones realizadas por la ONG BIOS de la ciudad de Mar del Plata, a través de la campaña "Mala Sangre" que confirmó la presencia de plaguicidas en la mayoría los casos evaluados; entre otros.

- Uso de agroquímicos prohibidos o restringidos. El "Relevamiento de la utilización de Agroquímicos en la provincia de Buenos Aires" revela que se siguen usando químicos prohibidos desde hace más de 25 años en el país como el DDT, Dieldrin y Endosulfán.
- Pérdida de la capacidad productiva de los suelos, debido a la erosión, degradación, salinización y desertificación de estos. Pérdida de nutrientes de los suelos debida a la falta de reposición y lixiviación. Los suelos de la región Pampeana, aproximadamente, perdieron 70% de la capacidad de aportar nitrógeno y de la disponibilidad de fósforo para los cultivos y su fertilidad disminuyó cinco veces en los últimos 40 años. Parámetros como materia orgánica, calcio intercambiable y pH también se vieron disminuidos en un plazo de veinte años (Martelotto *et al.*, 2001; Fontanetto y Keller, 2003; Zubillaga y Zubillaga, 2008).
- Dependencia creciente de combustibles fósiles y la disminución de la eficiencia productiva en términos energéticos. Según Pimentel *et al.* (1990) desde el año 1700 hasta 1900 el incremento en el uso de la energía (principalmente fósil) aumentó 17 veces, mientras que, en el mismo período, los rendimientos del maíz, por ejemplo, aumentaron solo 3 veces. La eficiencia energética, entendida como unidades de energía cosechada por cada unidad de energía suministrada, ha sido analizada en diversos sistemas de producción mostrando, en muchos casos, valores cercanos a la unidad o aún menores (Ozkan *et al.*, 2003).
- Pérdida de biodiversidad por simplificación de hábitats y pérdida de variabilidad genética de los principales cultivos (erosión génica). Basta mencionar que de las 80.000 plantas comestibles que se considera que existen, solo se usan unas 200, y únicamente 12 son alimentos básicos importantes de la humanidad (FNUAP, 1991).
- El desplazamiento de algunas técnicas de cultivo propias de agricultores tradicionales por la tecnología "moderna" supuestamente de aplicación universal.

Dichas externalidades producidas por la agricultura se imponen como un punto de inflexión a partir del cual se puede comenzar a repensar un modelo productivo dependiente de insumos y que en algunos casos es cuestionado por la misma sociedad. Ante esta situación, surge como respuesta el paradigma de la agricultura sustentable (Altieri, 2009). Sarandón *et al.* (2006) la definen como “aquella que mantiene en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades alimenticias, socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales (agroecosistemas) que lo soportan”.

Por consiguiente, resulta preciso llevar a cabo acciones que minimicen los impactos de la actividad como: reducción del consumo y uso de insumos; sustitución de prácticas e insumos convencionales; rediseño del agroecosistema; cambio de ética y valores. Sin embargo, no es posible que estas acciones se efectúen de manera abrupta, sino que deben recorrer un proceso de transición que atraviese diferentes etapas, no solo productivas sino también éticas (Marasas *et al.*, 2012).

Es fundamental para el éxito de una agricultura sustentable una buena planificación, como así también un control adecuado de todos los procesos que intervienen en la actividad agrícola (Izquierdo y Rodríguez Fazzone, 2004). En este contexto, se vuelve indispensable el análisis de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) que cuales constituyen una herramienta cuyo uso persigue la sustentabilidad ecológica, económica y social de los establecimientos productivos.

Un ejemplo de BPA son las GLOBALG.A.P. (2013), un organismo que establece la certificación de productos agrícolas y se ha establecido en el mercado global como referente clave en cuanto a las BPA. GLOBALG.A.P. (2013) consta de un conjunto de documentos normativos que incluyen el Reglamento General, Puntos de Control y Criterios de Cumplimiento. Los Puntos de Control y Criterios de Cumplimiento abarcan todo el proceso productivo contemplando todas las actividades agropecuarias.

Para lograr una transición hacia la sustentabilidad a través de la aplicación de BPA es útil tomar como herramienta la incorporación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA). Un SGA es un instrumento de gestión, con enfoque sistémico, que permite a una organización de cualquier tipo controlar el impacto de sus actividades, productos o servicios en el ambiente (Viglizzo, 2007).

Por este motivo, se hace imprescindible analizar la propuesta de las BPA como el inicio del proceso de transición necesario para el logro de un manejo sustentable de los establecimientos productivos rurales que involucre el uso eficiente de los recursos productivos, disminuyendo la incidencia negativa de las prácticas actuales (a nivel social, ecológico y económico).

Antes lo expuesto anteriormente, en este caso de estudio se pretende evaluar la situación ambiental de un establecimiento rural representativo del partido de Tandil para

la aplicación preliminar de Buenas Prácticas Agrícolas, campaña 2013/2014.

### Caso de estudio

El establecimiento rural que constituye el caso para estudiar se sitúa en el noroeste del partido de Tandil, inserto en la RPA (latitud: 37° 13' 25" sur; longitud 59° 34' 33.2" oeste). Las modalidades de producción adoptadas en dicho establecimiento reflejan las tendencias generales de la región. Como analiza Vazquez (2004) se observa, en primera instancia (campaña 1991/1992), que en el establecimiento la agricultura era de tipo convencional (con rotación de la tierra a partir del uso de arados, rastras, con la finalidad de eliminar malezas e incorporar los rastrojos al suelo) y se realizaba ganadería (sobre pasturas artificiales con una duración de resiembra de 5 años).

Luego, para la campaña 2001/2002 el sistema de producción sufre ciertas transformaciones. Por un lado, la agricultura incorpora la técnica de siembra directa sin remoción del suelo lo cual permite disminuir la erosión de suelos, pero sobre un alto insumo de agroquímicos, principalmente herbicidas. Por otro lado, la ganadería es eliminada completamente del sistema productivo. Esto permite incorporar el doble cultivo anual generando un incremento de la superficie adicional para sembrar y dando lugar al proceso de intervención de mayor impacto producido en el establecimiento.

Para la campaña 2012/2013 es incorporada la siembra de precisión, la cual mediante tecnología satelital emplea distintas dosis de fertilizantes y de pesticidas por sectores ambientales (lomas, media loma, bajo).

### MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo trata de un estudio de caso de un sistema complejo en una unidad territorial correspondiente al partido de Tandil. Esta investigación propone un diseño exploratorio (problema escasamente estudiado) descriptivo (indaga y describe las características que identifican a los componentes del problema). Su desarrollo requiere la combinación de metodologías en la triangulación metodológica, es decir, el uso de múltiples métodos en el estudio de un mismo objeto (Denzin, 2012).

El análisis cuali-cuantitativo permite sistematizar e integrar la información obtenida a partir de fuentes primarias y secundarias mediante observación directa, registros orales y fuentes escritas para lograr el acercamiento a un problema complejo como el aquí presentado.

Por ejemplo, por una parte, se analizaron planillas de campo con registros documentales de las actividades realizadas en el establecimiento (tablas 15, 16 y 17). Fueron consideradas las planillas de fertilizantes (tipo, cantidades, fecha de aplicación y cultivo para el cual fue empleado), agroquímicos (fecha, lote, hectáreas del mismo, cultivo antecedente, cultivo, tipo de agroquímico y cantidad), fumigaciones, rotaciones, precipitaciones y densidades de siem-

bra (variedad, distancia entre surcos, plantas para lograr, peso de semillas, etc.).

Por otra parte, se obtuvieron imágenes, fotografías, planos y mapas (figura 1) y se realizaron entrevistas semiestructuradas dirigidas a informantes calificados. Las encuestas fueron diagramadas a partir de las preguntas que constituyen cada punto de control y que constituyen los cuadros 1, 2, 3, 4 y 5. Luego, las respuestas obtenidas fueron cotejadas con los criterios de cumplimiento asignados a cada pregunta para analizar su cumplimiento o no.

Con la finalidad de superar los sesgos y las limitaciones derivados del empleo de una herramienta metodológica única se recurrió a la integración-complementación de métodos cuantitativos y cualitativos, de acuerdo con las necesidades.

De todas maneras, se reconoce que esta metodología presenta ciertos inconvenientes como la dificultad para combinar datos textuales y numéricos; la interpretación de resultados divergentes obtenidos del uso de métodos cualitativos; el éxito o no en la delineación y la mezcla de conceptos; el peso de la información procedente de diferentes fuentes de datos; y la dificultad de acertar en la contribución de cada método cuando se asimilan los resultados.

Un ejemplo de BPA son las GLOBALGAP (originalmente EUREPGAP), un organismo que establece referenciales voluntarios de BPA cuya implementación y cumplimiento permite certificar productos agrícolas. Por ser el protocolo más conocido y publicitado para la implantación de un programa de BPA generó una serie de réplicas en diferentes países del mundo como es el caso de ChileG.A.P., MéxicoG.A.P., ChinaG.A.P. Esta situación obligó a los miembros de la organización europea, en 2007, a la armonización de todos estos sistemas en un solo estándar denominado GlobalG.A.P. El objetivo es establecer un referencial único de BPA aplicable a diferentes productos y capaz de abarcar la globalidad de la producción agrícola para establecer las bases de la protección de recursos.

GlobalG.A.P. consta de un conjunto de documentos normativos que incluyen:

- Reglamento General GlobalG.A.P.: documento base, explica los pasos fundamentales y las consideraciones para tener en cuenta para que el productor solicitante pueda obtener y conservar la certificación. Explica de que trata GLOBALGAP, el proceso de certificación, sus reglas, etc.
- Puntos de Control y Criterios de Cumplimiento GlobalG.A.P. (PCCC): este documento contiene todos los puntos de control que deben ser cumplidos por los productores y que deben ser auditados. Está dividido en módulos y detalla para cada ámbito, los puntos de control, sus criterios de cumplimiento y el nivel de cumplimiento requerido para cada punto (puede ser Mayor, Menor o Recomendación). Abarcan todo el proceso productivo, contemplando todas las actividades agropecuarias, hasta el momento en que el producto es retirado del establecimiento. Se definen, 14 PCCC

que constituyen la base para asegurar la seguridad alimentaria, el respeto al ambiente, la salud de los trabajadores y la confianza de los consumidores: 1. Trazabilidad; 2. Mantenimiento de registros y autoinspección interna; 3. Variedades y patrones; 4. Historial y manejo de la explotación; 5. Gestión del suelo y de los sustratos; 6. Fertilización; 7. Riego; 8. Protección de cultivos; 9. Recolección; 10. Manejo del producto; 11. Gestión de residuos y agentes contaminantes; 12. Salud, seguridad y bienestar laboral; 13. Ambiente y Conservación; y 14. Reclamaciones.

La metodología consta de dos etapas:

- a. Selección de puntos de control para analizar en el establecimiento rural y obtención de sus amenazas, debilidades, oportunidades y fortalezas.

A partir del manual de BPA GLOBALG.A.P. (2013) se seleccionaron aquellos puntos de control que resultaron factibles de analizar consecuentemente con los datos obtenidos de entrevistas y observación directa: Ambiente y conservación, Material de reproducción vegetal, Gestión del suelo, Fertilización y Productos fitosanitarios. Al llevar a cabo la tesis de grado que dio lugar a este trabajo, otros PCCC como Trazabilidad, Variedades y patrones, Riego, Protección de cultivos, Recolección, Manejo del producto, Mantenimiento de registros y autoinspección interna e Historial y manejo de la explotación y Reclamaciones no fueron analizados al momento de realizar el estudio. Esto fue posible ya que los PCCC mencionados no inciden en la calidad del ambiente o son actividades que no se llevan a cabo en la unidad productiva, como el riego.

Así, sobre análisis descriptivo y cuali-cuantitativo se examinó cuánto se ajusta el establecimiento rural a las BPA. Se utilizaron fuentes primarias, observación directa en trabajo de campo, adaptación de la lista de verificación del manual GLOBALG.A.P. y entrevistas semiestructuradas dirigidas a miembros del personal (productor, administrador y empleados en general); así como también fuentes secundarias: registros documentales de las actividades (semillas, fertilizantes, plaguicidas, personal, entre otros) y estimación del indicador de riesgo de intervención del hábitat adaptado del AgroEcolIndex (Viglizzo *et al.*, 2003) por Vazquez y Zulaica, (2012).

Para la obtención de las amenazas, debilidades, oportunidades y fortalezas de los puntos de control examinados en el agroecosistema se han analizado los datos mencionados anteriormente. De esta manera, se construyó una Matriz DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) que permitió realizar un diagnóstico ambiental del sitio.

El análisis DAFO consiste en realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles que en su conjunto diagnostican la situación interna de una organización, así como su evaluación externa; es decir, las oportunidades y amenazas. De esta manera es posible observar con mayor claridad sus aspectos favorables y

desfavorables, de origen interno o externo, para dar respuesta a los problemas detectados. La matriz es una herramienta que permite obtener una perspectiva general de la situación estratégica de una organización determinada. Constituye el punto de partida para la definición de estrategias (Talancón, 2007). De acuerdo con Camarero *et al.* (2006) los aspectos para analizar en la matriz son:

- Debilidades: son aquellos aspectos, endógenos al sistema y de carácter negativo. En este caso, es conveniente desarrollar acciones que minimicen o resuelvan las problemáticas internas al sistema analizado.
- Amenazas: son aspectos negativos cuya resolución no está al alcance de los actores locales, pero se deben tomar medidas a fin de disminuir o evitar sus efectos.
- Fortalezas: son aspectos positivos y sobre los cuales los actores tienen responsabilidad directa. Es importante conservarlas o incluso potenciarlas para que los beneficios sean aún mayores.
- Oportunidades: son aquellas cuestiones que pueden favorecer los intereses de los actores y de un territorio, cuyo rumbo no depende de las acciones de estos, pero sí beneficiarse.

