

## ALERGIAS ALIMENTARIAS

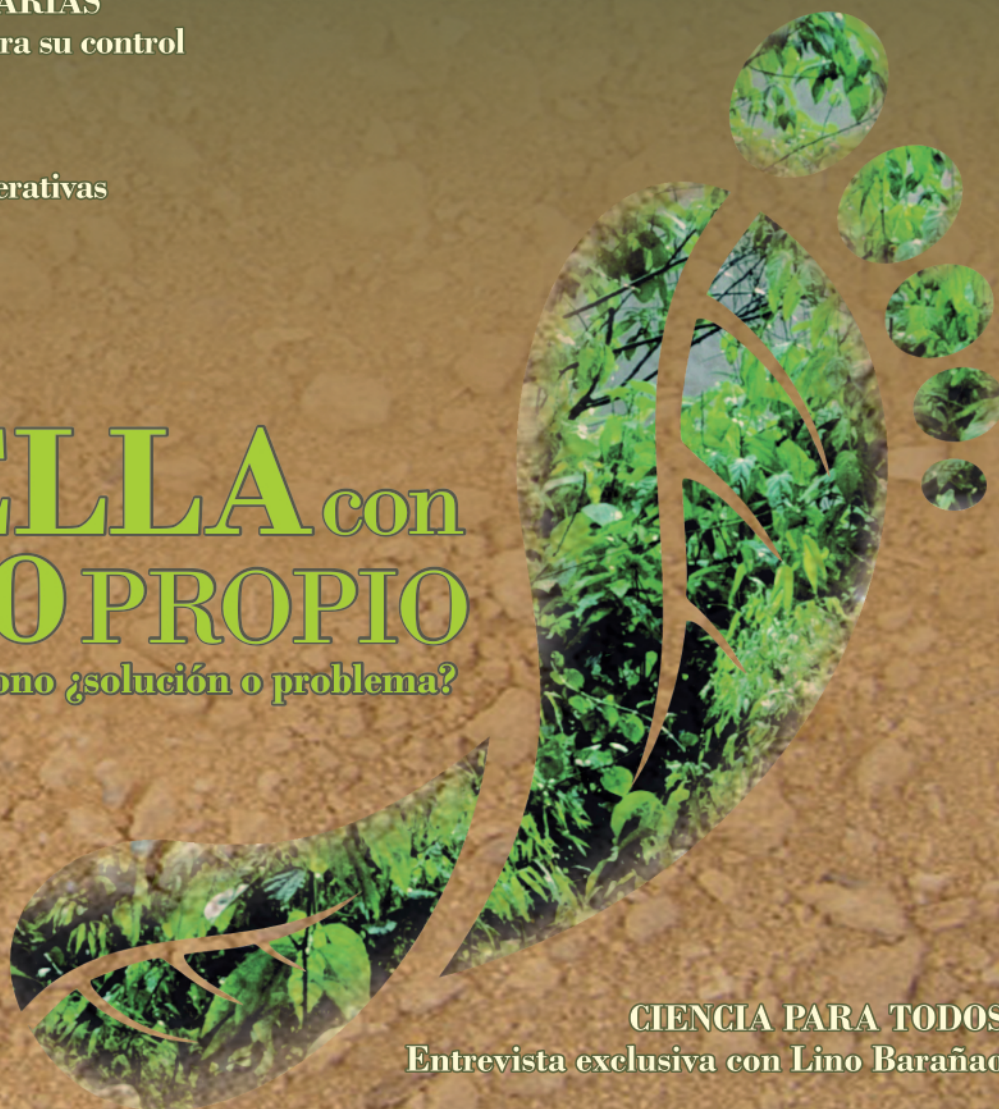
Normativas efectivas para su control

¡HAY EQUIPO!

2012, el año de las cooperativas

# Una HUELLA con PESO PROPIO

Medir el carbono ¿solución o problema?



**CIENCIA PARA TODOS**

Entrevista exclusiva con Lino Barañao

## ■ Ediciones

Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria



Ministerio de  
Agricultura, Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación



ISSN edición impresa 0325-8718  
ISSN en línea 1669-2314

Institución Editora:  
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria  
(INTA)

Cuatrimestral

Vol. 37 / N.º 3 /  
Diciembre 2011, Buenos Aires, Argentina

#### 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@correo.inta.gov.ar](mailto:revista_ria@correo.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.

Reservados todos los derechos. Prohibida su reproducción sin autorización expresa de sus editores, en cuyo caso se agradecerá citar la fuente.

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 Latindex  
(Folio 3346)

CABI Publishing  
DOAJ (Directory of Open Access Journals)

Impreso en Gráfica Latina  
Av. de los Constituyentes 3423  
Ciudad de Buenos Aires (1427)

54 (11) 4522 7888 - 4521 8082  
54 (11) 4521 4988 - 4523 6566

[info@graficalatina.com.ar](mailto:info@graficalatina.com.ar)

#### MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL INTA

##### Presidente:

Ing. Agr. Carlos Casamiquela

##### Vicepresidente:

Ing. Agr. Luis Basterra

##### Consejeros Nacionales:

Méd. Vet. Daniel Gustavo Garello - MAGyP

Ing. Agr. Oscar Arellano - Facultades de Agronomía

Dr. Eduardo Eliseo Baroni - Facultades de Cs. Veterinarias

Ing. Agr. Horacio A. Alippe - AACREA.

Ing. Agr. Elbio Néstor Laucirica - CONINAGRO

D. Alejandro Lahitte - CRA

Dr. Aldo Paredes - FAA

Sr. Bruno Quintana - SRA

##### Director Nacional:

Ing. Agr. Eliseo Monti

##### Directores Nacionales Asistentes:

DNA Sistema de Información, Comunicación y Calidad

Lic. Gabriel Delgado

DNA de Relaciones Institucionales

Dra. Ana Cipolla

DNA Planificación, Seguimiento y Evaluación

Dra. Susana Mirassou

DNA Organización y RR.HH.

Ing. Agr. Guillermo Semproní

DNA Administración

CPN Lic. Rosendo Tarsetti

##### Coordinadores nacionales:

CN de Transferencia y Extensión

Ing. Agr. Julio Catullo

CN de Investigación y Desarrollo

Dra. Norma Pensel

CN de Vinculación Tecnológica

Ing. Adolfo Luis Cerioni

#### COMITE EDITORIAL

##### Presidente:

Dr. Carlos Di Bella - INTA

##### Vocales:

Ing. Agr. Jorge Mariotti - INTA

Dr. Eduardo Baroni - UNL

Dr. Rafael Fernández - UNCuyo

Dr. Emilio Satorre - UBA

Dr. Carlos Scoppa - ANAV

Dr. Roberto J. Fernández Aldúncin - UBA

#### STAFF

##### Dirección:

Dra. Norma Pensel

Lic. Máximo Bontempo

##### Coordinación editorial:

Lic. Felicitas Terreno

##### Producción Editorial:

Asesores técnicos y de contenido

Dr. Ricardo Sager

Ing. Agr. Cristian Zuchini

Ing. Agr. Mg. María E. Beget

##### Diseño y Edición:

Gráfica, Gerencia de Comunicación  
e Imagen Institucional

##### Fotografía:

Área Audiovisual, Gerencia de Comunicación  
e Imagen Institucional



Ministerio de  
Agricultura, Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación



## Un año destacado

Hace tan sólo un año se publicaba la primera serie de trabajos científicos en el sitio web de la revista RIA. Ese 16 de diciembre de 2010 fue el inicio de una nueva forma de comunicación científica. Luego de casi dos años de inactividad, la revista que históricamente edita el INTA, fue renovada en su formato y contenido para instalarse como una publicación científica de excelencia en la comunidad agropecuaria. Hoy, la web de RIA cuenta con unas 2500 visitas por mes y más de 300 seguidores en *twitter*. A su vez, mantuvo su presencia en bases de datos internacionales como Latindex y Cabi Abstracts y, por su política de acceso abierto, fue invitada a formar parte del Directory of Open Access Journals (DOAJ), una iniciativa sueca que agrupa a miles de revistas científicas y recibe más de seis millones de consultas al mes.

Once días después de haberse conformado oficialmente el Comité Editorial, se recibió el primer artículo. Hoy ya son 89 los trabajos científicos recibidos, de los cuales un 37 por ciento tiene como primer autor a investigadores externos a la institución editora, dando cuenta de la seriedad y la objetividad que caracteriza a esta publicación.

A su vez, al ser editada por una institución como el INTA, donde se investigan diversos tópicos, la revista se transforma en un crisol de temáticas que buscan fortalecer la competitividad, la sustentabilidad ambiental y la equidad social en el sector Agropecuario, Agroalimentario y Agroindustrial. Entre los temas más frecuentes se encuentra la frutihorticultura (19%), la producción de cereales (11%), las plagas y enfermedades (11%) y la producción de forrajes (8%). Además, de diciembre de 2010 a diciembre de 2011 se aceptaron 36 trabajos cuya media entre recepción y aceptación fue de 152 días.

La rapidez, seriedad y profesionalismo de los evaluadores no es la única fortaleza de la revista, también es importante destacar la presencia internacional que logra RIA a través de la traducción y publicación de los trabajos en inglés, y de la publicación de sus normas editoriales en portugués. En ese sentido, hay que destacar el apoyo financiero y humano que presta el INTA para las traducciones y la edición e impresión de los trabajos. Finalmente, cabe agradecer a las autoridades institucionales que han apoyado incondicionalmente a este Comité Editorial en todas sus decisiones y a los más de 100 evaluadores que han acompañado y siguen acompañando el crecimiento de esta revista que, a paso firme, se instala como una publicación científica agropecuaria de referencia nacional e internacional.

## El desafío de ser sostenibles

La mayoría de las miradas o estrategias de mediano y largo plazo a nivel nacional, coinciden en incrementar la productividad y la calidad de la producción minimizando el impacto sobre la salud ambiental y maximizando el beneficio social. En este sentido, si bien existe preocupación por la necesidad de duplicar la producción de alimentos para satisfacer la demanda prevista para los próximos 40 años, algunas de las principales tendencias a largo plazo y cambios en los paradigmas actuales muestran que la sociedad en el siglo XXI se orienta hacia un mundo sostenible.

Esto se ve reflejado en la construcción de una sociedad global más integrada, interdependiente y diversa a partir de la combinación de la globalización, la heterogeneidad cultural y la innovación tecnológica que aumentan nuestra interrelación, interdependencia y conciencia sobre un destino compartido; o en la creciente proliferación de productos y servicios que promueven el desarrollo sostenible, la producción, el consumo, el desarrollo y los estilos de vida. Así, la transformación hacia la sostenibilidad presenta desafíos que requieren de procesos de creatividad, innovación e iniciativa como principales facilitadores. Éstos se encuentran relacionados con una respuesta más efectiva a los cambios y en la posibilidad de gestionarlos eficientemente para minimizar o eliminar los problemas presentes y aquellos que surjan de mantenerse las tendencias actuales. A su vez, se requiere re-conceptualizar e introducir nuevos enfoques ambientales de un pensamiento que percibe a la humanidad ya fatalmente en peligro de extinción hacia un eco-discurso y prácticas más orientadas hacia las posibilidades. Imaginar el futuro deseado es distinto a identificar el futuro más probable. El futuro deseado permite la apropiada orientación de las estrategias y el trabajo para su logro. Para ello hay que cambiar los modos de pensar ya que la disminución de un resultado no deseado no es lo mismo que trabajar para el logro de un resultado deseable.

Estos desafíos requieren de un alto compromiso de la investigación como una de las estrategias necesarias en la transformación de los roles individuales, equipos, sistemas y organizaciones en la construcción de una sociedad global sostenible.

## Actualidad en I+D

### Editoriales

#### 199 Un año destacado

Luego de un año, RIA se instala como una publicación científica agropecuaria de referencia nacional e internacional.

#### 199 El desafío de ser sostenibles

Ante los nuevos desafíos futuros, el rol de la investigación será trascendental para lograr una sociedad sustentable.

### Notas

#### 203 Camino a la Salud Ambiental

Ante la posible aplicación de etiquetados de carbono obligatorios, se recomienda una estrategia de negociación para la región. El agua, una posible solución.



#### 209 Una Plataforma para la salud

La Plataforma Alérgenos en Alimentos acompaña a pacientes y empresas en el control e identificación de sustancias alérgicas en alimentos.

#### 214 Un año para cooperar

El trabajo cooperativo será reconocido a nivel mundial luego del establecimiento del 2012 como año internacional por la ONU. El futuro de las asociaciones en la mira.

#### 219 “Política de Estado que jerarquiza la CyT”

El titular del Ministerio de Ciencia adelanta los lineamientos de la política científico-tecnológica nacional y el fortalecimiento de las interacciones con instituciones extranjeras.



#### 223 Pastillas

Un breve resumen de las noticias más sobresalientes.

## Trabajos

### Artículos

#### 225 Acaricidas para controlar *Varroa destructor*

Crespo, R.; Crespo, L.; Viader, S.; Guardia López, A.



#### 231 Biofumigación con repollo

Iriarte, L.E.; Sosa, M.C.; Reybet, G.E.

#### 238 Índice de sitio para *Eucalyptus grandis*

Crechi E.; Fassola H.; Keller A.; Barth S.

#### 249 Catequinas en té verde Sencha

Prat Kricun, S. D.

#### 256 *M. petraea* y su potencial decorativo

Fontana, H.; Mascarini, A.; Fatta, N.

#### 261 Estado de madurez a cosecha en alfalfa

Renzi, J.P.; Lasa J.C.; Cantamutto, M.A.



#### 268 El impacto de la poda en arándano

Pescie, M.; Borda, M.; Fedyszak, P.; López, C.

#### 275 Rendimiento del germoplasma de girasol

González, J.; De la Vega, A.J.; Mancuso, N.; Ludueña, P.

#### 281 Forraje y grano en triticales y tricepiros

Castro, N.; Rufach, H.; Capellino, F.; Domínguez, R.; Paccapelo, H.

#### 290 Cancro del tallo de la soja

Grijalba P.E.; Guillin E.A.; Ridao A.C.



## Una huella limpia

Luego de comprobar que el cambio climático es un fenómeno global, diversos países plantean la necesidad de comprobar que los productos que se comercializan a nivel internacional sean ambientalmente sostenibles. Para ello, se mide la Huella de Carbono. En breve, la UE podría exigir este etiquetado en 2012, aunque la medida sería perjudicial para países en vías de desarrollo que no están preparados para afrontar este desafío.

A pesar de ciertas iniciativas que se realizan en el país para medir la huella, a nivel regional se recomienda unificar metodologías y aplicaciones para los agroalimentos de exportación comunes.

(Actualidad en I+D p. 203)



## Alergias alimentarias controladas

Las alergias alimentarias se encuentran cada vez más presentes entre la población adulta e infantil. Si bien el riesgo de muerte por casos de alergia es bajo, el problema radica en el nivel de reacción anafiláctica que puede ocasionarse sin un médico cerca.

Luego de identificar más de 70 alimentos causantes de alergias, se desarrolló una normativa a nivel internacional que obliga a identificar esas sustancias en el etiquetado de los productos comercializados. En este punto, la asociación civil Plataforma Alérgenos en Alimentos aportó una serie de recomendaciones a tener en cuenta para mejorar el actual Código Alimentario Argentino.