**b. Situación ambiental del establecimiento rural.**

Finalmente, una vez elaborada la matriz DAFO e identificados los puntos de control más comprometidos del establecimiento rural se evaluó de manera cuali-cuantitativa y esquemática la situación ambiental de este. Se observaron las propensiones de cada punto de control propuesto en el manual GLOBALG.A.P. basado en el nivel de importancia asignado a cada uno de sus requerimientos (obligación menor, obligación mayor y recomendación):

- Mayor: es obligatorio su cumplimiento.
- Menor: para todos los ámbitos es obligatorio el cumplimiento del 95%.
- Recomendación: no existe un porcentaje mínimo de cumplimiento.

Luego, a fin de evaluar cuantitativamente los resultados obtenidos y poder visualizar la situación ambiental general del establecimiento y de cada punto de control en particular, se asignaron valores a los niveles de obligación mencionados anteriormente.

De esta manera, a cada requerimiento (pregunta del punto de control correspondiente) se le asigna un valor de acuerdo a su nivel de obligación (recomendación: 2, menor: 4 o mayor: 6). Si el requerimiento se cumple se asigna un valor positivo y en caso contrario un valor negativo (tabla 1). Este método cuali-cuantitativo de puntuación y rango de categorías fue adaptado sobre metodologías empleadas en la evaluación de impactos ambientales (Conesa Fernández *et al.*, 2010).

	Cumple	No cumple
Mayor	6	-6
Menor	4	-4
Recomendación	2	-2

**Tabla 1.** Valores asignados a cada nivel de obligación de los requerimientos de los puntos de control.

Se calculó el porcentaje de cumplimiento de cada punto de control para dar cuenta de su situación ambiental. Se clasificaron los valores potenciales en cuatro categorías: muy crítica, crítica, aceptable y muy buena (tabla 2). Un mayor porcentaje se traduce en una situación ambiental más favorable. Fueron seleccionaron diferentes rangos con distribución equitativa para valores positivos y un rango que varía de 0% a -100% para valores negativos, siguiendo la metodología descrita por Conesa Fernández *et al.* (2010). Se justifica la diferencia en este último rango ya que si la situación ambiental es menor a cero se considera muy crítica, sea cual sea su valor.

Porcentaje de cumplimiento	Categoría
-1	Muy crítica
1% - 25%	Crítica
26% - 75%	Aceptable
76% - 100%	Muy buena

**Tabla 2.** Categorías de situación ambiental asignadas a cada punto de control de acuerdo a su porcentaje de cumplimiento.

Por un lado, la metodología empleada, resultante de la combinación de las técnicas y herramientas, fue eficiente para la consecución de los objetivos propuestos si bien no se han registrado antecedentes. Permitió visualizar los aspectos centrales para considerar en la elaboración futura de un SGA Rural y facilitó la determinación de los puntos críticos a tener en cuenta para obtener un manejo sustentable de los recursos productivos y puntos para potenciar. Para futuras investigaciones se propone combinar la metodología propuesta en esta investigación con métodos cuantitativos que permitan registrar resultados que capten la atención de productores y agentes decisores en cuestiones de políticas agrarias. Por otro lado, se requiere profundizar en la evaluación de la capacidad de gestión ambiental de agroecosistemas.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**1. Ambiente y conservación.** Situación ambiental: muy crítica

Dentro de este aspecto se consideran los potenciales impactos de los productos fitosanitarios empleados, en



mayor cantidad, en el sistema productivo. Es el caso del glifosato, herbicida de mayor volumen de aplicación en el establecimiento, con 4.430 litros aplicados en la campaña 2013/2014. Fue categorizado por La Agencia Internacional para la Investigación sobre Cáncer de la OMS como cancerígeno probable. Diferentes estudios científicos independientes documentan diversos peligros potenciales y efectos nocivos que el herbicida puede provocar en el ambiente (Arregui *et al.*, 2010).

El segundo herbicida empleado en cuanto a litros aplicados, campaña 2013/2014, es el 2,4D (2.303 litros), su producción y uso ha sido asociada a considerables contaminaciones ambientales por dioxinas y furanos. La Agencia Internacional de la Investigación sobre el Cáncer lo coloca dentro del grupo de sustancias posiblemente carcinogénicas para los seres humanos.

Otros agroquímicos utilizados, que no escapan al hecho de que no existen agroquímicos inocuos son los insecticidas. Los aplicados en mayor cantidad en el establecimiento son clorpirifos (598 litros), plaguicida organofosforado, y endosulfán, insecticida y acaricida organoclorado. Como resumen de sus efectos adversos, el primero es mutagénico en seres humanos y células de plantas, alterador endocrino y potente neurotoxina a niveles bajos de exposición. En cuanto al endosulfán, en 2011, la Reunión de las Partes del Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), celebrada en Ginebra, aceptó su prohibición de uso en todo el mundo.

Por su parte el plaguicida Opera, con una aplicación de 500 litros (campaña 2013/2014), es el funguicida de mayor empleo en la unidad productiva. Entre los efectos del producto se encuentra que resulta nocivo por ingestión, irrita la piel, posee posibles efectos cancerígenos y puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio acuático.

Otro aspecto tenido en cuenta es el impacto de la producción en la biodiversidad. Al igual que en la RPA la situación de la biodiversidad en el caso de estudio es adversa. Esto se debe a la excesiva intensificación de las actividades agrícolas: doble cultivo anual, alto insumo de agroquímicos, eliminación de la ganadería, incremento de

la superficie para sembrar y siembra de precisión. Efectivamente, el trabajo de Somoza *et al.* (2015) realizado en el marco del presente trabajo lo comprueba a través del indicador "riesgo de intervención del hábitat" (RIH). Este indicador apunta a generar un índice relativo para valorar el impacto negativo que impone un proceso productivo sobre la biodiversidad del área, comparando la vegetación actual con la vegetación potencial de este.

Los resultados de la investigación muestran que en la campaña 1991/1992, cuando la agricultura era de tipo convencional y se realizaba en combinación con ganadería, el RIH era de 0,763 (los valores oscilan entre 0, no hay impacto, y 1, representa el mayor impacto). Mientras que en 2001/2002 aumenta un 10,3%, dando lugar al proceso de intervención de mayor impacto producido en el establecimiento durante las tres campañas, traducido en el aumento más significativo del RIH. Como principales motivos pueden mencionarse, por un lado, la incorporación de la siembra directa que permite disminuir la erosión de suelos, sobre todo en zonas con pendientes, pero sobre un alto insumo de agroquímicos (principalmente herbicidas). Por otro lado, la eliminación total de la ganadería del sistema con la consecuente incorporación del doble cultivo anual generando un incremento de la superficie adicional para sembrar. A su vez fueron eliminados los alambrados que contribuían a la heterogeneidad del paisaje. Estos generaban un efecto positivo sobre la fauna y flora silvestre ya que sus márgenes representan un hábitat para esta y una franja donde se reduce la erosión del suelo, favoreciendo la retención de sedimentos (Vazquez, 2011). En 2011/2012, el RIH se incrementa con la aplicación de la siembra de precisión, aunque en un nivel significativamente menor respecto del período anterior (1,4%).

Por una parte, la tabla 3 permite observar cómo a partir de los cambios de usos del suelo dentro del agroecosistema varía dicho índice y su biodiversidad asociada. Así, mientras aumenta la superficie destinada a la agricultura extensiva y tecnificada, el valor del RIH también aumenta. Es así que el empleo de nuevas tecnologías agrícolas como la siembra directa, si bien produce efectos positivos como aumento en la retención y humedad del suelo, no

Usos del espacio	%Sup1992	%Sup2002	%Sup2012	RPIH	RIH1992	RIH2002	RIH2012
Área viviendas, camino y parquizado	0,439	0,439	0,362	1	0,439	0,439	0,362
Pastizal y monte natural	4,386	4,386	3,551	0	0,000	0,000	0,000
Agricultura extensiva	69,912	90,351	92,101	0,90	63,190	81,663	83,246
Ganadería	20,439	0,000	0,000	0,52	10,612	0,000	0,000
Monte intervenido	4,825	4,825	3,986	0,42	2,041	2,041	1,686
Totales campo %	-	-	-	-	0,763	0,841	0,853

Tabla 3. Usos del espacio en el agroecosistema vinculado al riesgo de intervención del hábitat. Fuente: Somoza *et al.* (2015).

incrementa la sustentabilidad en lo que se refiere a conservación de la vegetación nativa.

Por otra parte, GLOBALG.A.P. (2013) recomienda destinar las zonas sin actividad dentro de los establecimientos a la conservación de la biodiversidad. Dentro del caso de estudio estas zonas poseen diferentes usos del espacio: área de viviendas, galpones, lugares de almacenamiento de fertilizantes, agroquímicos y silos, caminos y parqueado, pastizal y monte natural y monte intervenido, que se desarrolla alrededor del A Laura Leofu atravesando todo el predio. Esta área funciona como el corredor más importante donde se refugia la fauna y flora natural y exótica (posee una extensión de 20 a 30 metros de ancho). Las zonas improductivas de pastizal y monte natural y monte intervenido se comportan como parches (ej.: área lítica o de afloramiento rocoso, zona parqueada) y corredores (arroyo y su entorno, canal y caminos).

Es importante destacar que en 1991/1992 los potreros estaban divididos por alambrados para evitar la introducción de los animales a los cultivos. Sin embargo, comenzaron a eliminarse a partir de 2001/2002 al incorporarse la siembra directa, debido al efecto de la agriculturización permanente, permitiendo el desplazamiento más rápido

de las maquinarias dentro del predio y la siembra en lugares inaccesibles como los bordes de los alambrados. A su vez, para 2013/2014, no solo habían sido eliminados alambrados, sino también, caminos internos del para evitar el esparcimiento de malezas resistentes que aparecieron en esta campaña (nabo, nabón, pasto amargo) y rama negra principalmente) que crecían en los bordes de estos. No se ha considerado transformar las zonas improductivas en áreas de conservación y tampoco se identifican en ellas áreas de prioridad ecológica. Actualmente son consideradas zonas de desperdicio en el establecimiento.

En conclusión, por un lado, la excesiva intensificación de las actividades agrícolas acontecida en este caso de estudio ha demostrado la drástica transformación del paisaje, con la partición de los hábitats naturales en fragmentos remanentes sin tener en consideración que la complejidad y estabilidad de los sistemas agrícolas se basa en su diversidad. Por otro lado, la ausencia de incentivos para su protección, la elección de pocas variedades producto de la combinación de altos precios internacionales y bajos costos de producción, y la priorización de beneficios económicos cortoplacistas, funcionan como amenazas para la conservación de la biodiversidad.

Ambiente y conservación	
Fortalezas	Debilidades
Organización interna y capacidad técnica del establecimiento.	Bajo porcentaje de áreas libres de actividad agrícola.
No se descarta una política de conservación siempre y cuando sea compatible con el mantenimiento (o aumento en caso de ser posible) de los niveles productivos y sus rendimientos.	Aumento del riesgo de intervención del hábitat a través de las campañas productivas.
	Deficiencias en el control de los impactos que generan las actividades desarrolladas sobre el ambiente.
	No existe diversificación de actividades.
	Desmantelamiento de alambrados incluso de caminos que propiciaban con anterioridad el desarrollo de corredores naturales para la flora y fauna y flora (nativa y exótica).
Existencia de zonas improductivas exentas de agroquímicos y ganadería (parches y corredores).	Uso de plaguicidas y demás insumos externos derivados de energía fósil.
	Monocultivos fundamentalmente soja.
	No existe una política activa que comprenda acciones de conservación de la biodiversidad.
Oportunidades	Amenazas
Incorporación de BPA como factor de competitividad.	Inexistencia de legislación ambiental para la conservación de la biodiversidad relacionada con actividades agrícolas.
Posibilidad de ingreso a nuevos mercados.	Aparición de malezas resistentes que implican mayores dosis de aplicaciones de herbicidas.
	Inexistencia de subsidios o políticas que alienten vínculos entre la agricultura y la conservación de la biodiversidad.
Niveles más elevados de biodiversidad pueden fortalecer las funciones esenciales para los sistemas agrícolas y, por ende, para el desempeño agrícola.	Baja rentabilidad de variedades que posibilitarían ampliar la cantidad de cultivos para llevar a cabo en el establecimiento y aumento de la rentabilidad del commodity, como la soja, que mantenga la homogeneidad de cultivos.

Tabla 4. Matriz DAFO. Ambiente y Conservación.

Punto de control	Nivel de obligación	Cumplimiento	Valor por nivel de obligación
¿Cuenta el productor con un plan de gestión ambiental que reconozca el impacto de las actividades llevadas a cabo?	Mayor	No	-6
¿Se considera compatible una política de conservación con una producción agrícola comercialmente sostenible?	Recomendación	Sí	2
¿Se ha considerado transformar las áreas improductivas en áreas de conservación para el desarrollo de la flora y fauna natural?	Recomendación	No	-2
¿Puede el productor demostrar que controla el uso de energía en el establecimiento?	Recomendación	No	-2
¿El productor mantiene al mínimo la utilización de las fuentes de energía no renovables?	Mayor	No	-6
<b>Rango</b>		<b>-18 a 18</b>	
<b>Valor asignado</b>		<b>-14</b>	
<b>% de cumplimiento</b>		<b>-77,78%</b>	
<b>Situación ambiental</b>		<b>Muy crítica</b>	

**Cuadro 1.** Situación ambiental. Ambiente y conservación.

Las actividades llevadas a cabo en el establecimiento verifican, a escala predial, cómo la actividad agrícola genera ciertos impactos en el ambiente. Los productores reconocen estos impactos pero, en general, ese reconocimiento no obedece a una responsabilidad explícita, sino a que afectan directamente la producción, es decir, se reconocen en la medida que repercuten en la productividad y por tanto en rendimientos económicos.

## 2. Material de reproducción vegetal. Situación ambiental: muy buena

Dentro de las BPA asociadas al material de reproducción vegetal se encuentra el uso de variedades apropiadas para las condiciones locales. Si el material de propagación/reproducción es elegido sobre criterios como el desempeño agronómico en las condiciones locales, la calidad y sanidad del material y la procedencia de viveros o semilleros autorizados ayuda a reducir la cantidad de aplicaciones de fertilizantes y de productos fitosanitarios.

En el caso de estudio, el material de propagación está representado por las semillas de los cultivos. La elección de variedades responde al desempeño agronómico aceptable en las condiciones locales de manera tal que se obtengan los mayores rendimientos, pero no se realiza con el fin de reducir la cantidad de aplicaciones de fertilizantes y productos fitosanitarios y así disminuir los impactos en el ambiente, aunque la optimización de las aplicaciones sea el resultado final.

Para la campaña 2013/2014 los cultivos realizados fueron: cebada, trigo, girasol, maíz, alpiste, y soja de 1.<sup>ra</sup> y de 2.<sup>da</sup>.

Para dar garantía de la calidad (libre de plagas, enfermedades, virus, entre otros) las semillas utilizadas se adquieren en cerealeras del partido y se conservan registros con el nombre de las variedades. Las variedades mencionadas en la tabla 5 se encuentran identificadas por el INASE (Instituto Nacional de Semillas), organismo encargado de promover

Cultivo	Varietal	Nombre botánico
Girasol	SYN3960 CLHO	<i>Helianthus annuus L.</i>
	NTO 1.0 CL	
	DKOP 3945	
Soja	DM 3810 RR	<i>Glycine max L. Merrill.</i>
	DM 3312	
	DM 2200 RR	
	NID 2018 RR	
	SPS 3900	
Trigo	SYNGENTA 200	<i>Triticum aestivum</i>
	BAGUETTE 9	
	METEORO	
	SYNGENTA 300	
Maíz	DK 670 mgr	<i>Zea mays L.</i>
	PIONEER 1778	
Cebada	SCARLETT	<i>Hordeum vulgare</i>
	ANDREIA	

**Tabla 5.** Variedades de semillas empleadas en el establecimiento aprobadas por el INASE.

una eficiente actividad de producción y comercialización de semillas, asegurar al productor la identidad y calidad de la simiente que adquieren y proteger la propiedad de las creaciones fitogenéticas. El objetivo, en la unidad productiva, es sembrar en la fecha propicia, evitando el período de aparición de las plagas o enfermedades considerando también los ciclos, para lograr una mejor adaptación.

A su vez, se controla la calidad y sanidad de las semillas antes de la siembra analizándola en laboratorios habilitados y se asegura la implantación del cultivo. Por un lado, entre los análisis de calidad realizados se destacan: pureza; poder germinativo; vigor y viabilidad. Por otro lado, se detectan problemas causados por daños mecánicos y de humedad.

Todas las variedades cultivadas de Organismos Genéticamente Modificados (OGM), registrados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Cabe destacar que para su adecuado manejo y gestión se cuenta con asesoramiento. Los OGM empleados están avalados por legislación nacional.

Sin embargo, aunque su producción sea avalada en nuestro país (uno de los principales productores de OGM a nivel mundial) por entidades nacionales es pertinente reparar en los riesgos y objeciones contra estos.

Entre las objeciones ambientales, se puede mencionar el peligro de escape de genes: al liberarse OGM en el entorno cabe la posibilidad de que estos se entrecrucen con especies salvajes y que introduzcan la modificación genética en

el entorno natural y, tal vez, lleguen a alterar la biodiversidad de ecosistemas protegidos.

Los peligros sobre la salud humana se vinculan, más que a pruebas concluyentes de laboratorio a los efectos desconocidos que pueda llegar a causar la modificación genética, especialmente en la cadena alimenticia. Los argumentos de tipo ético-moral van desde los más abstractos sobre la manipulación de la vida, a los más concretos, que debaten la ética del derecho a patentar seres vivos.

Finalmente, las críticas socioeconómicas se conectan con los peligros del oligopolio biotecnológico, así como con los riesgos que podría ocasionar la concentración genética en pocas variedades transgénicas, por ejemplo, reduciendo la diversidad biológica y dificultando otros modelos de agricultura.

Con respecto a lo planteado por GLOBAL.G.A.P., el estado de este punto de control es óptimo. No obstante, se debe considerar que este punto de control no sale del círculo vicioso de los paquetes tecnológicos a los cuales se acude en toda la región. Por último, no tiene en cuenta la conservación de la variabilidad genética de semillas nativas, independientemente de las variedades mejoradas que producen para el mercado, propiciando una erosión genética y cultural asociada.

**3. Gestión del suelo.** Situación ambiental: muy buena

La gestión del suelo a nivel predial comienza con la identificación de los tipos de suelo presentes en la unidad pro-

Material de reproducción vegetal	
Fortalezas	Debilidades
La calidad de las semillas empleadas está garantizada por el INASE.	El empleo de variedades genéticamente modificadas implica riesgos como el escape de genes, riesgos fitosanitarios como la creación de resistencias a los agentes externos y la concentración genética, reduciendo la diversidad biológica y dificultando otros modelos de agricultura.
Uso de variedades apropiadas para las condiciones locales.	
El cultivo de OGM cumple con la legislación aplicable en el país.	
Ficha técnica del material, que incluye bajo qué condiciones se obtuvo la semilla, pruebas realizadas, rendimientos esperados, características, porcentaje de germinación y certificado de origen.	
Oportunidades	Amenazas
Posibilidad de acceso a mercados de países más estrictos en cuanto al cultivo de OGM.	Legislación referente a OGM permisiva.
	Dependencia de las variaciones del comercio de commodities.
	Uso de material de reproducción exclusivo del paquete tecnológico imperante que ve impedida su resiembra y la consiguiente compra de semillas campaña tras campaña.
	Necesidad de adquisición de sustancias químicas indispensables para la germinación y su posterior protección.
	Se configura un círculo vicioso, impulsado por intereses supranacionales, en el cual la problemática es reducida a variables económicas, ya que permitió aumentar el rendimiento físico, pero sin tomar en consideración la salud del ecosistema.

**Tabla 6.** Matriz DAFO. Material de reproducción vegetal.



Punto de control	Nivel de obligación	Cumplimiento	Valor por nivel de obligación
¿La elección de variedades responde al desempeño agronómico aceptable en las condiciones locales?	Mayor	Sí	6
¿Existe un documento que garantice la calidad de la semilla?	Menor	Sí	4
¿Se registra el tratamiento químico de todo material de reproducción vegetal comprado?	Menor	Sí	4
¿El cultivo de OGM cumple con toda la legislación aplicable en el país?	Mayor	Sí	6
¿Se dispone de documentación en el caso de que el productor esté cultivando organismos genéticamente modificados?	Menor	Sí	4
¿Los cultivos transgénicos se almacenan separados de los otros cultivos con el fin de evitar la mezcla accidental?	Mayor	Sí	6
<b>Rango</b>		<b>-30 a 30</b>	
<b>Valor asignado</b>		<b>30</b>	
<b>% de cumplimiento</b>		<b>100%</b>	
<b>Situación ambiental</b>		<b>Muy buena</b>	

**Cuadro 2.** Situación ambiental. Material de reproducción vegetal.

ductiva para luego actuar a partir de sus características y estado. En el establecimiento en cuestión se han identificado distintos tipos de suelos correspondientes al orden de los Molisoles, los suelos de mayor potencial agropecuario y forestal del país. Los Molisoles se caracterizan por presentar un horizonte mólico, es decir, un horizonte superficial oscuro con moderado a alto contenido de materia orgánica, un espesor superior a los 25 cm y rico en bases. Pueden tener acumulación de carbonatos en horizontes subsuperficiales y con buen drenaje (INTA, 1970).

La mayor parte de la superficie presenta suelos Argiudoles típicos, suelos característicos de los pedemontes del partido de Tandil. Estos suelos se caracterizan por presentar un Horizonte Argílico delgado, cuyo contenido de arcilla disminuye a medida que aumenta la profundidad. Por debajo se puede encontrar un horizonte con abundante calcio y carbonatos concentrados en concreciones duras. Este suelo no posee limitaciones de uso en lo referente a la elección de plantas de cultivos, perteneciendo a las Clases I y II de capacidad de uso de las tierras.

De acuerdo a la Clasificación de las tierras por su capacidad de uso del Servicio de Conservación de Suelos de los EE. UU. (1962), los suelos de Clase I se caracterizan por no presentar limitaciones o por ser estas muy leves. Por su parte, los de Clase II son suelos con algunas limitaciones en cuanto a la elección de plantas o que requieren moderadas prácticas de conservación. De lo anterior se deduce entonces que su aptitud productiva es agrícola - ganadera llegando en algunos casos a ser agrícola de alta productividad. La gama de cultivos que permiten es bastante amplia, por ejemplo: trigo, maíz, soja, girasol, papa y pasturas po-

líticas de alto valor forrajero. Además se puede analizar, que en cuanto a las prácticas conservacionistas, requiere de prácticas comunes de manejo para mantener la productividad y prevenir posibles deterioros.

Otros suelos presentes pertenecen al Gran Grupo Hapludoles, específicamente a los subgrupos Hapludol petrocálcico y Hapludol lítico, este último utilizado para las zonas de uso no agrícola (vivienda, monte y pastizal natural y monte intervenido). Son suelos con una capacidad de uso limitado por la presencia de tosca y roca respectivamente. Presentan una Clase IV en capacidad de uso de las tierras, es decir, poseen limitaciones muy severas que restringen la elección de cultivos. Cuando son cultivados, requieren un manejo muy cuidadoso y las prácticas de conservación son más difíciles de aplicar y mantener. Pueden ser utilizados para cultivos, para pasturas, campos naturales de pastoreo, forestación, y conservación de la fauna silvestre. En conclusión, requerirán de un manejo cuidadoso en el caso en que sean cultivados, y en el caso en que pueda apreciarse un área rocosa, resulta imposible su uso para la actividad agrícola - ganadera.

A partir de las particularidades del suelo en cada sector del establecimiento se definen diferentes técnicas para aplicar adecuadas para el uso del suelo. Los diversos métodos elegidos para el manejo del suelo en el establecimiento han ido evolucionando a la par de las transformaciones agroproductivas acontecidas en la RPA en la cual, los potenciales efectos ambientales negativos fueron mitigados por el uso de nuevos conceptos agronómicos y de tecnologías innovadoras como la siembra directa, la rotación de distintos cultivos en un mismo predio y la agricultura de precisión.

Así en 1991/1992, la técnica agrícola utilizada para el manejo del suelo era la siembra tradicional, que implica el laboreo del suelo anterior a la siembra con maquinarias (arados) que cortan e invierten total o parcialmente los primeros 15 cm del suelo. Esta preparación debe ser anticipada para aumentar y aprovechar la fertilidad del suelo, mejorar la infiltración del agua de lluvia, acumular y conservar agua en el suelo, reducir la compactación, permitir el nacimiento de malezas y removerlas a partir de la remoción del suelo. El suelo se afloja, airea y mezcla lo que facilita el ingreso de agua, la mineralización de nutrientes y la reducción de plagas vegetales y animales en superficie. Pero también se reduce rápidamente la cobertura de superficie, se aceleran los procesos de degradación de la materia orgánica y aumentan los riesgos de erosión.

En cambio, en 2001/2002, la técnica de producción es la siembra directa. Esta técnica, ya no consiste en preparar el suelo, sino que se siembra sobre el rastrojo de un cultivo anterior con la finalidad de no deteriorar la estructura del suelo e incorporar naturalmente nutrientes por la descomposición de la materia orgánica que compone al rastrojo. Es el mejor sistema para evitar la erosión del suelo.

Uno de los riesgos más importantes detectados en el área de estudio es la erosión hídrica con la consecuente pérdida de la capa superior del suelo debido al arrastre de materia orgánica y material de rastrojo. Una serie de factores son los que ocasionan que el agroecosistema se encuentre muy expuesto a la erosión hídrica:

Las precipitaciones atraviesan la unidad productiva por escorrentía en pequeños cursos de agua efímeros (excep-

to el A Laura Leofu), desde el límite sureste hasta el norte de esta (Vazquez, 2004).

La ubicación geomorfológica en la cual se encuentra emplazado el establecimiento, una zona alta de la llanura periserrana, caracterizada por altitudes comprendidas entre 200 y 300 m s. n. m. (serranías) y entre 130 y 170 m s. n. m. (relieve plano). Particularmente en la unidad productiva las alturas oscilan entre 290 m s. n. m. y 190 m s. n. m.

Fuertes pendientes comprendidas entre 2 y 10% (Sánchez y Zulaica, 2002), factor preponderante en el escurrimiento superficial, generan que el agua que precipita no infiltre fácilmente, sino que escurra en superficie.

Si bien predominan suelos argiudoles profundos con régimen údico de humedad, estos se asocian con suelos de régimen ácuico y con toscas en las zonas de lomas (Sánchez y Zulaica, 2002).

La combinación de los factores mencionados obliga a trabajarlo bajo sistemas productivos que atiendan la conservación del suelo, el manejo de las pendientes a partir de las curvas de nivel, y los escurrimientos hídricos superficiales.