(Actualidad en I+D p. 209)

## 2012: año cooperativo

La ONU anunció que el año próximo estará dedicado a las cooperativas. Con ello busca crear conciencia sobre su existencia y fortalecerlas. Estas asociaciones emplean a más de 100 millones de personas y son una fuente importante de divisas, además de promocionar la cohesión y la inclusión social. En la Argentina, el INTA busca que ingresen en el sistema de agregado de valor, lo que podría generar importantes beneficios para los productores, entre los que se destaca un retorno del 50 por ciento de las ganancias. Así, se mejoraría desde la infraestructura hasta la educación de una determinada región.

(Actualidad en I+D p. 214)

## Política que jerarquiza a la Ciencia

El Ministerio de Ciencia busca generar mayor inclusión social y aumentar la competitividad mediante un nuevo modelo productivo. Entre las acciones destacadas, se encuentran las interacciones con instituciones internacionales para trabajar en proyectos comunes relacionados con la seguridad alimentaria y la adaptación y mitigación del Cambio Climático, entre otros. En este sentido, Brasil se presenta como un socio estratégico de Argentina con quien se prevén mayores cooperaciones a futuro.

A su vez, durante la entrevista exclusiva con Revista RIA, el ministro de Ciencia, Lino Barañao, afirma que se reconstruyó el Sistema Científico argentino "con más investigadores, mayores salarios y mejor infraestructura".

(Actualidad en I+D p. 219)

## Acaricidas para controlar *Varroa destructor*

La varroosis es una de las principales parasitosis de las abejas de la miel. El objetivo de este trabajo fue evaluar a campo la eficacia del control otoñal con acaricidas comerciales en el partido bonaerense de Olavarría. Para ello, los autores testearon cuatro tratamientos y cinco repeticiones en un apiario en producción y monitorearon la infección de ácaros pre y postratamiento. Los acaricidas evaluados resultaron igualmente eficaces el controlar del ácaro cuando fueron comparados al tratamiento testigo, aunque los autores recomendaron evaluar regionalmente los diferentes productos para considerar sus interacciones con el sitio y detectar posibles casos de ácaros resistentes.

(Trabajos p. 225)



## Biofumigación con repollo

Es un método alternativo al uso del Bromuro de Metilo (BrMe), ambientalmente amigable para el control de patógenos del suelo. La preocupación por la acumulación de iones de bromo y aluminio en las plantas y en la cadena alimentaria, y su efecto sobre la salud humana y ambiental, condujo a la búsqueda de alternativas de reemplazo. Los investigadores evaluaron el efecto de la incorporación de *Brassica oleracea* var. *capitata*, sobre la población de *Fusarium oxysporum* (hongo que causa la "podredumbre basal" en cebolla) y concluyeron que puede ser una práctica de desinfección para almacigos en variedades tempranas.

(Trabajos p. 231)



## Índice de sitio para *Eucalyptus grandis*

Los investigadores de la EEA Montecarlo del INTA desarrollaron modelos para la estimación del Índice de Sitio para *Eucalyptus grandis* implantado en la Mesopotamia argentina. Para ello generaron una base de datos que contó con 106 parcelas (439 mediciones), de las cuales, 48 (197 mediciones) pertenecían a la zona Misiones-NE Corrientes y 58 (242 mediciones) a Concordia-Monte Caseros.

Al analizar la evolución de las curvas promedio de altura dominante con la edad, los profesionales del área forestal observaron diferencias entre las dos regiones agroecológicas, por lo que ajustaron ecuaciones de índice de sitio específicas para cada región. (Trabajos p. 238)



## Catequinas en té verde Sencha

El investigador determinó el contenido de las siguientes catequinas en cultivares de té elaborados como té verde Sencha: epigallocatequina-3-galato (EGCG), epigallocatequina (EGC), epicatequina (EC), catequina (C) y catequina galato (CG).

Los resultados establecieron que el contenido total promedio de todas las catequinas analizadas alcanzó a 12,6% de materia seca. EGCG fue la de más alta concentración. Entre las épocas de zafra, se registraron diferencias significativas. Los mayores contenidos promedio de EGCG y EGC se presentaron al fin de zafra con 7,5 y 4,43%, en tanto que para EC, C y CG se presentaron al inicio con 1,13; 0,39 y 0,29%.

(Trabajos p. 249)

## *M. petraea* y su potencial decorativo

*Macrosiphonia petraea* es autóctona de Sudamérica. En la Argentina Córdoba, Buenos Aires y Entre Ríos son las principales zonas de distribución. A pesar de su belleza, no fue domesticada, por lo que los investigadores encararon acciones para difundirla. En un ensayo en macetas bajo invernáculo en Buenos Aires, evaluaron el comportamiento de esta planta y concluyeron que podría posicionarse como una opción decorativa de bajo mantenimiento en nichos comerciales como jardines de roca. La selección, un programa de fertilización comercial y un manejo en exterior permitirían obtener un número superior de flores y mejor estado sanitario al observado en el ensayo.

(Trabajos p. 256)

## Estado de madurez a cosecha en alfalfa

La alfalfa es el principal recurso forrajero de la Argentina. Recién cosechada, presenta dormición física, que puede afectar la producción de forraje durante el primer año. Aunque la temperatura y la humedad son factores asociados a la dureza, se desconoce el efecto del grado de madurez a cosecha sobre la calidad de las semillas. Así, se recolectaron vainas en diferentes estados de madurez. Las amarillas, presentaron altos valores de dureza y poder germinativo; las verdes, elevados porcentajes de semillas muertas y plántulas anormales. Los valores de dureza disminuyeron con la madurez de las vainas asociada a estratos inferiores del canopeo.

(Trabajos p. 261)

## El impacto de la poda en arándano

La poda es una práctica que beneficia no sólo la calidad y cantidad de los frutos, sino a la preservación de la planta como unidad productiva. En la Argentina no se conoce cuál es el tipo de poda más beneficiosa para el arándano, por lo que los investigadores estudiaron su efecto en plantas adultas de arándano de la var. O'Neal en la provincia de Buenos Aires. Así, concluyeron que el tamaño de fruto mejoró significativamente con la poda, independientemente del momento o de la intensidad aunque las plantas que sufrieron poda intensa en verano mostraron una reducción significativa del rendimiento.

(Trabajos p. 268)

## Rendimiento del germoplasma de girasol

El mejoramiento genético de girasol en la Argentina favoreció la expansión del cultivo en toda la región girasolera. En este trabajo, se analizaron modelos lineales mixtos y multivariados en una serie de 17 años de ensayos para conocer más sobre la variabilidad de caracteres fenotípicos de híbridos de girasol obtenidos entre 1986 y 2006. Los hallazgos confirmaron que los grupos de híbridos de diferente origen genético convergieron en un tipo de híbrido, de alto rendimiento de grano y aceite, y ciclo y altura intermedios. Los híbridos modernos presentan menor variabilidad en el tipo agronómico y mantienen alto rendimiento.

(Trabajos p. 275)

## Forraje y grano en triticales y tricepiros

Los investigadores evaluaron el rendimiento de forraje de 22 genotipos de triticales y tricepiros y de 17 genotipos en la producción de grano entre 2008 y 2010. El promedio de rendimiento de materia seca del trienio fue superado por los triticales en un 25%. Lo mismo sucedió con el rendimiento de grano, superado en un 35% frente a los tricepiros. Para los materiales evaluados se evidenció una mayor estabilidad en los rendimientos de forraje que en la producción de granos. La mejora genética habría sido más efectiva en triticales, aunque se detectaron líneas de tricepiro con rendimientos similares a triticales.

(Trabajos p. 281)

## Cancro del tallo de la soja

Veintitres aislamientos de *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* de Buenos Aires fueron caracterizados morfológica, genética y patogénicamente. Morfológicamente se observaron estructuras vegetativas y reproductivas. Molecularmente se utilizó la técnica de restricción de fragmentos de amplificación (PCR-RFLP) de la región ITS de ADN ribosomal y posterior secuenciación y comparación con banco de datos. Los aislamientos presentaron características morfológicas y patogénicas propias de la variedad. Los patrones de restricción con la enzima Alu I permitieron la identificación precisa y rápida de *D. caulivora*. Las reconstrucciones filogenéticas apoyan la idea de que *D. meridionalis* y *D. caulivora* son entidades biológicamente aisladas.

(Trabajos p. 290)

## MEDIR EL CARBONO

# Camino a la Salud Ambiental

Distintos países empiezan a aplicar medidas de protección ambiental relacionadas con la medición de la huella de carbono en los productos que se comercializan. Peligros y beneficios potenciales para la Argentina y la región.

Por Felicitas Terreno

En lo que a clima respecta, las fronteras no existen. El **Cambio Climático** es un hecho real, tangible y compartido. Se trata de un fenómeno que, si bien es generado localmente, tiene **consecuencias globales**.

Luego de la entrada en vigencia del **protocolo de Kyoto** en 2005, cuando las naciones firmantes acordaron una reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) entre 2008 y 2012 para evitar el calentamiento global, comenzó a destacarse un incipiente **"mercado de carbono"**.

"Se creó el concepto de 'unidades de emisión' para que los países que acrediten ahorro de carbono puedan venderlo a los generadores. Esto presenta la necesidad de **rastrear la Huella de Carbono (HC)**", explica el profesional consulto del grupo de Investigaciones en Gestión Ambiental del INTA Argentina, Ernesto Viglizzo.

La HC es una medida que sirve para **cuantificar la cantidad de emisiones** de GEI (expresadas en equivalente de Carbono –ver recuadro–) liberadas a la atmósfera como resultado de los procesos productivos.

Existen diversas versiones que indican que a partir del año que viene la Unión Europea (UE) **exigirá el etiquetado** de carbono de los productos que se comercialicen. Sin embargo, la Dirección de Negociaciones Económicas Multilaterales (DIREM) del Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto informa a RIA que "hasta el momento no se tiene conocimiento de iniciativas legislativas en mar-

cha en la UE en materia de exigencias de etiquetados obligatorios", aunque destaca que ese bloque de países está elaborando "un sistema internacional de referencia de datos de ciclo de vida que sirva como herramienta de análisis", como también una metodología de "huella ambiental", que podría estar finalizada para septiembre de 2012

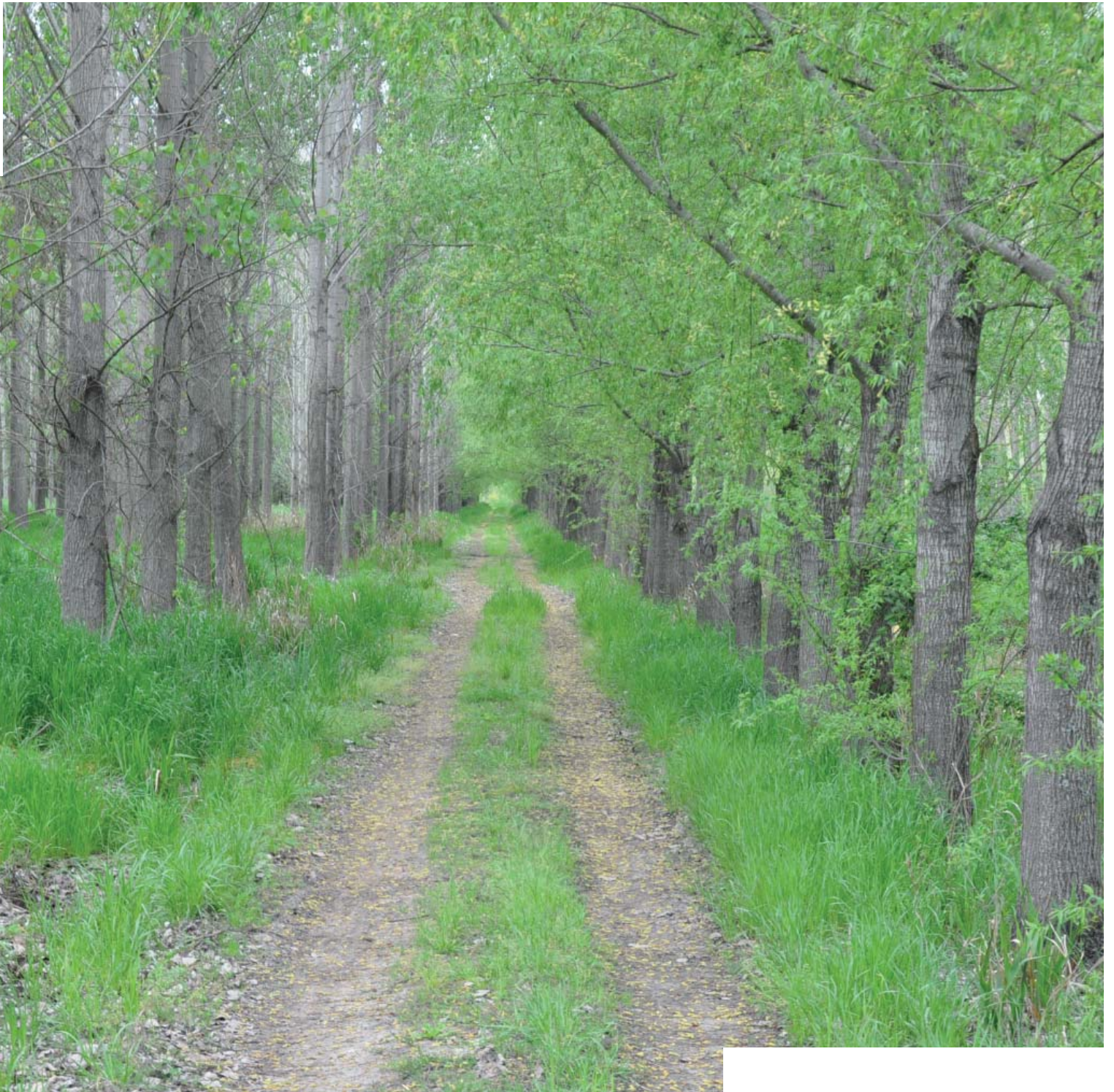
A su vez, Estados Unidos también tramita una serie de proyectos de ley (Waxman-Markey / Lieberman-Graham) que **limitarían las importaciones** de bienes y servicios relacionados con la HC, (aunque su aprobación es todavía incierta y no se aplicarían a productos agropecuarios), mientras que Francia aprobó en 2010 la **Ley Grenelle 2**, que contiene requisitos de etiquetados de huella de carbono y ambientales. Esta normativa aún no se implementó dado que se encuentra en fase piloto desde julio de 2011 por el periodo de un año (en principio).

Estas medidas unilaterales, que distinguirían al comercio internacional según su contribución de GEI al ambiente, podrían hacer peligrar a las economías de países en vías de desarrollo que no se encuentran preparados para afrontar esta situación.

En este sentido, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC), advierte en sus reglamentaciones que "las medidas para combatir este fenómeno, incluyendo las unilaterales, no deberían constituir medio de **discriminación arbitraria** o una **restricción disimulada** del comercio internacional" (art. 3.5).







*Camino a la Salud ambiental*



**DETERMINAR LA HUELLA EN LOS ALIMENTOS SERÍA CLAVE PARA ESTA REGIÓN QUE EN 2008 EXPORTÓ EL 27 % DE SU PRODUCCIÓN A LA UE Y EL 25 EN 2009.**

**LA HUELLA DE CARBONO SERÍA INSUFICIENTE PARA MEDIR TODO EL ESPECTRO DE LA PRODUCCIÓN DE UN BIEN O SERVICIO.**

Para la secretaria ejecutiva de la CEPAL, Alicia Bárcena, “en esta realidad, la huella de carbono nos pone frente a un dilema mucho más profundo, ya que podría **nivelar el campo de juego** para actores que tienen muy distintas capacidades”.

Así, determinar **la HC de la producción de alimentos** se convierte en un factor clave para la orientación de los procesos productivos y el cuidado de los recursos de esta región que en 2008 exportó el 27 por ciento de su producción a la UE y el 25 en 2009.

Ante eventuales etiquetados obligatorios, la DIREM también informa que la posición del país (presentada en foros multilaterales competentes en la materia) se relaciona con el hecho de que las medidas comerciales en proceso de ser diseñadas e implementadas por los países desarrollados “no son un medio apropiado ni efectivo

para responder al cambio climático” ya que podrían derivar en restricciones encubiertas y las medidas de respuesta, sin el debido apoyo financiero y tecnología por parte de los países desarrollados, traspasarían los costos de mitigación a los países en desarrollo.

#### GEI en Sudamérica

América del Sur genera el **cinco por ciento** de las emisiones mundiales de GEI, de las cuales la mayor parte es producida por **Brasil y Argentina**, con un 41 y un 17 por ciento, respectivamente.

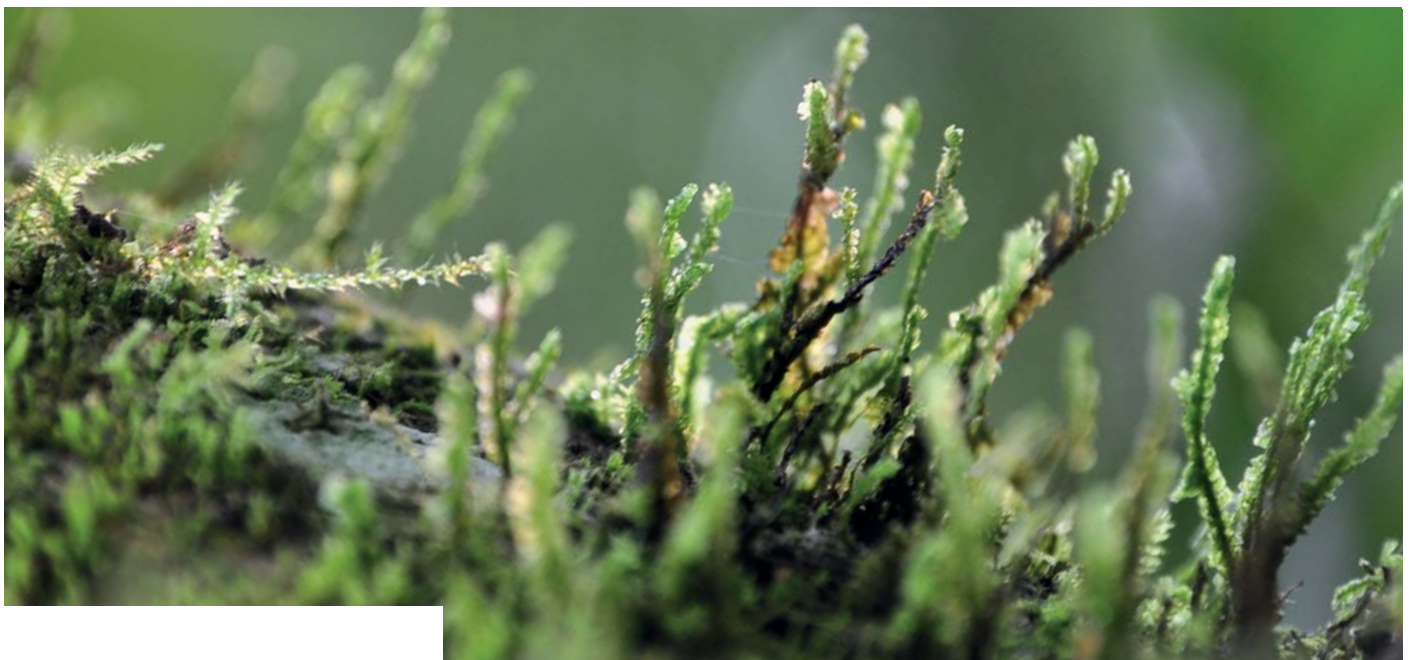
Según Guillermo Berra y Laura Finster del grupo Determinación de Gases de Efecto Invernadero del INTA, “en los países de Sudamérica, la **producción agropecuaria** representa un relevante sector generador de recursos, lo que explica un importante porcentaje total de

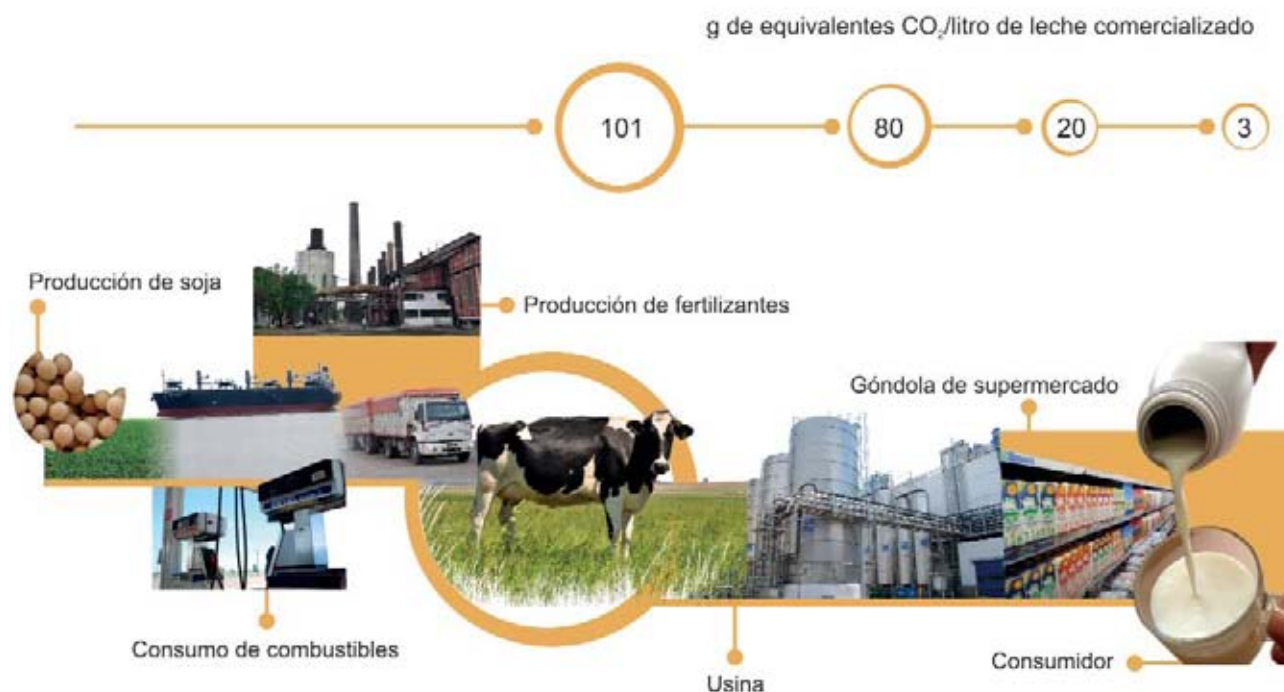
emisiones, mientras que en los Estados Unidos corresponde al 6,3 por ciento”.

Justamente, el potencial riesgo radica en que la mayor HC en las **economías desarrolladas** se encuentra en el último eslabón del ciclo de vida del producto (desechos del consumo doméstico), mientras que en las **economías en desarrollo**, se concentra en los eslabones de la producción primaria, y el transporte y procesamiento de alimentos.

Viglizzo estima que, si bien los sistemas de producción primaria de la Argentina son, en promedio, menos intensivos que los europeos, “esa emisión favorable puede verse descompensada en el eslabón del transporte a causa de las grandes distancias internas que deben recorrer nuestros productos”.

Para el investigador, existe un problema asociado a la medición de la HC que trasciende a un solo país. Se trata





de la **falta de una metodología y aplicación unificada** de coeficientes de emisión para cada eslabón de las cadenas agroalimentarias de exportación.

En este sentido, la Argentina sostuvo ante la Organización Mundial de Comercio su preocupación por las diferentes metodologías aplicadas para el cálculo de la HC debido a que “no existe un criterio uniforme respecto a qué etapas del ciclo de vida del producto quedarían abarcadas para la

contabilización de las emisiones de GEI”, de acuerdo a lo informado por la DIREM.

**Iniciativas de medición**

A pesar de esta dificultad, hoy, en Europa algunas cadenas de distribución ya solicitan a muchos de sus proveedores un informe sobre el desempeño ambiental de sus empresas, ya sea mediante el **cálculo de huella de carbono o de otros indicadores.**

En este sentido, el **INTA** posee iniciativas para **evaluar el desempeño ambiental** que analizan la huella en el sector de la producción primaria como primera etapa de la medición de vida ciclo completo de un producto.

Entre ellas se destaca el modelo **AgroEcolIndex®** que contiene 18 indicadores agroecológicos especialmente diseñados para empresas agropecuarias cuya aplicación les permite diferenciarse de acuerdo a su

## HUELLA ECOLÓGICA

La idea de Huella Ecológica (HE) surgió en la década del 60 luego de que se observara una aceleración en el crecimiento económico y en el uso de los recursos naturales en los países desarrollados. Se trata de una forma de **convertir los flujos de energía y materia** que ingresan o egresan de un país en su equivalente en tierra y agua utilizadas.

Debido a que no suele diferenciar impactos específicos que permitirían abordar soluciones en forma puntual, se consideraron **otras huellas** como las de Carbono, de Energía, Hídrica, Mineral, etc. La primera de ellas suele ser la más reconocida ya que da cuenta de que las emisiones de GEI tienen un impacto directo sobre el calentamiento global.

La medición de la Huella de Carbono es una de las herramientas que pueden contribuir a la mejora continua de los sistemas de producción de alimentos para minimizar los impactos negativos sobre los recursos naturales (suelo, agua, aire y biodiversidad, por ejemplo).





#### Equivalencias en carbono

Principales GEI	CO <sub>2E</sub> *	Origen
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	1	Quema de combustibles.
Metano (CH <sub>4</sub> )	21	Rellenos sanitarios los cultivos ganadería
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	310	Procesos de desnitrificación Aplicación de fertilizantes al suelo.
Hidrofluorcarbonos (HFC)	740	Equipos de refrigeración

\*Equivalente en CO<sub>2</sub>

**AMÉRICA DEL SUR GENERA EL 5% DE LAS EMISIONES MUNDIALES DE GEI. LA MAYOR PARTE ES PRODUCIDA POR BRASIL Y ARGENTINA.**

**LA HUELLA DE CARBONO ES UNA MEDIDA QUE SIRVE PARA CUANTIFICAR LA CANTIDAD DE EMISIONES DE GEI.**

nivel de adopción de tecnologías ambientalmente adecuadas.

Ese organismo también desarrolló un **dispositivo electrónico** instalado en el rumen del bovino para medir los gases generados a partir de la fermentación entérica (metano), mientras que el Programa Nacional Bioenergía utiliza un **software** para calcular la generación de GEI en la producción de biocombustibles a base de soja en distintos escenarios geográficos.

Por su parte, la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID) lleva adelante un proyecto de **Agricultura Certificada**. Se trata de un sistema de gestión de calidad de los procesos productivos que permitirá optimizar la eficiencia en el uso de los recursos.

Un informe del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) sobre comercio y cambio climático señala que este tipo de iniciativas ubica a la **Argentina** en un lugar de privilegio debido a que “las tecnologías de punta que contribuyan a reducir las emisiones de GEI, la posicionan como un **productor agrícola ‘limpio’** con vistas al acceso a mercados y la negociación sobre cambio climático”.

**¿Huella de Carbono vs Huella Hídrica?**

No obstante, en este último tiempo distintos países comienzan a coincidir en **que la HC sería insuficiente** para medir todo el espectro de la producción de un bien o servicio. Así lo indica el jefe de la unidad de Ambiente e Industria de la Dirección General de Ambiente de la UE, Pavel Misiga, al considerar que “la HC es un buen indicador para la energía y el uso de recursos, pero **no contempla** el uso de **agua**, la **toxicidad** humana y ambiental, el **uso de la tierra** y los impactos sobre la **biodiversidad**”

Esta “**aproximación fragmentada**” hacia la Huella de Carbono implica “numerosas metodologías incompatibles que generan resultados incompatibles, iniciativas privadas para verificar la HC en los productos cuyos resultados no son confiables y cargas innecesarias a las industrias para cumplir con los múltiples requerimientos de etiquetados”.

Por ello, hay quienes consideran que sería conveniente para América Latina y el Caribe vincular la HC con la **Huella**

**Hídrica** (HH) ya que, al ser un recurso escaso en varias regiones del mundo, se genera un aumento en su valor. A través de la HH se mediría la cantidad de agua utilizada para producir una tonelada de alimento u otro producto agrícola.

Para Viglizzo, “además de la HC, las etiquetas deberían contener información que indique cuántos litros de agua por año ahorran los países importadores por cada tonelada de alimento que compran a países exportadores”.

Así, por ejemplo, por cada taza de café, se consumen **140 litros** de agua virtual; por cada kilogramo de carne de feedlot, **16 mil litros**, y por cada hectárea de soja, existen **7 litros** de agua que hoy se exportan y no se cuantifican.

“Sería una estrategia comercial **inteligente que en una misma etiqueta se encuentren los dos indicadores**. Así, se podría conocer la emisión de carbono generada por el vendedor y el ahorro de agua del comprador”, opina el investigador quien concluye que esta medida “desmantelaría anticipadamente posibles reacciones proteccionistas de nuestros compradores”.

**Más información:**

Ernesto Viglizzo

eviglizzo@anguil.inta.gov.ar

El Dr. Viglizzo se especializó en el estudio de los sistemas de producción conectando perspectivas agronómicas y ambientales.



## CONTRA LAS ALERGIAS ALIMENTARIAS

# Una Plataforma para la salud

Cada año, un mayor número de personas sufre de reacciones alérgicas desencadenadas por ciertos alimentos. A nivel internacional se reglamenta la identificación de sustancias alergénicas en los envases de los productos.

Las alergias alimentarias son inmunopatologías cuya incidencia se incrementa cada vez más. Según un informe realizado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO, por sus siglas en inglés), la prevalencia estimada de este tipo de alergias en la población general es del “uno al tres por ciento en los adultos y del cuatro al seis por ciento en los niños”. En los Estados Unidos, por ejemplo, afecta al 3,5 por ciento de la población, mientras que **en la Argentina se habla de un cuatro por ciento** (aunque no existen estudios científicos que corroboren esta información).

Si bien el riesgo de muerte por casos de alergia es bajo, existen determinados alérgenos alimentarios cuya probabilidad de desencadenar reacciones anafilácticas es importante. En estos casos, si no se cuenta con una intervención médica inmediata, el problema puede transformarse en una reacción severa y hasta fatal.