Luego, en el año 2008, se procede a incorporar la agricultura de precisión, la cual de acuerdo a Roel y Terra (2006) pertenece a los últimos avances de la tecnología asociados con nuevas estrategias de manejo de suelos y cultivos que pueden proveer a los agricultores de ventajas comparativas en los mercados mientras preservan sus recursos naturales y el ambiente. La base de esta técnica reside en la caracterización temporal y espacial de los factores abióticos y bióticos relacionados con la productividad

Gestión del suelo	
Fortalezas	Debilidades
Identificación de diversos perfiles de suelos (orden Molisoles: Argiudoles típicos, Hapludoles líticos y Hapludoles petrocálcicos) por ambiente.	Incorporación del doble cultivo anual, donde el suelo aumenta la superficie relativa para sembrar y por consiguiente la producción, la extracción de nutrientes y la cantidad de productos químicos aplicados, afectando al hábitat que favorece la biota del suelo.
Empleo de maquinaria apropiada.	
Puesta en marcha de técnicas para mantener la estructura del suelo, eviten su compactación y reduzcan la posibilidad de erosión del suelo (rotaciones intensivas que mejoran el contenido de carbono y la estabilidad estructural y protegen al suelo de la erosión por el agua y el viento, siembra directa, agricultura por ambientes, laboreo perpendicular a la pendiente, diseño de canales reglamentarios).	
Oportunidades	Amenazas
En el caso de intentar a futuro realizar otras actividades será posible debido la integridad de los suelos (ya sea agricultura de otro tipo de cereal adaptado a la zona, ganadería con pasturas artificiales, y otras actividades).	Insuficiente valoración de las funciones potenciales del recurso a nivel nacional.
No son suelos que corren riesgo alguno de perderse para la agricultura como en el caso de otros establecimientos que han sido abandonados por salinización, entre otros.	

Tabla 7. Matriz DAFO. Gestión del Suelo.

Punto de control	Nivel de obligación	Cumplimiento	Valor por nivel de obligación
¿Se han elaborado mapas de suelo para el establecimiento?	Recomendación	Sí	2
¿Se han utilizado técnicas para mejorar o mantener la estructura del suelo, evitar su compactación y erosión?	Mayor	Sí	6
<b>Rango</b>		<b>-8 a 8</b>	
<b>Valor asignado</b>		<b>8</b>	
<b>% de cumplimiento</b>		<b>100%</b>	
<b>Situación ambiental</b>		<b>Muy buena</b>	

**Cuadro 3.** Situación ambiental. Gestión del suelo.

de los cultivos y la preservación de los recursos naturales. Entonces, al realizar un tratamiento diferencial de distintos sectores de un mismo lote en lugar del tradicional uso homogéneo de superficies de decenas o centenares de hectáreas ayudaría a conocer mejor las propiedades de los suelos en cada sector del establecimiento (Satorre, 2005).

Sobre el análisis de las técnicas incorporadas para el tratamiento del suelo es posible observar que se han utilizado con el fin de disminuir impactos generados por técnicas que amenazaban la calidad del recurso y por lo tanto de la productividad. Por ejemplo, el empleo de siembra directa para reducir la erosión generada por las deficiencias de la siembra tradicional y por el riesgo a la erosión hídrica existente en el sistema productivo. La técnica incorporada si bien reporta beneficios en este sentido, genera una serie nuevos impactos que deterioran la calidad ambiental. Con el aumento de superficie relativa para sembrar, la consiguiente intensificación de la producción, el aumento de la extracción de nutrientes y la cantidad de productos químicos aplicados, no se proporciona un hábitat que favorezca la biota del suelo. Este efecto negativo se verifica en el área de estudio puesto que a partir de su incorporación acrecienta la oportunidad de siembra, generado por un aumento relativo de superficie a sembrar de 602 ha.

Por un lado, es importante que los productores apliquen técnicas de manejo y conservación de suelos que contribuyan a reducir la contaminación y la erosión. En función de ello, en el establecimiento, se verifica que se mantiene y mejora la productividad aumentando la reposición de la materia orgánica, la humedad del suelo, a partir de la siembra directa. Por otro lado, se reduce al mínimo las pérdidas de minerales, nutrientes y sustancias agroquímicas debido a la erosión, la escorrentía y la lixiviación en el agua de superficie o subterránea.

No obstante, vale destacar la intensión productivista de las medidas incorporadas a lo largo de las diversas campañas. Las técnicas productivas son modificadas no por el impacto que generan en la calidad del suelo y en el ecosistema. Es decir, su finalidad no es la de realizar una

gestión sustentable del establecimiento, sino una gestión económicamente más rentable. Se reconocen y se actúa a partir de los impactos generados en el suelo ya que estos repercuten directamente en la productividad del sistema.

#### 4. Fertilización. Situación ambiental: aceptable

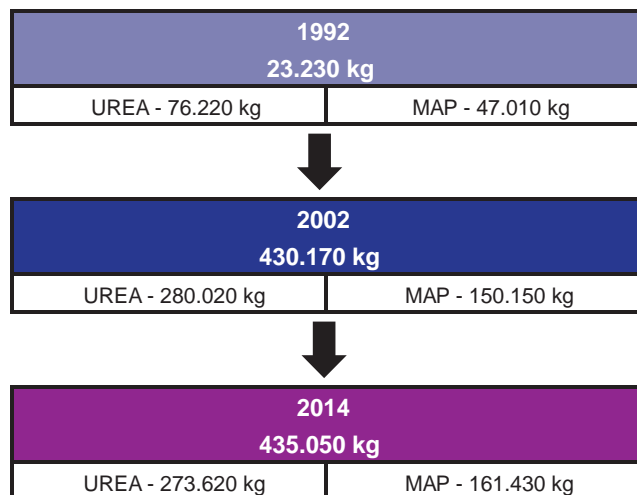
Por un lado, es importante que el productor considere al momento de la aplicación de fertilizantes las necesidades nutricionales del cultivo y las características del suelo (GLOBALG.A.P., 2013). Uno de los grandes problemas es la falta de correlación de la variabilidad espacial y temporal entre los factores asociados al suelo y al desarrollo de los cultivos, incluyendo disponibilidad de nutrientes, materia orgánica, acidez, disponibilidad de agua, textura, distribución de enfermedades, plagas, malezas. La determinación de esos factores es de suma importancia para poder distribuir las cantidades ideales de fertilizantes.

Al respecto, en el establecimiento, el uso de la agricultura de precisión, a partir de 2008, permite la aplicación de dosis variables de fertilizantes, en lugar de aplicarlos indiscriminadamente en dosis uniformes sobre grandes áreas.

Por otro lado, se realizan análisis para reincorporar los nutrientes más requeridos por los cultivos. Incluso se ha reportado una mejora en los niveles de estos, si bien esto no trae aparejado la merma en la aplicación de fertilizantes.

Los nutrientes incorporados son el N, S y P a través de tres compuestos, el fosfato monoamónico, urea granulada y urea recubierta con azufre.

Es imprescindible contar con un registro de todas las aplicaciones de fertilizantes en el que se detalle la cantidad de producto aplicado (en peso o en volumen de fertilizante). Específicamente, se debe registrar la cantidad realmente aplicada y no la recomendada, ya que pueden ser diferentes. La figura 2 expresa las variaciones en las cantidades de fertilizantes aplicados en diferentes campañas en el caso de estudio. Se observa que en 2013/2014, la aplicación de fertilizantes aumenta más de 18 veces en relación con lo necesitado en 1991/1992. Sin embargo, con



**Figura 2.** Kilogramos de fertilizantes aplicados en 1991/1992, 2001/2002 y 2013/2014, discriminados en kg de urea y MAP.

respecto a la cantidad empleada en 2001/2002 aumenta en menor medida, lo cual respondería a la intensificación en el uso del suelo.

En cuanto al almacenamiento de los fertilizantes se realiza de manera cuidadosa y organizada con el fin de evitar la contaminación cruzada con otros insumos como los fitosanitarios como lo disponen las GLOBALG.A.P. (2013) y

SENASA (2012). El establecimiento cuenta con un inventario de estos para su registro que indica el contenido del almacén (tipo y cantidad) y se actualiza con cada nueva compra de insumos.

Si se considera el proceso de aplicación de fertilizantes, almacenamiento y manejo nutricional de los cultivos, el estado de este punto de control es óptimo. Es llevado a cabo de manera responsable, considerando las necesidades del cultivo y las características del suelo existiendo registros de su empleo. Sin embargo, si se tiene en cuenta el incremento en las cantidades aplicadas de estos productos este punto debe considerarse crítico si bien el aumento hacia la campaña 2013/2014 no es tan drástico como el evidenciado de 1991/1992 a 2001/2002. Así, se refleja a nivel predial, la situación de la RPA en donde la reposición de nutrientes no es suficiente para subsanar la extracción de nutrientes ocasionada por la intensificación agrícola (CIAFA, 2014).

**5. Productos fitosanitarios.** Situación ambiental: crítica

El Comité de Sanidad Vegetal del Cono Sur (COSAVE) establece que todos los productos fitosanitarios deben estar registrados en el organismo sanitario del país; en Argentina es el SENASA. El registro es el proceso por el cual la autoridad competente aprueba la fabricación, formulación, experimentación, fraccionamiento, comercialización y utilización de un producto fitosanitario. Se ha corroborado la lista de productos fitosanitarios empleados en el establecimiento y sus sustancias activas con aquellos autoriza-

<b>Fertilización</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
Aplicación de fertilizantes según las necesidades específicas del cultivo y las insuficiencias del suelo.  Recomendaciones dadas por personas competentes y cualificadas.  Almacenamiento de acuerdo a las disposiciones legales.  De rápida absorción, los nutrientes están disponibles para ser usados por las plantas de forma inmediata.  Las cantidades exactas de cualquier elemento se pueden calcular y dicho nutriente puede ser suministrado a las plantas de forma cuantificada.  Disponibilidad de registros de las aplicaciones.	Si bien se aplican solo las cantidades requeridas por los cultivos y el suelo, esta cantidad se encuentra en aumento desde la campaña 1991/1992.  Disminuyen la fauna bacteriana.  Debido a que no poseen insumos orgánicos, el uso continuo puede empobrecer el suelo, disminuir la porosidad y capacidad de amortiguamiento.
<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
Adecuada selección de fertilizantes, con dosis, métodos y períodos de aplicación correctos para un aprovechamiento óptimo del cultivo y un potencial mínimo de contaminación del ambiente. Características de la fertilización balanceada: dosis, fuente, momento y localización.  Comenzar a aplicar fertilizantes orgánicos en combinación con los inorgánicos que ya son empleados para disminuir riesgos.	No han sido probados, en general, para evaluar el efecto en el entorno ambiental.  Si son utilizados en exceso (teniendo en cuenta las cantidades aplicadas por los sistemas productivos de la región), debido a sus altas concentraciones, existe riesgo de contaminación de suelos, flora y fauna, además de aguas subterráneas y superficiales.

**Tabla 8.** Matriz DAFO. Fertilización.



¿Los registros de todas las aplicaciones de fertilizantes, incluyen los criterios de: referencia de la parcela, fecha de aplicación, tipo, cantidad, método y operador?	Menor	Sí	4
¿Los fertilizantes vienen acompañados de un documento que demuestre su contenido de nutrientes (N, P, K)?	Menor	Sí	4
¿Se almacenan todos los fertilizantes e manera adecuada y separados de los productos cosechados?	Mayor	Sí	6
<b>Rango</b>	<b>-28 a 28</b>		
<b>Valor asignado</b>	<b>16</b>		
<b>% de cumplimiento</b>	<b>57,14%</b>		
<b>Situación ambiental</b>	<b>Aceptable</b>		

Cuadro 4. Situación ambiental. Fertilización.

Productos fitosanitarios		Permitidos – No permitidos
Herbicidas	2,4D 100%	Sí, aunque con restricciones de uso en algunas provincias del país
	BANBEL	Sí
	METSULFUR 60%	Sí
	MCPA	Sí
	HUSSAR	Sí
	ATRAZINA 50%	Sí
	ACETOCLOR	Sí
	GLIFOSATO	Sí
	FLUROCLORIDONA	Sí
	RANGO	Sí
	CLETODIM	Sí
STARANE FLUROXIPIR	Sí	
Insecticida	CIPERMETRINA	Sí
	ENDOSULFAN	No, restricción progresiva de su elaboración y uso a partir del 1 de julio de 2013
	LAMBDAIALOTRINA	Sí
	CLORPIRIFOS	Sí
	PHOSTOXIN	Sí
Funguicidas	CLARTEX	Sí
	TEBUCONAZOLE	Sí
	SCENIC CURA SEMILLA	Sí
	RENASTE	Sí
	OPERA	Sí
	PLANET EXTRA	Sí
	REFLECT EXTRA	Sí

Tabla 9. Productos fitosanitarios permitidos, prohibidos o restringidos por el SENASA, empleados en el establecimiento.

dos por el SENASA. La tabla 9 detalla aquellos productos fitosanitarios empleados en el caso de estudio que están permitidos y aquellos que no lo están.

La mayoría de los productos aplicados se encuentran permitidos para su uso, excepto el endosulfán. Otra sustancia para considerar es el herbicida 2,4 D, el segundo más utilizado en Argentina, y el segundo en cuanto a li-

tros aplicados en el establecimiento. Por una parte, si bien no se encuentra prohibido o restringido en la provincia de Buenos Aires sí presenta restricciones de uso en algunas provincias del país que pueden adoptar las medidas que consideren necesarias a efectos de su restricción o prohibición. Las restricciones están basadas en que puede producirse la deriva del producto a cultivos susceptibles y por lo tanto se recomienda la utilización de formulaciones menos volátiles (Ministerio de la Producción, Provincia de Santa Fe, 2015). Por otra parte, y no menos importante, la Agencia Internacional para la Investigación sobre Cáncer (IARC) de la OMS alertó que el herbicida 2,4-D, es “posiblemente cancerígeno”. Esta situación indica que con el uso de 2,4-D existe una situación de riesgo grave e irreparable a la salud humana, el ambiente y la biodiversidad.