## Etiquetado de productos

En este país, la Comisión Nacional de Alimentos (CONAL) trabaja para que la declaración obligatoria de los componentes alergénicos en el rótulo de los productos esté presente en el Código Alimentario Argentino. En este





punto, la asociación civil **Plataforma Alérgenos en Alimentos** (una organización interdisciplinaria sin fines de lucro integrada por organismos oficiales, universidades, industrias de alimentos, médicos especialistas y padres de niños alérgicos) elaboró y envió a las autoridades una serie de recomendaciones a tener en cuenta con la finalidad de mejorar el actual código.

Esta organización, que busca brindar **información y orientación** para la gestión de alérgenos en la industria alimentaria y anticiparse a futuras demandas, posee una clara idea de lo que debería incorporarse a la legislación nacional para ser compatible con la legislación internacional.

Según explico a RIA su coordinadora, Claudia González, quien también dirige el área estratégica Tecnología de Alimentos del INTA, “el etiquetado no involucra sólo nombrar los elementos, sino identificarlos de manera tal que **el consumidor sepa qué es lo que está consumiendo**”.

Entre las tareas más importantes que realiza esta plataforma, se encuentra la capacitación y asesoría a industrias de

alimentos en Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), y la redacción de una guía para el manejo de alérgenos en industrias procesadoras.

En este sentido, González identifica a la “**contaminación cruzada**” como uno de los problemas que se pueden ocasionar en el proceso de fabricación. “Esto es lo que más le interesa a la empresa y es en lo que trabaja el INTA mediante la creación de esta guía”, asegura.

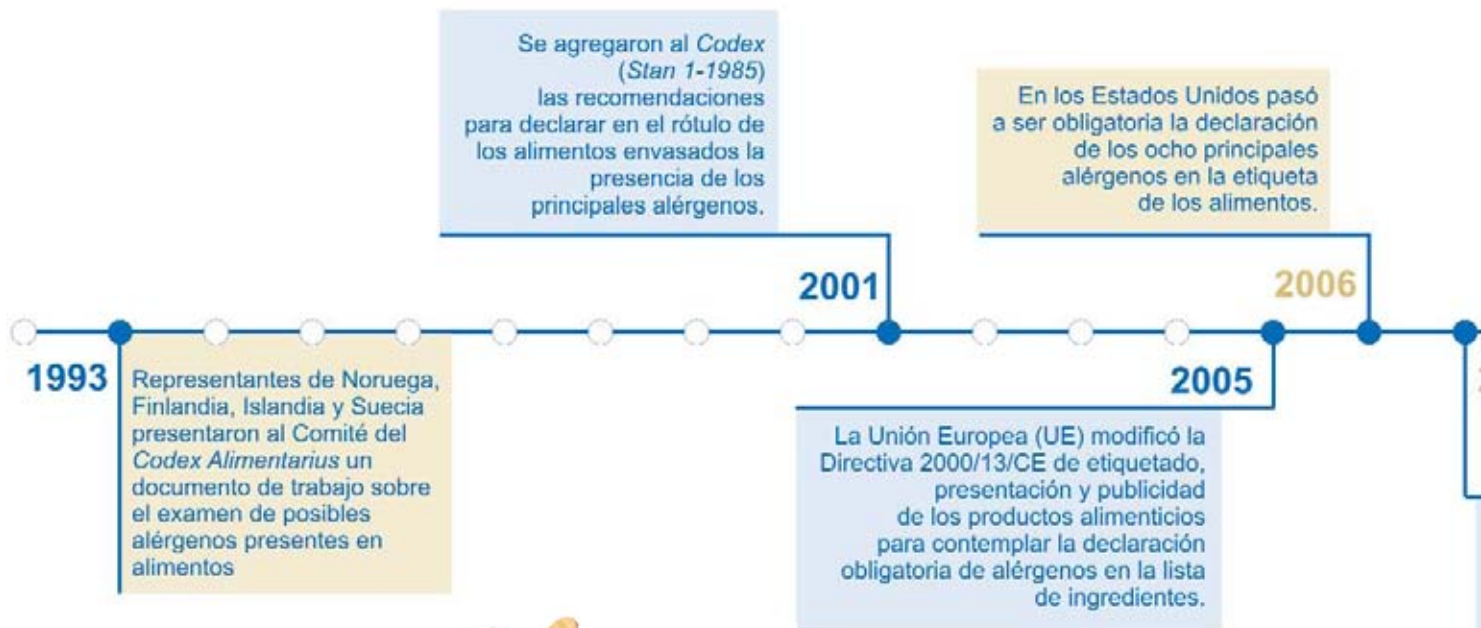
A su vez, el responsable de este módulo de la plataforma, Gustavo Polenta, agregó que “los mayores problemas para las industrias radican en la presencia de estos alérgenos en un alimento en forma involuntaria o bien en errores que se producen al momento de envasar los productos”. Estos inconvenientes pueden ocasionarse por la presencia accidental de materias primas o coadyuvantes de elaboración, cambios en la formulación de los alimentos, procedimientos de limpieza insuficientes, o gestión incorrecta del

---

**LA PLATAFORMA BUSCA  
BRINDAR INFORMACIÓN  
Y ORIENTACIÓN PARA  
LA GESTIÓN DE ALÉRGENOS  
EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA  
Y ANTICIPARSE A FUTURAS  
DEMANDAS.**

---



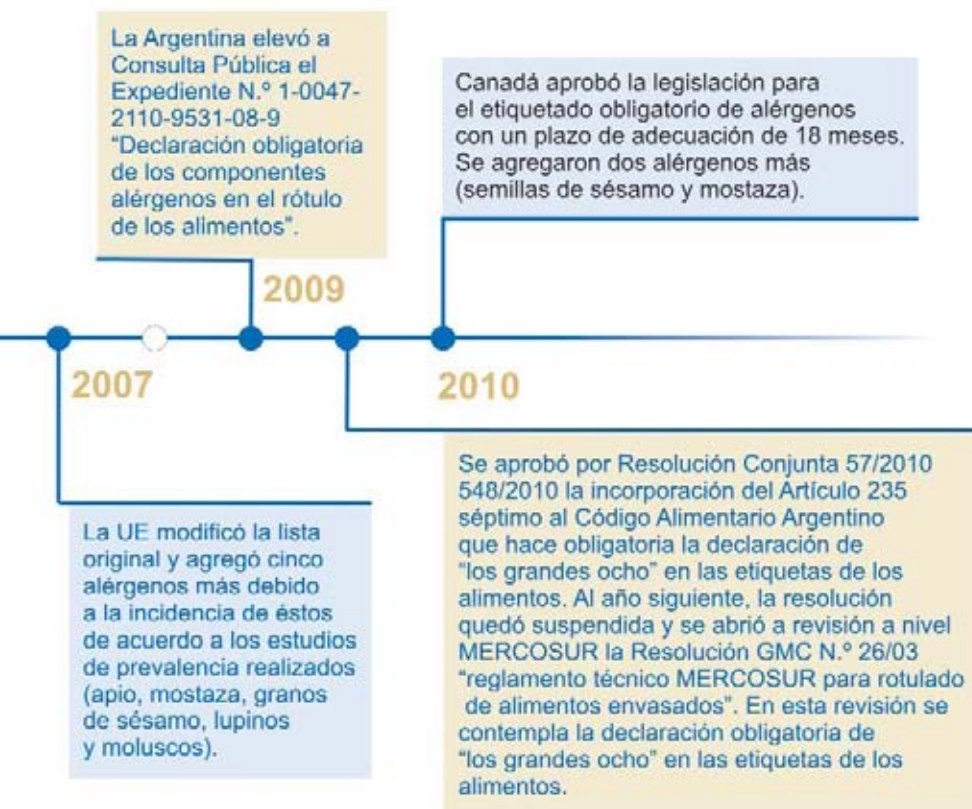


### LA “CONTAMINACIÓN CRUZADA” ES UNO DE LOS PROBLEMAS QUE SE PUEDEN OCASIONAR EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN.

Según el investigador, “entre los temas prioritarios que requieren concentrar esfuerzos de investigación se encuentra el desarrollo y evaluación de nuevos métodos analíticos y de procesamiento de alimentos para **reducir su alergenidad**, y la **identificación de proteínas alérgicas** en pacientes”.

#### Alergias y normativas

Cuando una sustancia alérgica es contactada por un paciente, se produce una cantidad excesiva de **Inmunoglobulina E (IgE)** como consecuencia de una activación aberrante del sistema in-



● Otros países que implementan esta legislación son Australia, Nueva Zelanda y Japón. En América Latina: Bolivia, Colombia, Costa Rica, Chile, Cuba, México, Nicaragua y Venezuela.

**LAS ALERGIAS ALIMENTARIAS AFECTAN DEL UNO AL TRES POR CIENTO DE LOS ADULTOS Y DEL CUATRO AL SEIS POR CIENTO DE LA POBLACIÓN INFANTIL EN EL MUNDO.**

mune por causas que no se conocen en su totalidad. No obstante, si la exposición es reiterada, entonces se liberan mediadores químicos pro-inflamatorios (en especial la **histamina**) que ocasionan los síntomas típicos de una reacción alérgica que pueden afectar la piel (prurito, eritema o edema), el tracto gastrointestinal (dolor, náuseas, vómitos, constricción, etc.), el árbol respiratorio (asma, edema en cavidad nasal y garganta, rinitis, etc.) o transformarse en cuadros sistémicos que pueden afectar el sistema cardiovascular (arritmias, hipotensión, etc.) y terminar en la muerte si no se trata adecuadamente y a tiempo.

**PLATAFORMA ALÉRGENOS EN ALIMENTOS**



Esta asociación civil se crea formalmente en abril de 2009 luego de una convocatoria del INTA como un **espacio multidisciplinario** compuesto por profesionales de la industria de los alimentos, instituciones de Ciencia y Técnica, de salud y proveedores de kits comerciales para la detección de alérgenos en alimentos.

“Los motivos principales para la creación de esta entidad están relacionados con el hecho de que consideramos que **las alergias alimentarias son una preocupación de interés público** y que muchos pacientes deben afrontar de por vida la necesidad de evitar alimentos específicos, por lo que requieren de un correcto etiquetado”, explica la coordinadora de la Plataforma, Claudia González.

Para llevar adelante sus objetivos, la asociación se organiza en **cuatro grupos de trabajo**: clínica de alergias alimentarias (que posee información relacionada con diagnóstico, tratamiento y prevención), técnicas analíticas (que aplica y evalúa técnicas para la detección y cuantificación de alérgenos), gestión de alérgenos en la industria (que ofrece capacitación y asesoría a empresas) y marco regulatorio (que capacita a la industria y al consumidor sobre las regulaciones internacionales y nacionales relacionadas con el etiquetado de productos, y colabora con las autoridades nacionales en la generación de un marco regulatorio).



No obstante, no todas las reacciones alérgicas están mediadas por IgE: se estima que entre el 40 y el 50 por ciento son IgE-independientes y están mediadas por células inmunes (aunque estos mecanismos son menos conocidos que los IgE-mediados).

“La presentación clínica de las enfermedades alérgicas es **variable y heterogénea**, por lo que no se puede hablar de la alergia alimentaria como una única entidad o patología, sino que se trata de un síndrome o conjunto de patologías que tienen en común la **activación anómala del sistema inmune** frente al contacto con un alimento o componente de un alimento”, explica el especialista en inmunología de la Universidad Nacional de la Plata, Guillermo Docena.

“Lo que está claro es que las alergias alimentarias son reacciones que **no dependen de la toxicidad del alimento**, sino de una susceptibilidad individual, y el sistema inmune está involucrado en su patogenia”, agrega.

A su vez, **cada país tiene una “alergia característica”** relacionada con el tipo de alimentación. Por ejemplo, en

la Argentina (a pesar de que la leche de vaca y el huevo son los alérgenos alimentarios más importantes) existen personas alérgicas al kiwi, al tomate y al huevo, a diferencia de países como Japón, cuyos habitantes suelen poseer reacciones alérgicas a los crustáceos, o Estados Unidos, donde la alergia al maní es muy importante.

No obstante, a nivel mundial, diversos organismos identificaron **más de 70 alimentos causantes de alergias** y señalaron que el 75 por ciento de las reacciones en infantes se deben a un número reducido de alimentos, por lo que se desarrolló una normativa a nivel internacional que obliga a **identificar esas sustancias en el etiquetado** de los productos comercializados.

En este sentido, el *Codex Alimentarius* de la OMS-FAO (al que suscriben todos sus miembros), “fue enmendado en 2001 para contemplar la necesidad de declarar en el rótulo de los alimentos envasados la presencia de los principales alérgenos presentes como ingredientes, ingredientes de ingredientes, aditivos o coadyuvantes” (Ver recuadro: “**Los grandes ocho**”), destaca la in-

vestigadora del Centro de Cereales y Oleaginosas del INTI, María López.

### Cómo declarar sustancias

En esta línea, investigadores de ese organismo y de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UBA, relevaron 30 rótulos de alimentos y analizaron los componentes de esos productos para conocer la manera en que las industrias declaran las sustancias alérgicas y cuáles son las leyendas precautorias más utilizadas. Como resultado, se estableció que, en la mayoría de los alimentos con leyendas precautorias, los **alérgenos declarados no fueron detectados**.

La coordinadora del estudio y especialista en bromatología de la UBA, Laura López, manifiesta que “a nivel industrial sería importante realizar un adecuado control de los alérgenos que realmente pueden estar presentes y de aquellos que no lo están a fin de declarar sólo los que efectivamente estén, lo que sería de gran utilidad para los pacientes ya que verían aumentada la oferta de alimentos a consumir”.

Actualmente, el paciente alérgico evita los alimentos que posean sustancias perjudiciales, lo que repercute no sólo en su **economía personal**, sino en la de la **industria alimentaria**.

En este país, la Plataforma podría brindar herramientas a las empresas alimenticias para adecuarse a las normativas ya vigentes a nivel internacional y, de esta manera, evitar problemas que restrinjan el acceso de los productos nacionales a los mercados mundiales y asegurar la calidad del alimento para el consumidor alérgico.

### Más información:

Claudia González

[cgonzalez@cniia.inta.gov.ar](mailto:cgonzalez@cniia.inta.gov.ar)

La Dra. González se especializó en Ciencia y Tecnología de los Alimentos en The OHIO State University (EE.UU). Coordina el AE Tecnología de Alimentos en el INTA y la Plataforma Alérgenos en Alimentos. También es profesora adjunta de la UNSAM e investigadora independiente del CONICET.

## LOS GRANDES OCHO

El *Códex Alimentarius* de la OMS-FAO identifica ocho grupos de alimentos cuyas propiedades alergénicas exigen ser incluidas en las etiquetas de todos los productos:

- Cereales que contienen gluten (trigo, centeno, cebada, avena, espelta o sus cepas híbridas, y productos de éstos)
- Crustáceos y sus productos
- Huevos y productos de los huevos
- Pescado y productos pesqueros
- Maní, soja y sus productos
- Leche y productos lácteos (incluida lactosa)
- Frutos secos y sus productos derivados
- Sulfito en concentraciones de 10 mg/kg o más

Estas recomendaciones pueden ser tomadas en su totalidad, parcialmente o se pueden incorporar más productos, de acuerdo al país que reglamente estas normas ya que cada región cuenta con alergias características relacionadas al tipo de alimentación que posea.

ASOCIARSE PARA CRECER

# 2012: Un año para cooperar

El año que viene estará destinado al reconocimiento del trabajo cooperativo en el desarrollo de las naciones. No sólo aseguran un ingreso económico, sino que también refuerzan la cohesión social.





**AGREGANDO VALOR  
A SUS PRODUCCIONES,  
LOS INTEGRANTES DE LAS  
COOPERATIVAS PODRÍAN  
RECIBIR UN RETORNO  
DEL 50% DE SUS GANANCIAS.**

Se merecían un reconocimiento: emplean a más de 100 millones de personas en el mundo y las 300 más importantes produjeron 1.1 billones de dólares en 2008. Sólo en la Argentina, **tienen más de 9.3 millones de asociados** repartidos entre más de 14 mil entidades. Así, por su participación en el desarrollo económico y social de los países y su contribución a la erradicación de la pobreza, las cooperativas tenían que tener su año.

La Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) anunció que en 2012 se conmemorará el **Año Internacional de las Cooperativas** para crear conciencia sobre su importancia, promover su expansión y establecer políticas apropiadas para su formación y crecimiento.

“Las cooperativas organizadas bajo principios tales como **solidaridad, democracia, igualdad y equidad** reducen la pobreza, crean empleos y promocionan la integración social”, destacó el presidente de la Asamblea, Nassir Abdulaziz al-Nasser, durante la apertura de la 66.º sesión.

La ONU describe a las cooperativas como “una **asociación autónoma** de personas unidas voluntariamente para hacer frente a sus necesidades y **aspiraciones económicas, sociales y culturales comunes** por medio de una empresa de propiedad conjunta y democráticamente controladas”.

Según informa a RIA el Instituto Nacional de Asociativismo y Economía Social (INAES), “estas dos características de **propiedad y control democrático** son las que las diferencia de otros tipos de organizaciones como las empresas controladas por el capital o por el gobierno. Cada cooperativa es una empresa, en el sentido que es una entidad organizada que funciona en el mercado y, por lo tanto, debe esforzarse para servir a sus miembros eficiente y eficazmente”.

Así, perseguir un interés común tiene ciertas ventajas relacionadas con el hecho de que un grupo numeroso de personas puede negociar mejores condiciones y precios más bajos a la hora de adquirir tecnología o materia prima y sus integrantes gozan de





diversos servicios como entrenamiento y educación.

Para la jefa del grupo de trabajo Instituciones Rurales de la FAO, Nora Ourabah Haddad, si bien este tipo de asociaciones han tenido problemas de funcionamiento por motivos políticos y económicos en el pasado, “ahora trabajan en un contexto totalmente diferente en el que existen modelos cooperativos que son sistemas empresariales vibrantes que ocupan un lugar en el mercado donde el sector privado no siempre está interesado en llegar y que contribuye mucho a la economía y a la **disminución de la pobreza**”.

### Cooperativas última generación

En este sentido, el coordinador del área estratégica Agroindustria del INTA, Cristiano Casini, explica a RIA que “las cooperativas ligadas al sector agropecuario **jugarán un rol preponderante en el cambio tecnológico de la Argentina**” ya que “hoy existe una gran transformación de la producción agropecuaria que necesita ser capitalizada por el productor a través del sistema cooperativo mediante el **agregado de valor**”.

Según el profesional, estas cooperativas “tradicionalmente cumplieron un papel destacado en la producción primaria en beneficio del productor pero ahora, las de nueva generación, además de hacer eso, están evolucionando hacia la transformación del producto primario para acercarlo a la

## CON LA AYUDA DEL PROFEDER

**El Programa Federal de Apoyo al Desarrollo Rural Sustentable (ProFeder) del INTA fue creado en 2003 e integra diversas estrategias de acuerdo a las características y demandas de las poblaciones con las que trabaja: Cambio Rural, Pro-Huerta, Minifundio, Profam y Proyectos Integrados y de Desarrollo Local.**

**El ProFeder permite apoyar a más de 13.500 pequeños y medianos emprendedores agropecuarios asociados en 1.347 grupos de Cambio Rural. A través de 120 proyectos Minifundio y 105 proyectos Profam se contribuye a mejorar la calidad de vida de casi 15 mil familias de productores. También se implementan 56 proyectos integrados y 108 proyectos de apoyo al desarrollo local que involucran más de 20 mil participantes en los territorios. Mediante el Pro-Huerta se trabaja junto con 3.011.000 personas en la autoproducción de alimentos.**

góndola”. Más allá de agregar valor, estas instituciones de “nueva generación” hacen un planteo moderno de la capitalización de las ganancias con un **retorno efectivo del 50 por ciento** al fin del ciclo anual.

Adicionalmente al retorno económico, se generan numerosos beneficios, de los cuales el principal es el desarrollo territorial integral en origen, por el cual se mejora la demanda de empleo de mano de obra, la educación, la infraestructura de las ciudades del interior del país y la calidad de vida de los habitantes.



**“EXISTEN MODELOS COOPERATIVOS QUE SON SISTEMAS EMPRESARIALES VIBRANTES QUE OCUPAN UN LUGAR EN EL MERCADO Y QUE CONTRIBUYE MUCHO A LA ECONOMÍA”  
(NORA OURABAH HADDAD).**

## PRINCIPIOS COOPERATIVOS

Las cooperativas a nivel mundial se caracterizan por tener siete principios que las rigen para funcionar de manera coordinada e inclusiva.

- 1.- **Membresía abierta y voluntaria:** pueden participar todas las personas dispuestas a utilizar sus servicios y a aceptar las responsabilidades que ello conlleva.
- 2.- **Control democrático:** sus miembros participan activamente en la definición de las políticas y en la toma de decisiones.
- 3.- **Participación económica:** todos contribuyen de manera equitativa y controlan democráticamente el capital de la cooperativa.
- 4.- **Autonomía e independencia:** las cooperativas son organizaciones autónomas de ayuda mutua. Si hay acuerdos con otras organizaciones, deben asegurar el control democrático.
- 5.- **Educación, entrenamiento e información:** sus miembros reciben educación y entrenamiento para contribuir eficazmente al desarrollo de sus cooperativas.
- 6.- **Cooperación entre Cooperativas:** todas fortalecen el movimiento cooperativo local, nacional, regional e internacional.
- 7.- **Compromiso con la comunidad:** las cooperativas trabajan para el desarrollo sostenible de su comunidad.

Por ejemplo, Casini explica que, a partir de un creciente interés del productor primario en asociarse directamente o indirectamente al sistema cooperativo para procesar soja, hoy cuatro millones de toneladas de este grano que iban a puerto para su exportación, “quedan en el interior y se transforman en alimento para cerdos, pollos, leche y carne bovina. O sea, que **ese valor agregado lo capitaliza el sistema socioeconómico local**”.

Así, el INTA incentiva a las cooperativas para que ingresen en el sistema moderno del agregado de valor en origen a través de la recepción de consultas y la orientación en diversas alternativas de producción en todas las cadenas del país. “Nuestra principal actividad es promocionar el agregado

de valor en origen dentro de un sistema asociativo y/o cooperativo”, destaca el profesional.

Sin esta iniciativa, los productores primarios estarían recibiendo solamente del 15 al 20 por ciento (promedio) del valor final de ese mismo producto transformado con agregado de valor y puesto en la góndola.

En este sentido, el coordinador del Proyecto de Eficiencia de Cosecha, Poscosecha e Industrialización de los granos (PRECOP) del INTA, Mario Bragachini, ejemplifica este posible beneficio a partir del agregado de valor en la cadena de soja. “Esta cadena genera 197 mil puestos de trabajo, el 10 por ciento de lo que generan las cadenas agroalimentarias, pero se lleva el

58 del área de siembra. Agregar valor a estos granos y convertirlos en producto balanceado con posibilidades de que se transformen en carne bovina, porcina, caprina, aviar, leche y también pescado podría generar, en 2020, 400 mil empleos”.

Casini asegura que cada vez hay más productores y cooperativas de última generación que agregan valor a sus producciones. “Todos estos desafíos de industrialización, que adopte el sistema cooperativo van a ser importantes para fortalecer al productor (principalmente al familiar, al pequeño y al mediano) a partir de la mejora de la eficiencia y la rentabilidad de su negocio, lo que ocasiona que **las ganancias se queden en la región**”, asegura.



Esto evitará las emigraciones de los jóvenes a las grandes ciudades y **fortalecerá el desarrollo territorial** en toda su amplitud dentro de un marco de sustentabilidad ambiental y equidad social.

En este sentido, según la Confederación Intercooperativa Agropecuaria (ConInAgro), más de 500 mil personas dependen directamente del complejo agrario cooperativo que se expande desde las pequeñas comunidades en las que actúan directamente, hasta las góndolas de los supermercados y los puertos. A su vez, facturan más de 7.5 millones de pesos anuales, sus exportaciones superan los tres mil millones de pesos y contribuyen con el seis por ciento del Producto Bruto Interno (PBI).

Es que **las cooperativas** agropecuarias no sólo juegan un rol importante en la producción y distribución de alimentos, sino también que **benefician a la seguridad alimentaria** de las naciones. Así, la ONU, a través de la declaración del año internacional, busca invitar a los gobiernos y organizaciones internacionales “a promover el crecimiento de las cooperativas agropecuarias a través del acceso a una financiación asequible, la adopción de técnicas de producción sostenibles, la inversión en infraestructura e irrigación y el fortalecimiento de mecanismos que aseguren la participación de las mujeres en las actividades económicas”.

En la Argentina, el movimiento cooperativo agrario surgió a fines del siglo XIX a raíz de la asociación entre inmigrantes europeos que llegaron al país a trabajar la tierra y producir alimentos para ser exportados a Europa que cada vez solicitaba más productos debido a su creciente urbanización facilitada por la revolución industrial. “Hoy, existen en la Argentina cooperativas agropecuarias



que exportan sus productos con valor agregado a varios países del mundo, por lo que podemos decir que **ya comenzó la evolución del sistema cooperativo argentino**”, destaca Casini.

El Año Internacional de las Cooperativas tendrá como lema “**las empresas cooperativas construyen un mundo mejor**”. Si se considera que ellas crean, mejoran y protegen las ganancias y el empleo de sus miembros, y que promocionan la cohesión y la inclusión social, efectivamente se merecen un reconocimiento. Sin duda, las cooperativas crean un mundo mejor en el que es posible la reducción de la pobreza a través del trabajo conjunto, democrático y equitativo.

“En la Argentina, el sistema cooperativo puede ser la gran institución que

produzca definitivamente la industrialización del campo en todos sus alcances y lo transforme en un país económica y socialmente sustentable. Dejemos en manos de ellos que afronten este desafío y **señalaremos al año 2012**, además del Año Internacional de las Cooperativas, **como el ‘Año de las Cooperativas Argentinas de Nueva Generación’**, confirmando la evolución de este sistema agrario hacia el agregado de valor en origen”, finaliza.

**Más información:**

*Cristiano Casini*

*ccassini@correo.inta.gov.ar*

*Casini es coordinador del área estratégica Agroindustria del INTA.*



**LAS COOPERATIVAS  
AGROPECUARIAS JUEGAN UN  
PAPEL FUNDAMENTAL EN LA  
SEGURIDAD ALIMENTARIA  
DE LAS NACIONES.**



ENTREVISTA EXCLUSIVA CON LINO BARAÑAO

# “La Argentina tiene una política de Estado que jerarquiza la CyT”

**En los últimos años, el Ministerio de Ciencia logró complementar eficazmente el conocimiento con la actividad productiva. A futuro se consideran fuertes interacciones con países de la región y planes para consolidar la seguridad alimentaria frente al cambio climático.**

*“El Estado, además de obtener información y hacerla disponible, tiene que participar activamente en el armado de nuevos eslabonamientos productivos”.*

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva fue creado para fortalecer un nuevo modelo productivo que genere mayor inclusión social y mejore la competitividad de la economía bajo el paradigma del **conocimiento como eje del desarrollo**.

Para ello, desarrollan diversas acciones que requieren de una serie de **innovaciones** con respecto a la estructura organizacional y los instrumentos de financiamiento en el área de Ciencia y Tecnología (CyT).

De esta forma, “logramos **reconstruir el Sistema Científico argentino** con más investigadores, mayores salarios y mejor infraestructura”, afirma el titular de esa cartera, Lino Barañao.

¿Qué significa para el Ministerio y para el sector de CyT del país la apertura del Polo Científico Tecnológico?

Tiene múltiples significados. El primero es **centralizar la administración de la Ciencia** (allí estarán ubicados el Ministerio, la Agencia y, en la próxima etapa, el CONICET). Además, se trata de una experiencia única para aunar, en una misma sede, las actividades de administración, de investigación y de difusión.

Las tareas de investigación estarán ubicadas en los **Institutos Internacionales de Innovación Interdisciplinaria** que requieren un socio extranjero para instalarse. El primero de ellos es la sociedad Max Planck y ya están en marcha el de Diseño Industrial con Italia, el de Biotecnología con el Centro internacional para Ingeniería Genética y Biotecnología (ICGB, por sus siglas en inglés) de Trieste (Italia) y un Cen-

tro de Supercómputos con Francia, entre otros.

Queremos que individuos de otros países trabajen en distintos temas en un área común para lograr una **interacción interdisciplinaria que nutra el desarrollo innovador**.

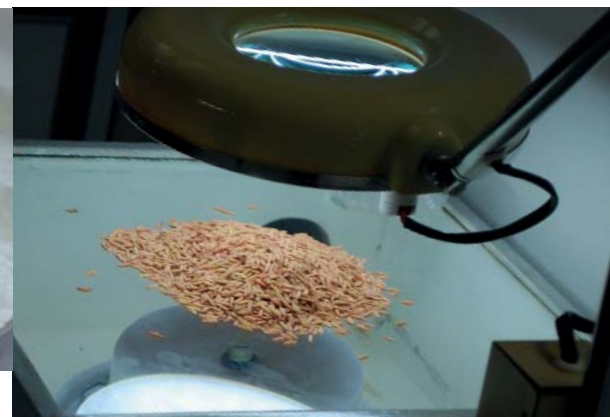
El área de difusión será un centro de elaboración de contenidos; de divulgación de las actividades del Ministerio y de promoción de carreras científico-tecnológicas que contará con un auditorio con actividades abiertas a la comunidad.

Este Polo Científico dará un nuevo perfil a esa zona de Palermo que ya está siendo denominada **“Palermo Science”**.

¿Qué significa para nuestro país la apertura de un centro de investigación tan prestigioso como la Sociedad Max Planck?

Es una muestra del **alto nivel de excelencia** que tienen las investigacio-

**“TENEMOS QUE DESARROLLAR TECNOLOGÍAS QUE PERMITAN PRODUCIR MÁS EN MENOR TERRENO, EN FORMA SOSTENIDA Y RESPETANDO LOS ECOSISTEMAS”.**



*“La Argentina tiene una política de Estado que jerarquiza la CyT”*

nes en nuestro país. Esto nos distingue de otros de América Latina y nos facilita convocar a otras instituciones para que funcionen en el mismo predio.

#### ¿Cómo se integran los sistemas científico-tecnológicos en el MERCOSUR?

Casi desde la creación del MERCOSUR existe una reunión especializada en Ciencia y Tecnología (la RECyT) que buscó coordinar las políticas del sector con éxito relativo. Ahora avanzamos hacia proyectos más concretos que implican acceso a financiamiento y coordinación efectiva entre los distintos países.