El uso de estos dos productos en el establecimiento requiere de especial atención debido a los riesgos implicados tanto en su aplicación, como transporte y almacenamiento. Debería, como primera medida, reconsiderarse su empleo estableciendo los justificativos de su aplicación y buscando alternativas para su uso.

De acuerdo a lo consultado a informantes calificados al momento de aplicar productos fitosanitarios se tiene en con-

Fitosanitario	Cantidades (litros)		
	1991/1992	2001/2002	2013/2014
Herbicidas	505	13.000	9.265
Insecticidas	200	400	1.374
Fungicidas	350	1.000	808
Totales	1.055	14.400	11.447

**Tabla 10.** Cantidades de fitosanitarios empleadas en las campañas 1991/1992, 2001/2002 y 2013/2014.

sideración toda la información brindada por el marbete y hoja de seguridad de estos. Los productos son elegidos por el ingeniero agrónomo, encargado de un asesoramiento continuo, de acuerdo a las necesidades de los cultivos. No obstante, la última decisión es definida por el dueño del establecimiento.

En el establecimiento en la campaña 2013/2014 han aumentado las dosis, la cantidad de aplicaciones y el uso de productos que antes eran evitados, como el 2,4 D debido a la proliferación de malezas. Con estas tecnologías adop-

Herbicidas	1991/1992	2001/2002	2013/2014 (Litros)	Categoría toxicológica
2,4D 100%			2.303	II-Moderadamente peligroso
BANVEL GRANULADO			14	III-Ligeramente peligroso
TORDON 24 K				IV-Normalmente no presenta peligro
MCPA			311	II-Moderadamente peligroso
PEAK PACK				III-Ligeramente peligroso
HUSSAR			46,5	II-Moderadamente peligroso
TOPIK 24 E C				III-Ligeramente peligroso
ATRAZINA 50%			35	IV-Normalmente no presenta peligro
PIVOT-H				IV-Normalmente no presenta peligro
ACETO CLOR			200	II-Moderadamente peligroso
TWIN PACK				II-Moderadamente peligroso
GLIFOSATO				IV-Normalmente no presenta peligro
GRAMOXONE				II-Moderadamente peligroso
PRESIDESTATUS				IV-Normalmente no presenta peligro
CLORIMURON				IV-Normalmente no presenta peligro
FLUROCLORIDONA			200	IV-Normalmente no presenta peligro
RANGO			34	IV-Normalmente no presenta peligro
CLETO DIM			22	III-Ligeramente peligroso
SATARANE			20	IV-Normalmente no presenta peligro
<b>TOTAL</b>			<b>9.265</b>	

**Tabla 11.** Tipos de herbicidas utilizados para cada campaña y su categoría toxicológica.

■ Empleado en dicha campaña.

Fuente: elaboración personal a partir de Vazquez, (2004) y OMS, (2009).

tadas por el productor se producen cambios en las comunidades de malezas cambiando su densidad y frecuencia.

Se comprueba la existencia de malezas resistentes (*Digitaria insularis*, *Raphanus sativus*, *Brassica rapa* y *Conyza bonaerensis*) que tienen su origen en una conjunción de factores concurrentes como la siembra directa, escasas rotaciones, y un manejo volcado casi un 100% a un control químico indiscriminado que no siempre resulta eficaz si este actúa aislado de otros factores de manejo.

### Evolución de cantidades empleadas y de sus categorías toxicológicas

La tabla 10 representa el aumento en las cantidades de diversos productos fitosanitarios aplicados en las campañas 1991/1992, 2001/2002 y 2013/2014.

Por una parte, se observa que en la campaña 2013/2014 el uso de herbicidas aumentó más de 18 veces con respecto a 1991/1992, campaña en que se eliminan la ganadería y el laboreo del suelo. A partir de la campaña 2001/2002 el empleo de la siembra directa implica mayor uso de herbicidas para desmalezar por lo que aumenta exponencialmente la aplicación de herbicidas (2600%). No obstante, en 2013/2014 la cantidad disminuye 0,7 veces en relación con 2001/2002 factiblemente por la incorporación de la siembra de precisión.

Con respecto a los insecticidas, su uso se septuplicó y se triplicó en comparación a las cantidades utilizadas en 1991/1992 y 2001/2002, respectivamente.

Por otra parte, el uso de funguicidas en comparación a 1991/1992, aumentó más del doble, aunque con respecto a 2001/2002 disminuyó 0,8 veces.

Insecticida	1991/1992	2001/2002	2013/2014 (Litros)	Categoría toxicológica
CIPERMETRINA			75	II-Moderadamente peligroso
ENDOSULFAN			360	Ib-Altamente peligroso
LAMBDAIALOTRINA			141	II-Moderadamente peligroso
CLORPIRIFOS			598	II-Moderadamente peligroso
CLARTEX			200	II-Moderadamente peligroso
DIMETOATO				II-Moderadamente peligroso
METAMIDOFOS				Ia-Altamente peligroso
MONOCROTOFOS				Ia-Altamente peligroso
<b>TOTAL</b>			1.374	

**Tabla 12.** Tipos de insecticidas utilizados para cada campaña y categoría toxicológica.

■ Empleado en dicha campaña.

Fuente: elaboración personal a partir de Vazquez, (2004) y OMS, (2009).

Funguicidas	1991-1992	2001-2002	2013-2014 (Litros)	CATEGORÍA TOXICOLÓGICA*
TEBUCONA ZOLE			62	II-Moderadamente peligroso
SCENIC CURA SEMILLA			100	II-Moderadamente peligroso
RENASTE			63	II-Moderadamente peligroso
OPERA			499,5	II-Moderadamente peligroso
PLANET EXTRA			25	II-Moderadamente peligroso
REFLECT EXTRA			58,5	III-Ligeramente peligroso
ALLEGRO				IV-Normalmente no presenta peligro
DUETT				IV-Normalmente no presenta peligro
CARBENDA ZIM 50%				IV-Normalmente no presenta peligro
BUMPER				IV-Normalmente no presenta peligro
<b>TOTAL</b>			808	

**Tabla 13.** Tipos de funguicidas utilizados para cada campaña y categoría toxicológica.

■ Empleado en dicha campaña.

Fuente: elaboración personal a partir de Vazquez, (2004) y OMS, (2009).

En conclusión, en 23 años los insecticidas y funguicidas aplicados aumentaron 7 veces y 2,3 veces, respectivamente; y los herbicidas 18 veces; por lo cual se está generando resistencia en las especies, pérdida de biodiversidad y afectando la salud humana.

A su vez, pueden analizarse las variaciones entre las diversas campañas, respecto al tipo de fitosanitarios utilizados (tablas 11, 12 y 13). Por ejemplo, en cuanto a herbicidas aplicados en la campaña 2001/2002 aumentan los tipos de productos aplicados así como las cantidades aplicadas pero luego, en la campaña 2013/2014, disminuyen ambas variables. Las cantidades de productos insecticidas empleados, en cambio se mantienen constantes, aunque varían las marcas aplicadas para la última campaña anali-

zada. Con respecto a los funguicidas, aumentan los tipos de productos aplicados para los años 2001/2002 y se mantienen constantes para 2013/2014, si bien varían las marcas y cantidades de litros aplicados.

A partir del análisis de la variación de la toxicidad de los productos fitosanitarios, empleados en diferentes campañas en el área de estudio, es posible concluir que para 2013/2014 las cantidades de productos de categoría I (muy tóxicos) habían disminuido al igual que los fitosanitarios de categoría IV (cuidado). Sin embargo, la diferencia más notoria se presenta en los agroquímicos de categoría II (nocivo) no solo porque aumenta de 8 productos en 1991/1992 a 13 en 2013/2014, sino porque no representa el mismo riesgo un incremento de productos de categorías de baja

Productos fitosanitarios	
Fortalezas	Debilidades
Se realizan actividades de observación continuamente.	No se ha obtenido asesoramiento para la implementación de sistemas de Manejo Integrado de Plagas. Si bien se adoptan prácticas de producción que reducen la incidencia e intensidad de los ataques de plagas, se adopta como técnica preventiva la aplicación de productos químicos.
Se gestiona el caldo sobrante del tratamiento o los residuos de lavado de los tanques, de manera que no se comprometa la inocuidad alimentaria y el ambiente.	Solo se realizan intervenciones químicas a través de productos fitosanitarios específicos. Empleo de producto fitosanitario no autorizado en el país, el endosulfán.
El almacenamiento se realiza de acuerdo a disposiciones legales. Consejos sobre las cantidades y los tipos de productos fitosanitarios realizados por personal competente.	A partir de 2001/2002, la siembra directa sobre el rastrojo del cultivo anterior, sin roturar, implicó un mayor uso de herbicidas para desmalezar, por lo que aumento exponencialmente la aplicación de herbicidas.
Se conservan registros de todas las aplicaciones de productos fitosanitarios.	La manipulación y aplicación de estos químicos puede afectar la salud de los operarios ya que no siempre utilizan elementos preventivos correspondientes, no por falta de disponibilidad de estos.
Se han respetado los plazos de seguridad precosecha autorizados.	En 23 años los insecticidas y funguicidas aplicados aumentaron 7 veces y 2,3 veces, respectivamente; y los herbicidas 18 veces; por lo cual se está generando resistencia en las especies, pérdida de biodiversidad y afectando la salud humana. Aunque el uso de herbicidas y funguicidas disminuye, con respecto a 2002 factiblemente por la incorporación de la siembra de precisión. Aumento del uso de productos químicos más riesgosos o peligrosos para el combate de malezas resistentes.
Oportunidades	Amenazas
La implementación de BPA en este punto, redundaría en la disminución de la cantidad de productos fitosanitarios empleados, y por tanto en menores inversiones económicas por parte del productor. De esta manera, también mejora la eficiencia energética del establecimiento, puesto que disminuye la energía utilizada proveniente de combustibles fósiles. Posibilidad de obtener una menor dependencia de las empresas que regulan el comercio de productos fitosanitarios.	En general, en el país no se tiene en cuenta el empleo de estos productos solo como "línea final de defensa", no se tiene en consideración otros métodos de control. Inexistencia de controles estatales, provinciales o municipales que constaten que los productos fitosanitarios empleados se encuentran autorizados, que se dispone de registros de su aplicación y que los mismos den cuenta que las aplicaciones sean justificadas y las cantidades aplicadas las correspondientes.

Tabla 14. Matriz DAFO. Productos fitosanitarios.



Punto de control	Nivel de obligación	Cumplimiento	Valor por nivel de obligación
¿Se emplean solo productos fitosanitarios autorizados en el país para el cultivo a tratar?	Mayor	No	-6
¿Se han empleado productos fitosanitarios apropiados para el objetivo, de acuerdo con lo recomendado en la etiqueta del producto?	Mayor	Sí	6
¿Las cantidades aplicadas se mantienen estables?	Mayor	No	-6
¿Se gestiona el caldo sobrante del tratamiento o los residuos de lavado de los tanques, sin que se comprometa la inocuidad alimentaria y el ambiente?	Menor	Sí	4
¿Se almacenan según la legislación vigente?	Mayor	Sí	6
¿Los trabajadores que están en contacto con los productos fitosanitarios, reciben revisiones médicas anuales y voluntarias?	Recomendación	No	-2
<b>Rango</b>		<b>-30 a 30</b>	
<b>Valor asignado</b>		<b>2</b>	
<b>% de cumplimiento</b>		<b>6,67%</b>	
<b>Situación ambiental</b>		<b>Crítica</b>	

**Cuadro 5.** Situación ambiental. Productos fitosanitarios.

toxicidad, que normalmente no ofrecen peligro, que un incremento de productos peligrosos.

Entonces, si bien disminuyó la cantidad de químicos altamente peligrosos puede considerarse que ha aumentado a lo largo de las campañas analizadas el uso de productos químicos más riesgosos o peligrosos por lo cual debe considerarse el uso de productos fitosanitarios como un punto crítico.

## CONCLUSIONES

Por un lado, Si bien las BPA no significan un manejo agroecológico su puesta en marcha involucraría beneficios y haría posible situar al establecimiento en un primer nivel de una transición agroecológica puesto que tienden a incrementar la eficiencia de prácticas convencionales de producción. Como ejemplos pueden mencionarse: capacitación a los empleados y cuidados referidos a la seguridad e higiene, conservación de la flora nativa protegiendo las áreas de hábitats naturales, precisión en la aplicación de fertilizantes, dosis y frecuencia de aplicación adecuada de los agroquímicos (disminuyendo costos ambientales y económicos), selección de densidades óptimas de siembra y maquinaria con tecnología apropiada, aplicación de siembra por ambientes, entre otros.

Por otro lado, las BPA resultan un componente de competitividad, que permite al productor rural diferenciar su producto de los demás oferentes, con todas las implicancias económicas que ello hoy supone (mejores precios,

acceso a nuevos mercados, consolidación de los actuales, entre otros). Si bien estas prácticas no desafían al modelo actual, son un pequeño paso o motor en una transición agroecológica.

El establecimiento seleccionado presenta una situación ambiental óptima para la incorporación de BPA (postuladas por GLOBALG.A.P.) relacionadas con la gestión del suelo y el material de reproducción vegetal y una situación ambiental aceptable para la fertilización. En contraposición, su aptitud es crítica para la puesta en marcha de BPA concernientes a productos fitosanitarios y muy crítica para aquellas pertenecientes al punto de control de ambiente y conservación.

Las medidas llevadas a cabo podrían plasmarse dentro de un plan de gestión ambiental rural tendiente a un manejo sustentable de los recursos productivos que implique nuevas técnicas encaminadas a superar aquellos puntos considerados críticos a través de la puesta en marcha de BPA. Incorporar este instrumento de gestión, con enfoque sistémico, concedería competitividad a los agroecosistemas de la región y permitiría la adopción de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en el proceso de decisión relativo a la conservación, defensa, protección y mejora del ambiente.