El primero, es el proyecto **biotec UE-MERCOSUR** destinado a mejorar, mediante la biotecnología, distintas cadenas agroalimentarias y una forestal.

El segundo está relacionado con **plataformas biomédicas** que incluyen a este Polo de la sociedad Max Planck, al Instituto Pasteur de Montevideo y otras instituciones de Paraguay y Brasil. Se trata del primer proyecto de estas características del MERCOSUR.

#### Brasil aparece dentro del MERCOSUR como un socio estratégico de la Argentina... ¿Cuál es su mirada desde la CyT?

Claramente es un socio estratégico y tiene un desarrollo científico muy importante. Brasil y la Argentina son, seguramente, los países con mayor desarrollo científico-tecnológico de América del Sur. De hecho, un estudio publicado en la revista Nature sobre la eficiencia de la cooperación científica entre países

concluyó que la **relación entre Brasil y la Argentina es la más intensa de todas** las cooperaciones que existen entre dos naciones en el mundo. Esto muestra cuán importante es esta complementación y cooperación. De hecho, vamos a participar en la construcción de algunos de los módulos de **luz sincrotrón**, una infraestructura muy importante de investigación en la Universidad de Campiñas (Brasil). Creo que en el futuro la cooperación con Brasil va a ser más estrecha.

#### ¿Cuál es el balance de Ciencia y Técnica en la Argentina de estos últimos años?

Logramos reconstruir el Sistema Científico argentino con **más investigadores, mayores salarios y mejor infraestructura**. Hoy contamos con un acoplamiento más eficaz entre la generación de conocimiento y la actividad productiva gracias a fondos sectoriales y al financiamiento de consorcios público-privados en distintas áreas como biotecnología, nanotecnología y las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC). Finalmente, inauguramos la sede del Ministerio y lanzaremos el canal de TV.

Son logros que consolidan la decisión estratégica de **jerarquizar la CyT** y convertirla en una política de Estado.

#### ¿Qué temáticas son las que actualmente el Ministerio prioriza a la hora de otorgar apoyos a proyectos?

Nuestra política tiene dos componentes: financiar las áreas del conocimiento (a través de los fon-

**“ESTA NUEVA LÓGICA DE FINANCIAMIENTO EXIGE QUE HAYA UNA ASOCIACIÓN DESDE EL INICIO ENTRE EL SECTOR PÚBLICO Y EL PRIVADO PARA ASEGURAR QUE LA INVERSIÓN LLEGUE AL CIUDADANO”.**



“La Argentina tiene una política de Estado que jerarquiza la CyT”



dos de promoción científica de la Agencia como el FONTAR) y apuntalar algunas áreas que consideramos importantes. En este sentido, tenemos tres plataformas tecnológicas (biotecnología, TIC y nanotecnología) que cruzan a áreas problema-y-oportunidad como la salud, la agroindustria, la energía y el desarrollo social.

Esta nueva lógica exige que haya una asociación desde el inicio entre el sector público y el privado para **asegurar que esa inversión del Estado llegue al ciudadano.**

¿Cuáles son las temáticas priorizadas en materia de capacitaciones de los científicos de nuestro país?

Damos un apoyo específico a las carreras de **informática** con becas de grado TIC para facilitar la compleción de la carrera universitaria. Nos interesa, en general, la formación en todas las ciencias básicas y, en particular, las **ingenierías** que son un factor limitante en el futuro desarrollo del país. También apoyamos la formación de **gerentes tecnológicos** que vinculan al sector de la creación del conocimiento con el de su aplicación.

Si se considera que en octubre de este año nació el habitante número

7.000 millones ... ¿Qué acciones realizan desde las instituciones de CyT argentinas para anticiparse a las futuras demandas de alimentos?

El problema serán los 2.000 millones que van a venir antes del 2050 y que exigirían un 70 por ciento más de alimentos. La única manera de satisfacer esa demanda será a través de la tecnología.

Nosotros priorizamos al sector agroalimentario y estamos apuntando como meta general a lo que la Royal Society de Inglaterra definió como "el desafío": **la intensificación sostenible de la agricultura global.** Para ello, tenemos que desarrollar tecnologías que permitan producir más en menor terreno, en forma sostenida y respetando el mantenimiento de los ecosistemas. Esto sólo es posible con un abordaje interdisciplinario. A pesar de que estamos hablando del 2050, los tiempos necesarios para incrementar la productividad agropecuaria son commensurables así que para nosotros es un área crítica.

¿Lo mismo sucede con acciones para mitigar o adaptarse al cambio climático?

Si, muchas de estas investigaciones que tienden a obtener variedades vegetales resistentes a la sequía tienen doble propósito: distinguir cultivos en zonas marginales (que históricamente no fueron aptas para la agricultura) y dar opciones al productor para un eventual cambio en las condiciones climáticas. Para ello, de-

**“NOS INTERESA PROMOVER VOCACIONES. EL PAÍS NECESITA INGENIEROS, PROGRAMADORES, FÍSICOS Y QUÍMICOS”.**



*“La Argentina tiene una política de Estado que jerarquiza la CyT”*

beríamos tener un **portafolio de variedades vegetales** que permita adaptarse a distintas zonas del país que probablemente sufran cambios de distinta índole.

El **cambio climático** es algo que agrava el problema de la **seguridad alimentaria** porque algunas predicciones no muy optimistas indican que la producción de alimentos disminuiría en un 30 por ciento. Entonces tenemos una situación realmente crítica por delante.

El proyecto "Raíces", además de repatriar científicos, considera la vinculación con investigadores argentinos en el exterior... ¿Cómo funciona esa red y en qué proyectos conjuntos se encuentran trabajando?

El programa es muy amplio y con una multiplicidad de instrumentos que abarcan acciones de distintos organismos. Tiene una **base de datos** en la que se incorporan los investigadores y técnicos que están fuera del país para recibir información periódica sobre lo que ocurre en la Argentina y cuenta con las **becas Milstein** para quienes deseen dar clases o formar gente en este país. También está compuesto por un programa de **radicación de investigadores** que fue muy exitoso porque por primera vez se le da al investigador la seguridad de un contrato y la remuneración equiparable a la de cualquier investigador que permaneció en el país y que pudo acumular distintos tipos de adicionales. Para nosotros es importante mantener el vínculo con la comunidad científica en el exterior porque ellos pueden **contribuir efectivamente al desarrollo científico del país**. Hoy hay más de una

veintena de investigadores que están colaborando efectivamente desde la meteorología, la física o la biología molecular, entre otras disciplinas.

Como ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva... ¿Cómo ve al INTA?

El INTA es uno de los pilares de la actividad científico-tecnológica de nuestro país. Tiene un perfil muy particular porque es capaz de hacer investigación científica básica de muy buen nivel y una actividad de extensión que es insustituible.

Nos interesa profundizar esa relación con un nuevo **programa de innovación inclusiva** que tienda a lograr lo que la presidenta de la Nación, Cristina Fernández de Kirchner, llama "la industrialización de la ruralidad" y creo que el Estado, además de obtener información y hacerla disponible, tiene que participar activamente en el armado de nuevos eslabonamientos productivos. Tenemos que avanzar un poco más como Estado si queremos lograr un impacto positivo en la inclusión social pasando a organizar gerencialmente estos proyectos.

El Ministerio implementa numerosas acciones destinadas a la promoción de la ciencia... ¿Por qué el desarrollo y fortalecimiento de la comunicación científica parece ser tan importante para ustedes?

La **comunicación científica** es una **responsabilidad social del investigador** que está financiado por la sociedad. Lo primero que recibe el contribuyente

es información actualizada y rigurosa sobre distintos aspectos de la realidad que se está estudiando. En segundo lugar, nos interesa mucho que se **valore el sector de CyT** y se muestren también los **impactos económicos**; queremos mostrar los casos de éxito cuando hay una interacción productiva entre el sector científico y el sector privado o el estatal. Y finalmente, nos interesa **promover vocaciones**. El país necesita ingenieros, programadores, físicos y químicos y no los está produciendo en la cantidad adecuada.

Hoy apuntamos a un país que requiere de conocimiento. Si no tenemos profesionales en la ciencia, ese futuro que estamos mostrando en Tecnópolis difícilmente sea accesible. **No sólo tenemos que divulgar, sino publicitar las ciencias**; no sólo contar lo que hay, sino hacerlo atractivo. Tenemos que convencer al adolescente de que sus posibilidades de ascenso social son mayores con una carrera científico-tecnológica.

**“BRASIL Y ARGENTINA SON LOS PAÍSES CON MAYOR DESARROLLO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO DE AMÉRICA DEL SUR. CREO QUE EN EL FUTURO LA COOPERACIÓN CON BRASIL VA A SER MÁS ESTRECHA”.**



“La Argentina tiene una política de Estado que jerarquiza la CyT”



## Pastillas

Más información en <http://ria.inta.gov.ar>



### Cambio Climático en Cuyo

Más de 100 estudiantes y profesionales asistieron a la jornada sobre Cambio Climático en las actividades agropecuarias de la región de Cuyo organizada por el INTA en conjunto con la Universidad Nacional de Cuyo.

Este encuentro fue el primero de una serie que serán auspiciados por la Revista RIA para democratizar el conocimiento científico en materia agropecuaria y **reforzar los lazos entre investigadores e instituciones** que forman parte del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

“Tan importante como hacer, es dar a conocer los resultados de los trabajos científicos”, sostuvo el director de RIA, Máximo Bontempo, durante la apertura.

### ISA: múltiples reconocimientos

La investigación del INTA y de la UNSaM relacionada con la obtención del primer bovino doble transgénico del mundo que podrá producir leche maternizada fue destacada por las máximas autoridades del país y premiada por diversas entidades.

La presidenta de la Nación, **Cristina Fernández de Kirchner**, nombró este logro como un ejemplo de lo que puede lograr este país en materia de seguridad alimentaria durante la Cumbre del G-20 en la ciudad francesa de Cannes.

A su vez, el trabajo también fue reconocido por el CITA y ganó el **premio Innovar 2011**, otorgado por el Ministerio de Ciencia en Tecnópolis.



### El trigo del futuro

Investigadores argentinos participan de una iniciativa internacional que busca mejorar la productividad del trigo en un marco sustentable para anticipar las **demandas alimentarias futuras** frente al cambio climático y el posible aumento de precios a nivel mundial. En este sentido, la FAO estimó que **para el 2050 la población mundial ascenderá a 9.100 millones**, por lo que la demanda de alimentos se incrementaría en un 70 por ciento en un mundo con menor superficie y nuevas demandas de cultivos que permitan producir biocombustibles. Esto ocasionaría un ascenso de precios que podría ser solucionado mediante el aumento de la producción mundial.

### Recuperar suelos halomórficos

Investigadores del INTA buscan transformar **suelos salinos en futuras tierras productivas** que sean sustentables para la economía regional y nacional.

En este país, existen unas **13 millones de hectáreas** caracterizadas por la presencia de sales en su perfil que pueden ser recuperadas (entre las regiones más afectadas se encuentran el Chaco semiárido, la depresión del salado y el noroeste de la provincia de Buenos Aires).

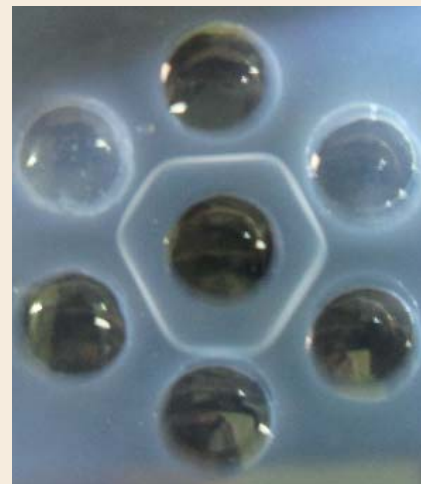
“Con **tiempo, manejo y buenas prácticas**, el potencial productivo que poseen los convierten en clave para el aumento de la producción agrícola-ganadera”, señaló el director del Centro de Investigación en Recursos Naturales del INTA, Roberto Casas.

### Kit nacional con valor agregado

El INTA desarrolló un kit para detectar la **Anemia Infecciosa Equina (AIE)**, una enfermedad viral que ocasiona importantes pérdidas económicas relacionadas con la disminución de las capacidades físicas del animal.

Se trata de una afección que se caracteriza por un **decaimiento general** del equino (anemia y debilidad, entre otros factores) que ocasiona su retiro del circuito de competencia para el cual fue considerado.

El **kit rp26 IDGA INCUINTA AIE**, que fue desarrollado, validado y comercializado por el INTA, es 100 por ciento **confiable** y más **económico** que el resto de los kits importados que se encuentran actualmente en el mercado.



## Políticas de publicación

### Acceso abierto

RIA es una publicación de acceso abierto, lo que significa que todo el contenido está disponible gratuitamente. Los usuarios pueden leer, descargar, copiar, distribuir, imprimir, buscar o vincular los textos completos de los artículos en esta revista sin pedir permiso previo del editor o el autor, aunque se agradecerá informarlo a [revista\\_ria@correo.inta.gov.ar](mailto:revista_ria@correo.inta.gov.ar). Esto está de acuerdo con la definición BOAI de acceso abierto.

### Autores

Los investigadores deberán tener en cuenta las normativas de redacción de la Revista a la hora de enviar su artículo y deberán aceptar los "términos y condiciones".

### Autoría del trabajo

Según la OMPI, "la propiedad intelectual tiene que ver con las creaciones de la mente" y se divide en dos categorías: industrial y derecho de autor. RIA cuenta con la segunda, concesión que se encuentra contemplada dentro de los "términos y condiciones" de la publicación. En el caso de que el trabajo contenga más de un autor, quien suba el trabajo será el contacto con la revista y se hará responsable de mantener informados a sus co-autores. La revista tomará las opiniones esgrimidas por ese autor como representativas de su equipo.

### Responsabilidades

El autor-contacto deberá asegurar que la información del artículo sea válida y esté disponible para un análisis más profundo (en caso de ser necesario); aprobar y modificar en representación de su grupo el artículo de acuerdo a las observaciones de los evaluadores; y facilitar la disponibilidad de datos, materiales y productos descriptos en el trabajo.

### Sugerencias

Los autores de los trabajos pueden sugerir evaluadores para sus artículos, aunque la decisión sobre los referis será realizada por el Comité Editorial de la publicación. Además, podrán también recomendar la exclusión de determinados evaluadores o instituciones.

### Naturaleza de materiales presentados

Todo el material suministrado a la revista debe ser original y no haber sido enviado a otras publicaciones. Esta publicación acepta el envío de material que haya formado parte de una tesis académica publicada de acuerdo a los estándares solicitados por la entidad educativa. Si el autor decidiera utilizar figuras usadas anteriormente o en otra publicación, deberá presentar un documento en el que se asegure que la entidad que tiene el derecho sobre esas imágenes dio su permiso para utilizarlas en esta revista. Los editores de RIA consideran de buena fe que todo el material enviado para publicación cuenta con los permisos necesarios para ser difundidos.

### Conflictos de interés

La transparencia en las actividades que tiene a su cargo la Revista es fundamental para la consolidación de su buen nombre en los ámbitos científico-tecnológicos internacionales, por lo cual, RIA requiere a los autores de los artículos una declaración de conflicto de intereses (incluida en los "términos y condiciones"). En el caso de que los hubiese, el artículo será acompañado de una llamada de atención. Por otra parte, la revista también exige a sus evaluadores informar posibles casos de conflicto de intereses a la hora de revisar un determinado artículo.