Cabe mencionar como limitantes a su implementación la falta de incentivos y políticas estatales explícitas que impulsen prácticas y técnicas que combinen y aseguren la rentabilidad esperada por los productores, la conservación del ambiente y la seguridad y concientización de los tra-

bajadores. Debe garantizarse una innovación institucional con regulaciones que motive mayores transformaciones en pos de una agricultura sustentable.

Es importante que los productores comiencen a reconocer que la incorporación de la gestión ambiental en el negocio agropecuario cumple un triple propósito. Por un lado, favorece al productor porque facilita la conquista de nuevos mercados. Simultáneamente, favorece al ambiente debido a que permite la detección y corrección de los impactos desfavorables de las actividades agroindustriales. Por último, favorece al consumidor debido a que garantiza la inocuidad en el producto de consumo.

Se pretende, a partir de este trabajo preliminar referido a la aplicación de BPA analizar la posibilidad de transferencia y concientización de los productores agrícolas con el fin de generar tendencias hacia una transición agroecológica, ya que si bien estas prácticas aun contemplan situaciones a superar, es notable que también conllevan a menores impactos sobre el ambiente, tanto a nivel físico, como social y económico.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGENCIA INTERNACIONAL PARA LA INVESTIGACIÓN SOBRE CÁNCER. OMS. <http://www.iarc.fr>.
- ALTIERI, M.A. 2009. Agroecology, small farms, and food sovereignty. *Monthly review*, Vol. 61, N.º 3, pp. 102.
- ARREGUI, M.C.; BELDOMÉNICO, H.R.; CASSANO, A.E.; COLLINS, P.; GAGNETEN, A.M.; KLEINSORGE, E.C.; MAITRE, M.I. 2010. Informe acerca del grado de toxicidad del glifosato. Universidad Nacional del Litoral.
- BIOS. <http://bios.org.ar/>
- CÁMARA DE LA INDUSTRIA ARGENTINA DE FERTILIZANTES Y AGROQUÍMICOS (CAIFA). 2012. Evolución de la producción de granos y consumo de fertilizantes en Argentina (1991-2012). (Disponible: <http://www.ciafa.org.ar/>).
- CAMARERO, L.; GARCIA, C.; LAGE, I.; PINO, X. 2006. Medio ambiente y sociedad: elementos de explicación sociológica. Editorial Thomson. Madrid. pp: 384.
- CASAFE. 2011. Guía de Productos Fitosanitarios. 15.º Edición. Cámara de Sanidad Agropecuaria y fertilizantes. pp. 2000.
- CONESA FERNÁNDEZ, V.; ROS GARRO, V.; CONESA RIPOLL, V.; CONESA RIPOLL, L.A. 1995. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Mundi-prensa.
- DENZIN, N. 2012. Strategies of Multiple Triangulation. The research act: a theoretical introduction to sociological methods. *Triangulation 2.0. Journal of Mixed Methods Research*, Vol. 6, N.º 2, pp. 80-88.
- GLOBALG.A.P. 2013. Aseguramiento integrado de fincas. Módulo base para todo tipo de explotación agropecuaria. Módulo base para cultivos. Cultivos a granel. Puntos de control y criterios de cumplimiento.
- INTA. 1970. Carta de Suelos de la República Argentina. Buenos Aires.
- IZQUIERDO, J.; RODRÍGUEZ FAZZONE, M. 2006. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). En busca de sostenibilidad, competitividad y seguridad alimentaria. FAO.
- FNUAP. 1991 Fondo de Población de las Naciones Unidas. La población y el medio ambiente: los problemas que se avecinan. pp. 44.
- FONTANETTO, H.; KELLER, O. 2003. Consumo y manejo de nutrientes de las rotaciones de cultivos. 11.º Congreso de AA-PRESID. Rosario.
- MARASAS, M.; CAP, G.; DE LUCA, L.; PÉREZ, M.; PÉREZ, R. 2012. El camino de la transición agroecológica. Ediciones INTA.
- MARTELLOTTI, E.; SALAS, H.; LOVERA, E. 2001. ¿Soja, al monocultivo? *Revista Fertilizar*, N.º 24, pp. 18-22.
- LANFRANCONI, L.E.; BRAGACHINI, M.A.; PEIRETTI, J.; SÁNCHEZ, F.R. 2012. El avance de las malezas resistentes a herbicidas en los sistemas agrícolas ¿Podremos controlarlas?
- OZKAN, B.; KURKLU, A.; AKCAOZ, H. 2004. An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. *Biomass & Bioenergy*, N.º 98, pp. 89-95.
- PAPA, J.C.; TUESCA, D. 2012. El doble golpe como táctica para controlar malezas "difíciles". Características de una técnica poco comprendida. Ediciones INTA. Centro Regional Santa Fe, Estación Experimental Agropecuaria INTA Oliveros.
- PAPA, J.C.; TUESCA, D.; NISENSOHN, L. 2010. Control tardío de rama negra (*Conyza bonariensis*) sobre individuos sobrevivientes a un tratamiento previo con glifosato. Ediciones INTA. Centro Regional Santa Fe, Estación Experimental Agropecuaria INTA Oliveros.
- PIMENTEL, D.; BERARDI, G.; FAST, S. 1990a. Energy efficiencies of farming wheat, corn, and potatoes organically. En: *Organic farming current technology and its role in a sustainable agriculture*. ASA, N.º 46. Segunda edición. American Society of Agronomy- Crop Science Society of America-Soil Science Society of America. Madison. EE. UU. N.º 12, pp. 151-161.
- PORDOMINGO, A.J. 2003. Gestión ambiental en el feedlot. Guía de buenas prácticas. INTA Anguil, pp. 90.
- RED DE RECONOCIMIENTO DE MALEZAS RESISTENTES (REM). 2013. Alerta por el fuerte avance de las malezas. (Disponible: <http://www.aapresid.org.ar/rem/alerta-por-el-fuerte-avance-de-las-malezas/> verificado: 26 de septiembre de 2016).
- RODRÍGUEZ, J. 2012. Los cambios en la producción agrícola pampeana. El proceso de sojización y sus efectos. *Voces en el Fénix*, Vol. 12, pp. 15-21.
- SÁNCHEZ, R.; ZULAICA, L. 2002. Ordenamiento morfoedáfico de los sistemas ecológico-paisajísticos del partido de Tandil (Provincia de Buenos Aires). *Contribuciones Científicas, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos*, vol. 63, Buenos Aires, pp. 387-402.
- SARANDÓN, S.J.; MARASAS, M.; DIPIETRO, F.; MUIÑO, A.B.; OSCARES, E. 2006. Evaluación de la sustentabilidad del manejo de suelos en agroecosistemas de la provincia de La Pampa, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Revista brasileira de agroecologia*.
- SARANDÓN, S.J. 2013. Análisis del uso de agroquímicos asociado a las actividades agropecuarias de la provincia de Buenos Aires. (Disponible: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/54451> verificado: 04 de noviembre de 2016).
- SARANDÓN, S.J.; FLORES, C.C. 2014. Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. Colección libros de cátedra. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. pp. 131-158.
- SATORRE, E.H. 2005. Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual. *Ciencia Hoy*, 15 (87): 24-31.
- SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA (SENASA). 2010. Programa Buenas Prácticas Agrícolas. Unidad de Gestión Ambiental. Capital Federal. (Disponible: <http://www.senasa.gov.ar/>).
- SOMOZA, A.; VAZQUEZ, P.; RUIZ, D. 2015a. Conservación y uso sostenible de la biodiversidad en un establecimiento rural

representativo del partido de Tandil. Provincia de Buenos Aires, Argentina. (Disponible: <http://memoriasocla.agro.unlp.edu.ar/pdf/A2-218.pdf> verificado: 29 de septiembre de 2016).

TALANCÓN, H.P. 2007. La matriz FODA: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones. *Enseñanza e investigación en psicología*, 12(1), pp. 113-130.

VAZQUEZ, P. 2004. Comparación temporal de la sustentabilidad de dos modalidades de producción agrícolas (Tandil, Argentina). Tesis de Licenciatura en Diagnóstico y Gestión Ambiental, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil, Argentina.

VAZQUEZ, P.; SACIDO, M.; ZULAICA, L. 2012. Transformaciones agroproductivas e indicadores de sustentabilidad en la Cuenca del río Quequén Grande (Provincia de Buenos Aires, Argentina) durante los periodos 1988-1998 y 1998-2008. *Revista Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada*, n.º 50, pp. 88-119.

VAZQUEZ, P.; SACIDO, M.; ZULAICA, L. 2012. Técnicas de análisis para el ordenamiento territorial de cuencas agropecuarias: Aplicaciones en la Pampa Austral, Argentina. *Scripta Nova*. Vol. xvi. pp. 1-19. Barcelona. (Disponible: <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-392.htm> verificado: 03 de septiembre de 2016).

VAZQUEZ, P.; ZULAICA, L. 2012. Transformaciones agroproductivas e indicadores de sustentabilidad en el Partido de Tandil (Provincia de Buenos Aires) durante los periodos 1988-2002 Y 2002-2010. *Revista Campo-Territorio*. Vol. 7, N.º 13, pp. 5-39.

VAZQUEZ, P.; ZULAICA, L. 2014. Agriculturization and impacts in a representative area of the Ecoregion of the Pampas, Argentina. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium*, Ituiutaba 5 (1), pp. 20-45.

VAZQUEZ, P.; ZULAICA, L.; REQUESENS, E. 2016. Análisis ambiental de los cambios en el uso de las tierras en el partido de Azul (Centro Bonaerense). *Revista Agriscientia*. Vol. 33, N.º 1. pp. 1-12. (Disponible: <http://www.agriscientia.unc.edu.ar/volumenes/> verificado: 03 de septiembre de 2016).

VAZQUEZ, P.; ZULAICA, L.; BENAVIDEZ, B. 2017. Agriculturización e impactos ambientales en el partido de Necochea, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Raega - O Espaço Geográfico em Análise*. Vol 39 (en prensa).

VIGLIZZO, E. 2007. Desafíos y oportunidades de la expansión agrícola en Argentina. En: MARTÍNEZ ORTIZ, U. (Ed.). *Producción Agropecuaria y Medio Ambiente. Propuestas Compartidas para su Sustentabilidad*. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires, pp. 12-42.

VIGLIZZO, E.F.; PORDOMINGO, A.J.; CASTRO, M.G.; LÉRTORA, F. 2003. Environmental assessment of agriculture at a regional scale in the pampas of Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment, Center for Research on Sustainable Forests, University of Maine*, pp. 169-195,

ZUBILLAGA, M.M.; ZUBILLAGA, M.S. 2008. ¡Qué caro cosechar nutrientes! *Encrucijadas* N.º 46. (Disponible: <http://www.uba.ar/encrucijadas/46/sumario/enc46-quecaro.php> verificado: 05 de octubre de 2017).

## ANEXO



**Figura 1.** Agricultura de precisión en el establecimiento rural.

*Fuente:* Jornadas de UAVs (Aviones no tripulados) para la aplicación en agricultura de precisión. Estancia Laura Leufú. Coord.: Vazquez, (2010).

<b>Densidades de siembra. Campaña 2 0 1 3/2 0 1 4</b>					
<b>Girasol</b>					
Híbrido	Sy 3960 CLAO	NTO 1.0 CL AO		Dk 3945 AO	
Envase	18000	18000		18000	
Calibre	G 3	G 3		G 3	
Sem x Ha	60000	65000		58000	
<b>SOJA 1.<sup>a</sup></b>					
Variedad	SPS3900	DM 3810 RR	DM 3312	DM 2200 RR	N 2018 RR
Sem x m c/pérdida	14	15	14	19	19
Plantas para lograr	300000	300000	320000	380000	400000
Peso 1000 semillas	0,175	0,15	0,14	0,16	0,16
Kg x Ha + 25%	60	52	63	80	78
<b>SOJA2.<sup>a</sup></b>					
Variedad	D.M.3810	SPS 3900	D.M.2200	NID.2018	
Distan. entre surcos	20	20		20	
Plantas para lograr	400000	540000		530000	
Peso 1000 semillas	150 grs	175 grs	160grs	160 g	
Kg x Ha	80	100	112	112	
<b>MAÍZ</b>					
Híbrido	Dk 670 mg	Dk 670 rr	Pioneer 1778	39 B 77	
Envase	80000	73000	72000	80000	
Sem x Ha	72000	73000	72000	76000	
<b>TRIGO</b>					
Variedad	SYNGENTA 200	BAGUETTE 9	METEORO	SYNGENTA 300	
Período siembra	25/06 - 05/07	02/07 - 10/07	5/07 - 10/07	20-06 - 1-07	
Energía y P.G.	0,99	0,9	0,97		
Plantas x m*	310	330	330		
Peso 1000	39	43	40		
Kg x Ha	140	160	140	150	

**Tabla 15.** Registro de densidades de siembra de algunos cultivos (girasol, soja 1.<sup>a</sup>, soja 2.<sup>a</sup>, maíz y trigo) y las variedades empleadas en el establecimiento durante la campaña 2013/2014.

*Fuente:* Cuadernos de campo del establecimiento (2014).



LOTE	HA	2010 - 2011						2011 - 2012				
		Trigo	Cebada	Alpiste	Maíz	Girasol	Soja	Trigo	Cebada	Alpiste	Maíz	Girasol
1	85	30				43	12	12			36	
2	50						50	50				
3	80	41			21		18	18				64
4	26	6				21			4		10	
5	31					11	21	21			11	
6	37	38							28		11	
7	32	32							24		10	
8	125					34	91	31	58		3	
9	86					41	45	31	33		24	
10	97	83				16					16	83
11	73					73		73				
12	78					84		45			39	
13	107		46			30	31			39	35	
14	65					8	59			57	10	
15	110	35	15	52	8							60
16	117		100		21							21
17	40	40									6	
18	43	39					4		6		35	
19	97	17			28		52		54		43	
20	80	13			20		48		52		24	
21	52			24			26		13		37	
22	16											
23	120	103				20						103
24	18		16									16
26	20					20			20			
27	72		13		26		33		33			
28	92		60		33							35
29	70		72									
30	97	18	21			56		10			60	18
31 Cu	70						67		59		6	
32 Ac	37		38									
33 Cu	21						21		11		10	
34 Mo	24						23		11		12	
35 B	34					34		34				
36 Mo	48					48		48				
<b>TOTAL</b>	<b>2250</b>	<b>495</b>	<b>381</b>	<b>76</b>	<b>157</b>	<b>539</b>	<b>601</b>	<b>373</b>	<b>406</b>	<b>96</b>	<b>438</b>	<b>400</b>

**Tabla 16.** Rotaciones realizadas en el campo de estudio a partir de la campaña 2010/2011 hasta la campaña 2013/2014.

*Fuente:* Cuadernos de campo del establecimiento (2014).

Soja	2012 - 2013							2013 - 2014						
	Colza	Trigo	Cebada	Alpiste	Maíz	Girasol	Soja	Colza	Trigo	Cebada	Alpiste	Maíz	Girasol	Soja
42			42				41		42			43		
							50			50				
		44			15		21							80
14			18				10		18			10		
							31		21			11		
							38			38				
							31			32				
34							92	25	40	52				30
					24	63				63				24
			83		6									89
							73		73					
							75		57			18		
33				34		38	40		38			45	34	
							56		56					
52			100		8								100	8
100			100		21									121
34			34				6					6		34
4						6	35			6		35		
					35	61				61				36
					14	45	21			45		10		25
						13	37			13	26	12		11
11			11											11
20			103				18		103					20
			16											16
						20					20			
39			13		18	33	7			33				37
60	18		42		35				18				77	
72		57	13											70
21		21	18		10	9	36			9		36		48
		60					40						68	
37			37											37
							21						21	
		11					12						23	
							32		34					
	40						8							48
<b>573</b>	<b>58</b>	<b>193</b>	<b>630</b>	<b>34</b>	<b>186</b>	<b>505</b>	<b>639</b>	<b>0</b>	<b>500</b>	<b>402</b>	<b>46</b>	<b>226</b>	<b>323</b>	<b>745</b>

FUMIGACIÓN - BARBECHOS Y							
Fecha	Lote	Hectáreas	Cultivo antecedente	Cultivo	Litros por hectárea	Glifosato	Litros por hectárea
2-dic	19y20	47	maiz	soja	0	0	0
2-dic	28y16	34	maiz	soja	0	0	0
3-dic	27	15	maiz	soja	0	0	0
3-dic	3	10	maiz	soja	0	0	0
9-dic	9-10y30	54	maiz	soja	1,5	81	0
9-dic	20y21	24	soja	maiz	1,3	31,2	0
10-dic	13y12	42	soja	maiz	1,3	54,6	0
10-dic	30y12	52	soja	maiz	1,3	67,6	0
10-dic	5y1	26	soja	maiz	1,3	33,8	0
10-dic	5y1	30	soja	maiz	1,3	39	0
10-dic	30y12	25	soja	maiz	1,3	32,5	0
10-dic	12	4	soja	soja	1,3	5,2	0
11-dic	8	31	soja	soja	1,5	46,5	0
11-dic	10y30	101	ceb/soj sda	soja	0,9	90,9	0
20-dic	30-9y10	12	maiz	soja	0	0	0
20-dic	16y28	5	maiz	soja	0	0	0
20-dic	19y20	4	maiz	soja	0	0	0
20-dic	3y27	7	maiz	soja	0	0	0
20-dic	32	40	ceb/soj sda	soja	2	80	0
20-dic	17ycalle	5	ceb/soj sda	soja	2	10	0
26-dic	3	66	soja2-maiz	soja	1,5	99	0
26-dic	6-7y8	24	girasol	soja	1,5	36	0
26-dic	4	18	soja sda	soja	1,5	27	0
27-dic	1	42	soja sda	soja	1,5	63	0
27-dic	36	50	soja sda	soja	1,5	75	0
28-dic	29	73	soja sda	soja	1,5	109,5	0
30-dic	27y30	34	soja sda	soja	1,5	51	0
31-dic	28y16	34	maiz	soja	1,8	61,2	0
31-dic	19y20	47	maiz	soja	1,8	84,6	0
31-dic	29y10	8	soja sda	soja	0	0	0
31-dic	8	4	soja	soja	0	0	0
31-dic	9	64	girasol	soja sda	1,5	96	0
31-dic	27	34	girasol	soja sda	1,5	51	0
Totales		1066				1325,6	

**Tabla 17.** Ejemplo de registro de aplicación fitosanitaria, diciembre de 2013.

*Fuente:* Cuadernos de campo del establecimiento (2013).

CULTIVOS - DICIEMBRE 2013						
Banvel	Litros por hectárea	Basagran	Litros por hectárea	Clopirifos	Litros por hectárea	Rango
0	0	0	0	0	0,3	14,1
0	0	0	0	0	0,3	10,2
0	0	0	0	0	0,3	4,5
0	0	0	0	0	0,3	3
0	0	0	0	0	0	0
4,8	0	0	0	0	0	0
8,4	0	0	0	0	0	0
10,4	0	0	0	0	0	0
5,2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0,4	12,4	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,4	4,8
0	0	0	0	0	0,4	2
0	0	0	0	0	0,4	1,6
0	0	0	0	0	0,4	2,8
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0,4	26,4	0	0
0	0	0	0,4	9,6	0	0
0	0	0	0,4	7,2	0	0
0	0	0	0,4	16,8	0	0
0	0	0	0,4	20	0	0
0	0	0	0,4	29,2	0	0
0	0	0	0,25	8,5	0	0
0	0	0	0,4	13,6	0	0
0	0	0	0,4	18,8	0	0
0	1	8	0	0	0	0
0	1	4	0	0	0	0
0	0	0	0,4	25,6	0	0
0	0	0	0,4	13,6	0	0
28,8		12		201,7		43



# Edición génica: una oportunidad para la región

FEINGOLD, S.E.<sup>1</sup>; BONNECARRÈRE, V.<sup>2</sup>; NEPOMUCENO, A.<sup>3</sup>; HINRICHSEN, P.<sup>4</sup>; CARDOZO TELLEZ, L.<sup>5</sup>; MOLINARI, H.<sup>3</sup>; BARBA, P.<sup>4</sup>; EYHERABIDE, G.<sup>1</sup>; CERETTA, S.<sup>2</sup>; DUJACK, C.<sup>5</sup>

La selección de genotipos superiores -plantas o animales- depende de la existencia de diversidad genética. La variabilidad genética natural generada a lo largo de la evolución como producto de mutaciones, poliploidización y recombinación genética ha sido aprovechada por los programas de mejoramiento genético con el objetivo de generar materiales adaptados a la producción agrícola. Sin embargo, en algunos cultivos esta variabilidad se ha ido reduciendo como consecuencia inevitable de la selección de individuos con características favorables. Distintas tecnologías han posibilitado la reintroducción de variabilidad a partir de cruzamientos (intra- o inter-específicos e intergénicos), la inducción de mutaciones y, más recientemente, la ingeniería genética. Estas técnicas son herramientas básicas en el mejoramiento porque contribuyen a enriquecer el sustrato sobre el que se ejerce la selección antrópica.

Hace más de 20 años la ingeniería genética abrió la posibilidad de superar las barreras a la hibridación para incorporar genes provenientes de cualquier organismo, incluso de diferentes reinos, generando organismos genéticamente modificados (OGM) también denominados transgénicos<sup>1</sup>. Desafortunadamente, esta técnica no ha rendido todo su potencial. Probablemente, los principales factores que pueden explicar este hecho son: i) la existencia de genotipos o especies recalcitrantes para ser transformados o regenerados *in vitro*, ii) la aleatorización en el genoma del

sitio y el número de copias de los transgenes, con efectos de posición impredecibles, iii) la limitación en los caracteres (“*traits*”) objeto de la transformación difundidos para su uso (principalmente, tolerancia a herbicidas y a insectos), y iv) el estricto, largo y costoso proceso de desregulación para habilitar la comercialización de OGM<sup>2</sup>. Sin embargo, a pesar de los estrictos requerimientos regulatorios, los transgénicos no han podido evitar una percepción pública adversa en ciertos ámbitos.

Recientemente, surgió una nueva herramienta basada en ingeniería genética, denominada edición génica (EG). La EG posee el potencial de realizar modificaciones en la secuencia de ADN dirigidas a genes específicos para alterar su expresión (silenciarlos o sobre-expresarlos), reemplazar alelos (introduciendo alelos favorables) o introducir transgenes en sitios específicos del genoma. En los primeros dos casos, la EG no incorpora secuencias foráneas de ADN por lo que los productos desarrollados por EG son indistinguibles de los generados por mejoramiento convencional.

La EG constituye un avance significativo en las tecnologías de modificación genética con un consecuente impacto en el aumento de la variabilidad.

Se estima que esta técnica puede reducir drásticamente los tiempos del mejoramiento y producir una ventaja radical en la generación de animales y plantas mejoradas, debido a su menor costo y mayor accesibilidad. Además, en cultivos de reproducción agámica como la papa, el banano, la yuca, la caña de azúcar o la vid, entre otros, la utilización de la EG

<sup>1</sup>En realidad, la terminología OGM es muy vaga, ya que otras tecnologías (no necesariamente bio-tecnologías) pueden modificar los genomas (por ejemplo, cruzamientos inter-específicos). Se prefiere el término “transgénico” que describe adecuadamente la presencia de un gen proveniente de otro organismo, que no podría haber sido obtenido sino por técnicas de ingeniería genética. Igualmente, a los efectos de este artículo, se usa indistintamente OGM y transgénico.

<sup>2</sup>Este tercer factor ha contribuido a que los denominados “desarrollos biotecnológicos” hayan estado concentrados en unas pocas empresas de presencia mundial, con escasa participación relativa de entidades de investigación pública (Universidades, INIAs).

\*Programa Cooperativo para el Desarrollo Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (PROCISUR) - Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina. Correo electrónico: feingold.sergio@inta.gov.ar

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay (INIA), Uruguay.

<sup>3</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Brasil.

<sup>4</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chile.

<sup>5</sup>Instituto Paraguayo de Tecnología Agrícola (IPTA), Paraguay.

puede modificar sustancialmente el esquema de los programas de mejoramiento, ya que permitiría realizar mejoras incrementales sobre genotipos establecidos y adaptados (élite).

Los avances en la secuenciación de genomas de importancia agropecuaria junto con la identificación de los genes, sus funciones y regulaciones se presentan como un requisito previo para la selección de las secuencias objetivo cuyo cambio de expresión -realizado por la EG- tendrá un impacto deseado en el fenotipo. Además, disponer de las secuencias de genomas completos de buena calidad permite prevenir la eventual ocurrencia de cambios realizados por la maquinaria de EG en regiones no deseadas (denominadas "off target"). Asimismo, se revaloriza el conocimiento de las variantes alélicas de origen natural y su impacto en el fenotipo, ya que a partir de esta información se puede dirigir el reemplazo alélico en variedades y razas ya mejoradas, con el objetivo de eliminar de las poblaciones de mejoramiento alelos deletéreos y enriquecerlas en alelos deseados.

### MARCO CONCEPTUAL DE LA EDICIÓN GÉNICA

La edición génica permite la mutación de regiones específicas del genoma a través de una nucleasa específica de ADN -orientada por una guía proteica (ZFN, TALEN) o de ARN (CRISPR)- que provoca cortes en una doble cadena. Estos cortes son reparados por la propia maquinaria celular con la posibilidad de introducir errores (deleciones o inserciones) que alteran regiones promotoras o el marco de lectura, provocando el virtual "apagado" del gen en cuestión. Alternativamente, es también factible la eliminación de toda la secuencia codificante de un gen.

Asimismo, mediante la unión de extremos homólogos es posible introducir un fragmento de ADN con la secuencia de la región codificante del gen alterada, produciendo un "recambio alélico" o un cambio en la expresión del mismo, si el cambio apunta a secuencias de la región reguladora. De manera análoga, esta técnica permite crear sitios específicos de inserción para uno o más transgenes.

La maquinaria de EG produce cambios en el ADN de una célula, lo que requiere generar un organismo completo derivado de la misma. En aplicaciones en animales, esto se resuelve a través de micro-inyecciones en óvulos o en los primeros estadios embrionarios que luego son implantados. En plantas, sin embargo, es necesario poder regenerar una planta completa a partir de esa célula, una capacidad dependiente de genotipo. Asimismo, al no existir mecanismo de selección a antibióticos o herbicidas -como ocurre en el desarrollo de transgénicos- es fundamental contar con un método rápido y efectivo de identificación de las plantas regeneradas cuyo genoma ha sido editado. Estas limitaciones, refuerzan la necesidad de contar con capacidades en cultivo *in vitro* y regeneración de células animales y vegetales.