### Tipos de conflicto

De acuerdo a la temática tratada en la Revista RIA, se ha decidido considerar el conflicto de interés en relación al aspecto monetario para la realización del artículo científico (esto incluye gastos de capacitación, empleo, maquinarias, etc.). Así, se considera que este tipo de conflicto puede perjudicar el juicio de un autor o evaluador sobre los documentos que escriba o revise (de acuerdo al caso que corresponda). Antes de enviar el artículo, por favor tenga en cuenta los cinco años previos.

- **Financiación:** se trata del soporte económico de la investigación (salarios, equipamiento, cobertura de capacitaciones, etc.) a través de organizaciones que puedan ganar o perder económicamente por la difusión del artículo.

- **Empleo:** pasado, presente o futuro empleo ofrecido por una organización que pueda ganar o perder económicamente a partir de la difusión del artículo.

- **Intereses personales:** acciones en compañías que puedan ganar o perder económicamente a partir de la difusión del artículo; o patentes cuyo valor pueda ser afectado por la publicación.

### Confidencialidad

RIA asegura mantener la confidencialidad de los datos correspondientes a los artículos hasta el momento de su publicación. Si el material es rechazado, la confidencialidad se resguarda por tiempo indeterminado. En este sentido, también se les solicita a los autores que guarden reserva de los artículos enviados (siempre y cuando hayan sido aceptados para publicación) hasta el momento que la información se difunda vía digital o impresa.

### Materiales y exámenes

Los materiales y los datos susceptibles de experimentación deben ser explicados claramente para que otras personas puedan replicar las mismas experiencias. Cualquier restricción a este punto, deberá ser informada a la revista. Se agradecerá explicar al lector el acceso a los datos o materiales del texto.

### Ética en el uso de animales

Todo trabajo que involucre el uso de animales para experimentación debe cumplir las pautas nacionales e internacionales de Bienestar Animal.



# Ensayo a campo de la eficacia de acaricidas comerciales para el control de *Varroa destructor* (Acari: varroidae)

CRESPO, R.J.<sup>1</sup>; CRESPO, L.R.<sup>1</sup>; VIADER, S.A.<sup>1</sup>; GUARDIA LÓPEZ, A.<sup>2</sup>

## RESUMEN

La varroosis, causada por *Varroa destructor* Anderson & Trueman, es una de las principales parasitosis de *Apis mellifera* L. El objetivo de este trabajo fue evaluar a campo la eficacia del control otoñal con acaricidas comerciales en el partido de Olavarría (Buenos Aires, Argentina). Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y cinco repeticiones en un apiario en producción: 1- Cumavar<sup>®</sup>, 2- Amivar<sup>®</sup>, 3- Wang's Manpu<sup>®</sup>, y 4- Testigo. Al final del tratamiento se realizó un tratamiento de "choque" con los dos principios activos diferentes al del tratamiento principal. Se monitoreó la infección de ácaros pre y postratamiento; semanalmente se contaron los ácaros caídos para calcular la eficacia de control porcentual (E) y ajustada (E<sub>a</sub>) por la fórmula de Abbott. Los acaricidas evaluados resultaron igualmente eficaces en controlar el ácaro *V. destructor* cuando fueron comparados al tratamiento testigo. Cumavar<sup>®</sup> tuvo mayor E y E<sub>a</sub> (99,5% y 98,9%, respectivamente), las cuales no difirieron ( $p < 0,05$ ) de las obtenidas con Amivar<sup>®</sup> (89,2% y 87%, respectivamente). Con Wang's Manpu<sup>®</sup> se obtuvo una E de 78% y no difirió estadísticamente ( $p < 0,05$ ) de la E de los otros acaricidas. Sin embargo, la E<sub>a</sub> de Wang's Manpu<sup>®</sup> (74,7%) fue significativamente ( $p < 0,05$ ) diferente de la de Cumavar<sup>®</sup>. El volteo con Cumavar<sup>®</sup> fue superior al 90% del total de ácaros a los 14 días de iniciado el ensayo. Con Amivar<sup>®</sup> y Wang's Manpu<sup>®</sup> el volteo fue de 70% al cabo del mismo período. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la importancia de evaluar regionalmente los diferentes acaricidas comerciales para considerar sus interacciones con el sitio y detectar posibles casos de ácaros resistentes.

**Palabras claves:** *Apis mellifera*, amitraz, cumafós, fluvalinato, sanidad apícola.

## ABSTRACT

Varroosis is caused by *Varroa destructor* Anderson & Trueman, and is one of the major parasite diseases of *Apis mellifera* L. The objective of this work was to evaluate acaricide efficacy of three commercial miticides in Olavarría (Buenos Aires, Argentina). A randomized complete design with four treatments and five repetitions was used in a production apiary: 1) Cumavar<sup>®</sup>, 2) Amivar<sup>®</sup>, 3) Wang's Manpu<sup>®</sup>, and 4) Control (no miticides). At the end of each treatment, a shock treatment was applied using two different active substances than the principal treatment. The mite infection was tested before and after treatment. Dead mites were weekly recorded to calculate the efficacy percentage (E) and the corrected efficacy (E<sub>a</sub>) by Abbott's formula. The evaluated miticides resulted equally effective to control *V. destructor* when they were compared to the control treatment. Cumavar<sup>®</sup> had higher E and E<sub>a</sub> (99,5% and 98,9%, respectively) and these were not statistically different ( $p < 0,05$ ) than E from Amivar<sup>®</sup> (89,2% and 87%, respectively). Wang's Manpu<sup>®</sup> showed an average acaricide efficacy of 78% that was not significantly different ( $p < 0,05$ ) than Cumavar<sup>®</sup>. However, the E<sub>a</sub> of Wang's Manpu<sup>®</sup> (74,7%) was significantly different than Cumavar<sup>®</sup>'s E<sub>a</sub>. The dumping observed at 14 days from the beginning of the experiment was higher than 90% for Cumavar<sup>®</sup>. The dumping with Amivar<sup>®</sup> and Wang's Manpu<sup>®</sup> was 70%. The results showed the importance of the regional evaluation of commercial miticides to account for their site specific interactions and detect possible generation of resistant mite populations.

**Keywords:** *Apis mellifera*, amitraz, coumaphos, fluvalinate, bee health.

1 Programa Cambio Rural Bonaerense, Ministerio de Asuntos Agrarios. Dirección postal: José L. Torres 3242, B7400MCL, Olavarría. Correo electrónico: rojacre@yahoo.com.ar

2 Programa Cambio Rural Bonaerense, Ministerio de Asuntos Agrarios, Prov. de Buenos Aires. Correo electrónico: aguardialopez@yahoo.com.ar

Recibido 14 de septiembre de 2010 // Aceptado 11 de julio de 2011 // Publicado online 14 de septiembre de 2011

## INTRODUCCIÓN

La apicultura representa una importante actividad exportadora dentro del sector agropecuario argentino con un ingreso estimado de 177 millones de dólares en 2009 (SAGPyA, 2011; SENASA, 2011). En la provincia de Buenos Aires esta actividad concentra cerca de 12.000 productores (el 41% del total del país) y produce aproximadamente el 50% de la producción nacional estimada en 75 mil toneladas en 2008-09 (SAGPyA, 2011).

Entre algunas de las dificultades que enfrenta el sector apícola argentino se encuentra la Varroosis (*Varroa destructor* Anderson & Trueman) (Anderson y Trueman, 2000), una enfermedad parasitaria con alta incidencia desde hace ya algunas décadas sobre colonias de *Apis mellifera* L. (SAGPyA, 2011). En el sudeste asiático, el ácaro *V. destructor* se encuentra en equilibrio con su hospedante *Apis cerana* L. A diferencia de lo que ocurre en el sudeste asiático donde la Varroosis es una enfermedad endémica, en occidente, *V. destructor* ha cambiado de hospedante, *A. mellifera* y no se presenta en equilibrio. Actualmente, a nivel mundial y local, la Varroosis causa serias pérdidas de producción debido a un debilitamiento general de las colmenas, como así también su muerte (Webster y Delaplane, 2001).

Con el objetivo de llevar adelante algunas medidas profilácticas tendientes al control de la Varroosis, se han utilizado diversos principios activos (cumafós, amitraz, bromopropilato, cimiazol, fluvalinato, flumetrina, etc.), y susstratos (tiras plásticas y de cartón, geles y esponjas) (Webster y Delaplane, 2001). Las diferentes formulaciones de los acaricidas, en ocasiones mal empleadas, han producido la contaminación de la producción de miel y la aparición de poblaciones de ácaros resistentes a ciertos principios activos (Elzen *et al.*, 2000; Webster y Delaplane, 2001; Maver y Poklukar, 2003). Se han buscado nuevos principios activos y formulaciones que permitan evitar los citados inconvenientes. Entre ellos, se cuentan diversos ácidos orgánicos (oxálico, láctico y fórmico) y aceites esenciales (Eguaras *et al.*, 2001; Damiani *et al.*, 2009; Webster y Delaplane, 2001). Recientemente, extractos de plantas autóctonas de América del Sur tales como *Baccharis flabellata* and *Minthostachys verticillata* han mostrado actividad acaricidas en colonias de *A. mellifera* (Damiani *et al.*, 2011).

Por otro lado, los acaricidas de uso más generalizado en la actualidad, como amitraz, flumetrina, fluvalinato y el cumafós están siendo constantemente evaluados (Marcangeli *et al.*, 2005). Esto se debe a que frecuentemente los acaricidas no se comportan de la misma manera en todas las regiones y, por ende, su eficacia es variable. Un ejemplo son los ácidos orgánicos como el fórmico, que es muy dependiente de la temperatura de la colmena y de su ambiente exterior para poder actuar eficazmente (González-Acuña *et al.*, 2005). También el ambiente exterior de la colmena influye sobre el ácaro y sobre su hospedante (De Jong *et al.*, 1984; García Fernández, 1997).

Otro motivo, no menos importante, por el cual los productos acaricidas deberían ser evaluados es la creciente aparición de casos de resistencia en la Argentina. La

regionalización de estos casos, junto con las posibles variaciones de la eficacia impuestas por las condiciones ambientales de cada área geográfica, pueden ser causas de la variabilidad en el comportamiento de los acaricidas. A inicios de la década del 90 el fluvalinato tuvo alta eficacia para controlar las poblaciones de *V. destructor* en la Argentina. Sin embargo, altos niveles de infestación de *V. destructor* en colonias de *A. mellifera* fueron detectados a mediados de esa década, y unos de los primeros casos de la disminución en la eficacia del acaricida fluvalinato fue reportado por Fernández y García (1997). Como consecuencia, diferentes formulaciones de amitraz y cumafós comenzaron a ser utilizadas y una disminución en su eficacia también fue reportada poco más de una década después (Maggi *et al.*, 2009; 2010).

Este trabajo tuvo por objetivo evaluar a campo la eficacia de distintos marcas comerciales de acaricidas registrados bajo los nombres de Cumavar® (cumafós), Amivar® (amitraz) y Wang's Manpu® (fluvalinato), en el control del ácaro ectoparásito *V. destructor* en colonias de *A. mellifera*, situadas en el partido de Olavarría (Buenos Aires, Argentina).

## METODOLOGÍA

El ensayo se llevó a cabo en un apiario en producción situado dentro del Cuartel I (Sección Chacras) del partido de Olavarría, durante el otoño de 2006 y en el marco del Programa Cambio Rural Bonaerense del Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires. La región se caracteriza por poseer un clima templado-húmedo con influencia oceánica, y sin estación seca.

La ejecución del ensayo se realizó bajo las normas del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), para la realización de ensayos de eficacia de acaricidas (2011, no publicado). Se seleccionaron 20 colonias de un apiario de colmenas tipo Langstroth de *A. mellifera* infestadas naturalmente por el ácaro *V. destructor*. Esta operación se llevó a cabo bajo los criterios de edad de la reina (no más de dos años), de población de abejas (mayor a ocho marcos cubiertos de abejas), cantidad de cría (entre cinco y ocho marcos), y reservas de miel y polen. Al comienzo de la experiencia la totalidad de las colmenas estaban formadas por una cámara de cría y una alza melaria.

Cada colmena fue provista de un "piso sanitario" (Marcangeli, 1999). El mismo constó de un marco de madera con una malla metálica de 2 mm y, por debajo, una bandeja de aluminio. El conjunto se colocó entre el piso estándar de la colmena y la cámara de cría. De esta manera, se aseguró la recolección de los ácaros caídos sobre la bandeja, sin que las abejas pudieran retirarlos de la colonia. La salida de las abejas se aseguró por delante de la colmena mediante una rampa de vuelo y piquera confeccionada en el marco del "piso sanitario". El piso estándar de la colmena fue invertido, de manera que se facilitara la extracción de la bandeja metálica (Marcangeli, 1999).

Previo al estudio y al finalizar cada tratamiento, se evaluó el nivel de infestación de las colonias con el ácaro, siguiendo



la metodología de “monitoreo con alcohol o detergente” (Marcangeli, 1999). Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y cinco repeticiones: 1- Cumavar® (Francisco José Tejerina), en tiras plásticas con cumafós (0,68 g), 2- Amivar® (Apilab S.A.), en tiras de liberación lenta de celulosa con amitraz (1 g), 3- Wang’s Manpu® (Chen Wang S.R.L.), en tiras de cloruro de polivinilo (PVC) con fluvalinato (40 mg), y 4- Testigo. Las colmenas fueron seleccionadas al azar para cada tratamiento.

El ensayo comenzó el día 19 de marzo de 2006 con el monitoreo de *V. destructor*, la colocación de los pisos sanitarios y el tratamiento sanitario correspondiente. El tratamiento se realizó siguiendo las instrucciones del marbete de cada acaricida a evaluar. Las tiras de Cumavar® permanecieron en las colmenas por 45 días y las de Amivar® 30 días al igual que las de Wang’s Manpu®. Al cabo de ese período se procedió a aplicar un tratamiento de “choque” con el fin de controlar los ácaros remanentes después del tratamiento principal y determinar el 100% de los ácaros presentes en la colonia. El tratamiento de “choque” consistió en aplicar dos productos acaricidas elaborados con principios activos pertenecientes a grupos farmacológicos diferentes entre sí y al principio activo de la formulación sometida a evaluación. Una vez aplicado este tratamiento, se tomaron muestras acordes con el tiempo de acción de estos dos productos. En el tratamiento testigo, el tratamiento de “choque” consistió en Amivar® y Cumavar® después de 45 días de comenzado el ensayo.

El recuento de ácaros caídos durante los tratamientos se realizó a los 2, 7, 14, 21, 28 y 30 días de iniciado el tratamiento con Amivar® y Wang’s Manpu®. Al tratamiento con Cumavar® y al testigo se le realizaron recuentos de ácaros adicionales a los 35, 42 y 45 días. En el tratamiento de “choque”, el recuento de ácaros se realizó en la misma secuencia que durante el tratamiento a evaluar y se extendió hasta el momento de extraer el último producto de la colmena. Al finalizar el ensayo, cuando se retiraron los acaricidas del tratamiento de “choque”, todas las colonias fueron revisadas con el objeto de comprobar su estado general.