### REGULACIÓN DE DESARROLLOS DERIVADOS DE LA EDICIÓN GÉNICA

La posibilidad de generar modificaciones en la secuencia de ADN en ausencia de secuencias genéticas foráneas ha

determinado, en algunos países de la región, que los organismos mejorados por EG no presenten requisitos regulatorios especiales como los OGMs para su comercialización, y, a su vez, estén sometidos a las mismas regulaciones que los obtenidos por técnicas convencionales de mejoramiento. En este sentido, la Resolución 173/15 del 18 de mayo del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Argentina establece: "Para que un cambio genético sea considerado una nueva combinación de material genético, se analizará si se ha producido una inserción en el genoma en forma estable y conjunta de UNO (1) o más genes o secuencias de ADN que forman parte de una construcción genética definida"<sup>3</sup>. Otros países como Brasil<sup>4</sup> y Chile<sup>5</sup> se han sumado a este concepto con sendas resoluciones. Adicionalmente, países como Uruguay, Paraguay y Colombia están avanzando en el mismo sentido. Esta armonización en la regulatoria regional se fortalece a través de la declaración de la XXXV Reunión ordinaria del Consejo Agropecuario del Sur (CAS) sobre Edición Génica<sup>6</sup>. Recientemente, Argentina realizó una declaración<sup>7</sup> ante la OMC presentando principios que proporcionan enfoques regulatorios funcionales, basados en ciencia y consistentes con las obligaciones comerciales internacionales. Esta presentación fue acompañada por Australia, Brasil, Canadá, Colombia, Estados Unidos, Guatemala, Honduras, Jordania, Paraguay, República Dominicana, Uruguay, Vietnam, y la Secretaría de la Comunidad Económica de Estados de África Occidental<sup>8</sup>.

En particular, se espera que el disputado escenario de la propiedad intelectual de esta técnica no sea restrictivo a la innovación por parte de pequeñas y medianas empresas y de organizaciones de I+D públicas (universidades, INIAs), fomentando el desarrollo de empresas de base biotecnológica sustentadas por el conocimiento de los genomas y de la funcionalidad y diversidad alélica de los genes con impacto en el fenotipo.

### OPORTUNIDADES DE LA BIOTECNOLOGÍA VEGETAL VÍA EDICIÓN GÉNICA

La EG se ha realizado de manera experimental con éxito en una serie de importantes cultivos agrícolas, como arroz, maíz, soja, papa, cebada, sorgo y trigo, así como también

<sup>3</sup><http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/245000-249999/246978/norma.htm>

<sup>4</sup>[http://www.lex.com.br/legis\\_27603963\\_RESOLUCAO\\_NORMATIVA\\_N\\_16\\_DE\\_15\\_DE\\_JANEIRO\\_DE\\_2018.aspx](http://www.lex.com.br/legis_27603963_RESOLUCAO_NORMATIVA_N_16_DE_15_DE_JANEIRO_DE_2018.aspx)

<sup>5</sup> <http://www.sag.gob.cl/ambitos-de-accion/aplicabilidad-de-resolucion-ndeg-15232001-en-material-de-propagacion-desarrollado-por-nuevas-tecnicas-de-fitomejoramiento>.

<sup>6</sup><http://consejocas.org/wp-content/uploads/2018/09/XXXVI-RO-CAS-Declaración-II.-Técnicas-de-Edición-Génica.pdf>

<sup>7</sup><https://docs.wto.org/dol2fe/Pages/SS/directdoc.aspx?filename=q:/G/SPS/GEN1658R2.pdf>

<sup>8</sup><http://www.iica.int/es/prensa/noticias/argentina-presenta-ante-la-omc-la-declaracion-C3%B3n-internacional-sobre-aplicaciones>

en especies forestales como álamo. Esto ha permitido la modificación de diversos rasgos de interés agrícola como la resistencia a herbicidas, la tolerancia a enfermedades y sequía y la modificación de la composición química y/o nutricional de los productos de cosecha. En este último aspecto, es interesante remarcar que hay una tendencia al mejoramiento de rasgos fenotípicos en beneficio del consumidor (calidad nutricional, composición química), el procesamiento de la materia prima (calidad industrial), la sostenibilidad de los sistemas a través de una mayor eficiencia en el uso de recursos y un menor uso de agroquímicos.

Algunos ejemplos de desarrollos de EG en la región orientados al beneficio del consumidor y a la mejora de la calidad nutricional involucran el control del pardeamiento oxidativo en tubérculos de papa, manzanas, extractos de caña y vides a través de la pérdida de función de polifenoloxidasas. Otros proyectos apuntan a la disminución de compuestos anti-nutricionales en granos de soja y tubérculos de papa; en éstos últimos incrementando además el mantenimiento de la calidad durante el almacenamiento, un factor con impacto en la industria.

Desde el punto de vista de sostenibilidad ambiental, en los distintos países de la región se está trabajando en eficiencia de uso del agua y resistencia a la sequía en soja, papa, arroz, frijol, sorgo, maíz y pasturas; así como en el incremento de la resistencia genética de soja, trigo, arroz y especies forrajeras frente a enfermedades fúngicas, desarrollos que impactarán positivamente en una disminución de fungicidas.

## DESAFÍOS EN BIOTECNOLOGÍA ANIMAL

La EG en animales tiene un gran potencial para favorecer la producción de alimentos. Se pueden promover los alelos, genes o mutaciones deseables que se encuentran en baja frecuencia en una población mediante edición génica, aumentando la proporción de individuos que muestran el rasgo deseado, haciéndolos disponibles para el mejoramiento animal. Además, las características genómicas asociadas con fenotipos favorables únicos a otras razas o subespecies pueden incorporarse con precisión en el genoma de la especie de interés para promover una mejor producción y calidad de los alimentos, así como favorecer el bienestar animal.

A través de la adición de mutaciones simples pero precisas, la EG ofrece la oportunidad de generar animales que producen leche de mejor calidad nutricional -como aquella con mayor proporción de ácido linoleico conjugado y de proteínas beneficiosas para la salud humana-, o, con inhibición en la secreción de proteínas alergénicas como la  $\beta$ -lactoglobulina. Por otro lado, también se puede favorecer la introgresión de genes o alelos favorables. Recientemente, el alelo dominante *polled* -responsable de la ausencia de cuernos, común en razas británicas como Angus- se introdujo vía EG en células provenientes de un bovino con cuernos y, después de la producción de clones de embriones, se generaron animales homocigotos para la ausencia

de cuernos. Con la introgresión de este alelo se evita el desmochado químico o "al hierro" realizado en los primeros meses de vida en terneros de razas lecheras, contribuyendo al bienestar de los animales y al manejo del rodeo. Asimismo, el carácter homocigótico de dicho gen en los animales editados asegura que la progenie derivada del semen de los mismos conserve el carácter deseado.

Recientemente se ha reportado la generación de resistencia al virus del síndrome respiratorio y reproductivo de los porcinos (PPRSV) a través de la edición del gen que codifica para un receptor de superficie de las células, que es necesario para que el virus desencadene la infección. Si bien estos desarrollos son aún incipientes, abren la posibilidad de identificar genes de "susceptibilidad" a enfermedades virales y bacterianas para la generación de animales genéticamente resistentes, con el consiguiente impacto en la disminución de tratamientos antimicrobianos.

Los avances en los estudios genómicos y fenotípicos pueden guiar la EG para características poligénicas complejas, como las asociadas con tolerancia al calor y resistencia a parásitos como las garrapatas. Los microorganismos ruminales también pueden ser editados para mejorar la digestibilidad o reducir la producción de gas metano asociado con el efecto invernadero. En tanto, los rasgos de rusticidad perdidos con la selección fenotípica podrían reintroducirse en el genoma de razas mejoradas y aumentar así la variabilidad en la población.

Otra aplicación de la EG es la generación de animales para modelo de estudios de la salud humana o para la producción de biofármacos. A modo de ejemplo, los cerdos muestran una gran semejanza fisiológica y metabólica con los seres humanos y podría editarse su genoma para servir como modelo para estudios de enfermedades humanas, tales como fibrosis quística y cardiopatías, y para la producción de órganos "humanizados" para su uso en xenotransplantes.

## ANÁLISIS PROSPECTIVO Y OPORTUNIDADES PARA LA REGIÓN

La edición génica (considerada un "nueva técnica de mejoramiento" o NBT, por sus siglas en inglés) representa una oportunidad sin precedentes para el desarrollo de genotipos mejorados, tanto animales como vegetales que mejoren la productividad y la sostenibilidad de nuestros sistemas productivos, generando desarrollos de mayor calidad nutricional e industrial y con valor agregado. Esta tecnología constituye una potencial revolución tecnológica, debido no solo a sus particulares ventajas técnicas sino a la posibilidad de introducir modificaciones genéticas con alta eficiencia e inusitada velocidad, toda vez que se tenga instalada una plataforma de capacidades, se elija adecuadamente las características que se desean mejorar y se disponga del germoplasma élite adecuado. Al mismo tiempo, como fuera mencionado, varios países de la región han considerado que los productos de la EG serían equi-

valentes a los obtenidos por mejoramiento convencional y requerirían de la misma evaluación de los criterios de novedad, estabilidad y homogeneidad, como cualquier nuevo cultivar a ser registrado y protegido, lo que facilitaría su llegada a la producción y al mercado.

Como ventaja adicional, las posibilidades de innovación se multiplican y potencian en función del entendimiento de los genomas, los genes, su regulación y finalmente su impacto en el fenotipo. Esto plantea un escenario donde el conocimiento es la llave principal para los desarrollos innovadores y no dependientes de la propiedad intelectual de un gen, como es el caso de los OGMs tradicionales.

En este escenario, y considerando la importancia global de la región en la producción de alimentos, se considera que los INIAs del PROCISUR junto a otras instituciones de investigación públicas, como las universidades, tienen un rol fundamental para lograr una adecuada colaboración horizontal en el desarrollo e implementación de la EG en toda la región, rescatando el espíritu de cooperación entre los países y promoviendo la colaboración público-privada y la potencial creación de empresas de base biotecnológica. Así también, es necesario (re)crear las instancias para estimular la integración técnica en toda la cadena, desde quienes dominan las técnicas de ingeniería molecular (EG, en este caso) hasta los genetistas y fito -y zoo- mejoradores con su papel protagónico en definir los caracteres y los genotipos de mayor interés que serán la base de los

proyectos de generación de variabilidad a ser utilizada en los programas de mejoramiento. Por último, y en base a las lecciones aprendidas en el pasado, es fundamental el involucramiento de los consumidores e industria como destinatarios finales de los productos derivados de la EG, cuya aceptación es un requisito básico.

Finalmente, cabe destacar que sería deseable desarrollar proyectos que resuelvan problemas propios de la región o de cada país. Por ejemplo, mejorar características de calidad de postcosecha en frutas o productos que deban viajar hasta mercados lejanos, desarrollar u optimizar sistemas de defensa de plagas y enfermedades endémicas y/o cuarentenarias, entre otros. Así también, se debería considerar a las especies nativas o "huérfanas", y su potencial impacto en los aspectos socio-económico y productivos.

*\*Este documento fue originado durante la "Primera Reunión del Núcleo de Estudio de Nuevas Técnicas de Mejoramiento Genético" del PROCISUR, realizada en Montevideo entre el 25 y 26 de agosto de 2017 y redactado, en versiones corregidas, entre esa fecha y el 16 de noviembre de 2018.*

*Agradecimientos: El Núcleo de Estudio de Nuevas Técnicas de Mejoramiento Genético agradece a Cecilia Gianoni, Secretaria Ejecutiva del Procisur, por el apoyo brindado en la ejecución de este documento y a los investigadores Gabriela Massa y Nicolás Mucci por la lectura crítica del mismo.*



**Revisión sobre el origen y el desarrollo de la producción de caprinos de angora en Argentina**

Mueller, J.P.; Taddeo, H.R.; Abad, M. I.; Debenedetti, S.

**Métodos de colocación de fósforo en trigo y maíz bajo siembra directa en el sudeste bonaerense**

Barbieri P. A.; Echeverría H. E.; Saíenz Rozas, H. R.

**Crecimiento y rectitud del fuste de orígenes geográficos de *Corymbia* spp. en la Mesopotamia Argentina**

López, J. A.; Vera Bravo, C.D.

**El forraje verde hidropónico como una alternativa productiva en Patagonia Sur: Productividad y calidad nutricional de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare*)**

Birgi, J. A.; Gargaglione, V.; Utrilla, V.

**Clasificación geográfica de propóleos de Tucumán utilizando parámetros físico químicos y análisis quimiométrico**

Maldonado, L.M.; Borelli, R.S.; Salomon, V.M.; Alvarez, A.R.; Sayago, J.; Isla, M.I.; Borelli, V.

**Impacto de las enfermedades foliares sobre variables fisiológicas determinantes del rendimiento del girasol ante diferentes situaciones de cultivo**

Quiroz, F.; Velázquez, L.; Lazzaro, N.; Escande, A.; Aguirrezábal, L.; Dosio, G.

**Transmisión “intergeneracional” (agámica) de la tolerancia al estrés hídrico en *Solanum tuberosum* cv. Achat**

Storani, L.; Yanovsky, M.J.

**Potencial impacto económico de la suplementación con forraje amonizado en cría bovina para la región semiárida sur de Argentina**

Piñeiro, V.; Arelovich, H. M.

**La huella de carbono de la producción agrícola del brote de té certificado en Argentina**

Lysiak, E.

**Presencia de enfermedades en la cría bovina del dpto. Guachipas, Salta**

Suárez, V.H.; Bertoni, E.A.; Doderó, A.M.; Almudevar F.M.; Salatin, A.O.; Viñabal, A.E.; Saldaño, R.; Olmos L.H.; Brihuega, B.; Cortéz H.S.; Parreño V.

**Potencial toxigénico de *Astragalus pehuenches* Nierdel en Argentina**

Martínez, A.; Gardner, D.R.; Cook, D.; Gimeno, E.J.; Robles, C.A.

**Elaboración y aplicación de un índice de precios de insumos agrícolas**

Fernández, D.A.

**Implementación de buenas prácticas agrícolas para la gestión ambiental rural**

Somoza, A.; Vazquez, P.; Zulaica, L.



Secretaría  
de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo  
Presidencia de la Nación