La eficacia de los tratamientos se calculó bajo dos formas. La primera fue el cálculo de la eficacia porcentual (E) (Marcangeli, 1999):

$$E = \frac{A_t}{A_{t+c}} \times 100$$

donde,

$A_t$  = Número de ácaros caídos durante el tratamiento.

$A_{t+c}$  = Número total de ácaros caídos durante el tratamiento y el “choque”.

Parte de los ácaros que se encontraron en el piso de las colmenas bajo tratamiento acaricida murieron en forma natural y no por acción del producto evaluado. Es por ese motivo que en la segunda forma la E fue ajustada basándose en la fórmula de Abbott (Abbott, 1925), que utiliza el porcentaje de mortandad natural del ácaro detectado en las colmenas testigo.

Los valores de E y  $E_a$  fueron sujetos a un análisis de varianza (ANOVA) utilizando SAS 9.2® (SAS, 2009). La eficacia del tratamiento se evaluó a través de una comparación de medias utilizando el test de Tukey–Kramer ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestran los niveles de infestación de las colmenas antes y después de la aplicación del tratamiento acaricida, y al culminar el tratamiento de “choque”. De la tabla se desprende que en las colmenas tratadas con acaricidas disminuyó la población de ácaros, mientras que en las colmenas testigo, la población de *V. destructor* siguió aumentando. Si bien los monitoreos arrojaron tendencias claras, los valores entre y dentro grupos de colmenas fueron variables. Esto parece ser independiente de las evaluaciones visuales realizadas en las que las colmenas presentaban un estado uniforme de población y reservas protéicas y energéticas.

En la tabla 2 se observa la cantidad de ácaros caídos promedios totales posterior al tratamiento y después del tratamiento de “choque”. Además, en la misma tabla se muestran los valores de E y  $E_a$  para cada tratamiento. Cumavar® ejerció un control casi total del ácaro con una E de 99,5%, y una  $E_a$  levemente inferior (98,9%) (tabla 2). La E de los tratamientos acaricidas difirió significativamente ( $p < 0,05$ ) respecto del testigo, pero no difirieron significativamente entre las marcas comerciales utilizadas en los tratamientos. La  $E_a$  de Cumavar® fue la más alta y no difirió significativamente ( $p < 0,05$ ) de la  $E_a$  de Amivar®. Con el acaricida Wang’s Manpu® se obtuvo la menor  $E_a$  que difirió significativamente ( $p < 0,05$ ) de la obtenida con Cumavar® pero no de la de Amivar® (tabla 2).

Con Amivar® se lograron valores de E y  $E_a$  de 89,2% y 87%, respectivamente. Estos fueron alrededor de 10% menores a los obtenidos con Cumavar® (tabla 2). Los valores de E y  $E_a$  obtenidos con Wang’s Manpu® fueron casi 21 puntos porcentuales menor a los obtenidos con Cumavar®.

Los resultados obtenidos demuestran que los productos evaluados fueron capaces de eliminar una gran cantidad de ácaros del interior de las colmenas. Sin embargo, también se observó un amplio rango de eficacia principalmente con Wang’s Manpu® y en menor medida con Amivar®. En Wang’s Manpu®, los coeficientes de variación (CV) de la E y  $E_a$  fueron particularmente más altos que los de los otros tratamientos (25,6 y 28,3%, respectivamente), lo que demuestra la gran variabilidad de los datos (tabla 2). Aunque esta variabilidad de la eficacia podría sugerir algún grado de disminución en la susceptibilidad del ácaro *V. destructor* a fluvalinato, la historia de las colonias utilizadas no incluyó tratamientos con ninguno de los acaricidas pertenecientes a la familia de los piretroides en los cinco años previos a la realización del presente estudio. Sin embargo, y de acuerdo con Sammataro *et al.* (2005), podría especularse en que alguna forma de contaminación tal como deriva de abejas, robo de miel o introducción de abejas reinas o paquetes contaminados con ácaros resistentes a fluvalinato, podría

Monitoreo	Amivar <sup>®</sup>	Cumavar <sup>®</sup>	Wang's Manpu <sup>®</sup>	Testigo
Pretratamiento	3,3	4,8	5,3	2,5
Postratamiento	1,2	0,0	2,8	6,7
Poschoque	0,0	0,0	0,0	0,1

Tabla 1. Niveles porcentuales promedios de infestación con ácaros de los cuatro grupos de colmenas bajo tratamiento en pre y postratamiento.

Tratamiento	Amivar <sup>®</sup>	Cumavar <sup>®</sup>	Wang's Manpu <sup>®</sup>	Testigo
Varroas caídas durante el tratamiento	3056	4218	3258	152
Varroas caídas durante el choque	340	8	481	1483
Eficacia (%) <sup>1</sup>	89,2 ± 7,0 b	99,5 ± 0,5 b	78,0 ± 19,9 b	9,7 ± 1,27 a
Eficacia ajustada (%) <sup>1</sup>	87,0 ± 7,8 ab	98,9 ± 0,5 b	74,7 ± 21,4 a	

<sup>1</sup> Los valores en filas seguidos de una misma letra no difieren entre sí según Test de Tukey - Kramer ( $p \geq 0,05$ ).

Tabla 2. Número de ácaros promedio eliminados en cada tratamiento acaricida y el tratamiento de "choque". Eficacia porcentual y Eficacia ajustada por la fórmula de Abbott (Abbott, 1925).

haber sido el medio por el cual esa variabilidad en la eficacia de Wang's Manpu<sup>®</sup> se originó.

El valor de E promedio obtenidos utilizando Amivar<sup>®</sup> están de acuerdo con el registrado previamente por Marcangeli *et al.* (2005), quien obtuvo 85,05% de eficacia, utilizando la misma marca comercial. Floris *et al.* (2001) utilizaron el producto registrado como Apivar<sup>®</sup> (500 mg de amitraz formulado en tiras plásticas) y obtuvieron una E de 83,8% y una E<sub>a</sub> de 74,9% sustancialmente menor a la presentada.

Contrapuestamente, Higes Pascual (1999) obtuvo valores de E considerablemente más bajos que los obtenidos aquí, pero más altos que los registrados por Marinelli *et al.* (2002) utilizando ambos Apivar<sup>®</sup> (amitráz). Higes Pascual (1999) obtuvo una E promedio de 98,4% durante el otoño. Marinelli *et al.* (2002), también utilizaron Apivar<sup>®</sup> y obtuvieron una eficacia promedio de 67%. Estas diferencias podrían ser debidas a la diversa formulación y dosis que fueron aplicadas respecto a lo aquí presentado. Asimismo, se observa que todos los autores anteriormente citados utilizaron el mismo producto comercial y obtienen distintos resultados. Respecto a esto, Marinelli *et al.* (2002) resaltaron las condiciones operativas y climáticas de la región central de Italia donde ellos evaluaron el acaricida, y que podrían tener algún efecto en el manejo del amitraz y, por ende, ser causantes de las divergencias en los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos con Cumavar<sup>®</sup> (tabla 3), son coincidentes con los hallados por Elzen *et al.* (2000) utilizando cumafós formulado en tiras plásticas al 10%. Estos

autores obtuvieron una E de 97% en el control de *V. destructor*. También Skinner *et al.* (2000) obtuvieron 95% de E con Checkmite+<sup>®</sup> (tiras plásticas con 10% de cumafós) en otoño.

Spreafico *et al.* (2001) realizaron un ensayo utilizando Perizin<sup>®</sup> (cumafós al 3,2%) y obtuvieron una E del 88%. Diferencias en la concentración del principio activo y el soporte nuevamente podrían haber sido causantes de las diferencias entre los resultados. En Estados Unidos, Pettis (2004) obtuvo altos valores de E con Checkmite+<sup>®</sup>, aunque resultaron variables según la región donde se realizó el ensayo. Al noreste de Estados Unidos obtuvo E de 98% y 89% para distintos ensayos, mientras que al sudeste la E fue de 80% (Pettis, 2004).

Una E de 78% obtenida con Wang's Manpu<sup>®</sup> (fluvalinato), resultó similar al 77% reportada por Fernández y Rey (2006). Contrariamente, González-Acuña *et al.* (2005) y Baxter *et al.* (2000) reportaron una E de 98,04% y 98%, respectivamente. En el mismo trabajo González-Acuña *et al.* (2005) obtuvieron una E<sub>a</sub> de 95,6%, muy superior a la aquí expuesta (tabla 2). Estos trabajos resaltaron la importancia que tiene el soporte material del acaricida que podría tener alguna influencia sobre la eficacia del producto utilizado. Respecto a esto, Fernández y Rey (2006) y González-Acuña *et al.* (2005) no recomendaron la utilización de tabletas de madera como soporte de productos acaricidas. Esto se debe a que es muy difícil controlar la cantidad de principio activo que se coloca. Asimismo, la manera en la que se libera la droga desde las tabletas de madera es bastante poco controlable.



La figura 1 muestra la progresión en la cantidad de ácaros caídos desde el inicio del tratamiento en los distintos tratamientos. También se muestran las variaciones ocurridas en los ácaros caídos después de la aplicación del tratamiento de “choque”. Esto último se visualiza más claramente, por su magnitud, en las colmenas testigo y, en menor medida, en las colmenas tratadas con Wang's Manpu® y Amivar®. Al momento de retirar cada uno de los acaricidas de las colmenas, todos ellos se encontraban en su máximo de control o muy próximos a él. Dada la menor eficacia obtenida con Amivar® y Wang's Manpu®, el control de ácaros se completó cuando se colocó el tratamiento de “choque” (figura 1). A los dos días de iniciado el ensayo, las diferencias en volteo de ácaros entre acaricidas no variaron en gran magnitud. Sin embargo, con el transcurso de los muestreos, las diferencias de ácaros volteados con Cumavar® respecto a los otros tratamientos fueron creciendo. A los 14 días de iniciado el ensayo, Cumavar® controló más del 90% de los ácaros totales de las colmenas, mientras que con Amivar® y Wang's Manpu® estuvo cercano a 70% (figura 1). Posteriores recuentos ascendieron en forma constante hasta 86% de control a los 28 días después del tratamiento.

Marinelli *et al.* (2002) obtuvieron un volteo inicial del 34% de los ácaros al cabo de la primera semana de tratamiento con Apivar®, 45% a la segunda semana hasta lograr 100% de control al final del tratamiento (42 días) a incrementos constantes. Las diferencias obtenidas con los resultados de Marinelli *et al.* (2002), pueden ser explicadas por la dosis de principio activo con que están formuladas las tiras plásticas Apivar® (500 mg) respecto a las tiras de celulosa de Amivar® (1 g).

Los resultados obtenidos con Wang's Manpu® reflejan un volteo inicial alto, comparables a los obtenidos por Gonzá-

lez-Acuña *et al.* (2005). Ellos observaron que por encima de los 14 días de tratamiento no controló gran cantidad de ácaros y su E promedio no cambia respecto de la inicial a los 14 días (figura 1). González-Acuña *et al.* (2005), observaron que, del total de ácaros eliminados por el fluvialinato, el mayor porcentaje de ácaros caídos se obtuvo durante los primeros 10 días de tratamiento (63%), mientras que en el resto de los días de tratamiento se consiguió eliminar un 30% de ácaros.

Al momento de finalizar la experiencia, el total de las colmenas permanecía en buen estado y no se registró ninguna pérdida. Este ensayo de campo constituye un reporte válido para las condiciones medioambientales del partido de Olavarría sobre la eficacia de estas marcas comerciales para el control de la Varroosis. De acuerdo a lo obtenido por Pettis (2004), se pone de manifiesto la importancia de evaluar la eficacia de los diferentes acaricidas en distintas regiones de manera de considerar sus variables climáticas y detectar posibles casos de resistencia del ácaro *V. destructor*.

En aquellos apiarios donde el ácaro *V. destructor* es aún susceptible, la rotación de principios activos acaricidas ayudaría a proteger la eficacia de esos pesticidas y evitar la resistencia. Si una disminución en la eficacia de algún producto acaricida es comprobada, la primera medida sería la introducción de un programa de manejo integrado de la resistencia. Esto debería incluir monitoreos periódicos de la población del ácaro, aplicación de métodos no químicos de control de *V. destructor*, selección de abejas reinas con tolerancia a la Varroosis y rotación de acaricidas con diferentes principios activos (Maggi *et al.*, 2010). Asimismo, una investigación participativa, regionalizada, coordinada y permanente es necesaria, de manera de evaluar la eficacia de todos los acaricidas presentes en el mercado de forma periódica.

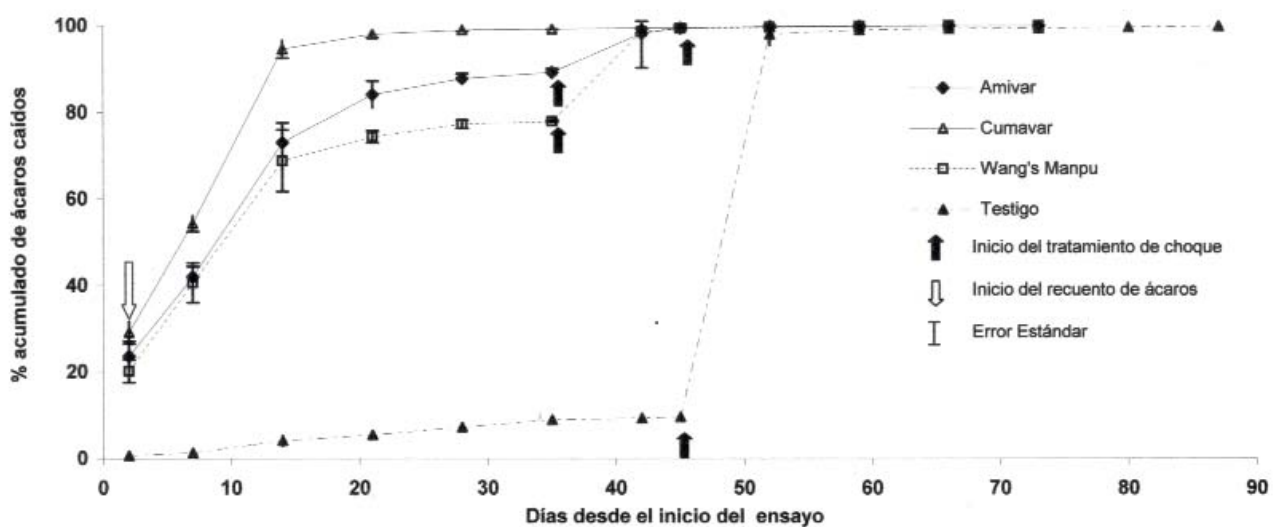


Figura 1. Porcentaje acumulado de ácaros caídos desde el inicio del tratamiento.

## CONCLUSIONES

Cumavar® fue el acaricida que mejor comportamiento mostró en controlar el ácaro *V. destructor* con una eficacia superior al 98%. Amivar® y Wang's Manpu® tuvieron moderada eficacia (87 y 74,7%, respectivamente) y mostraron mayor variabilidad en el control de los ácaros entre colmenas. Estos resultados alertan sobre la posible influencia del ambiente sobre la eficacia de los acaricidas, como de la posible generación de poblaciones de ácaros resistentes. Queda de manifiesto la necesidad de una constante evaluación de los acaricidas para detectar algunos de los efectos citados.

## AGRADECIMENTOS

A los integrantes del Grupo Cambio Rural Bonaerense Apícola Olavarría por su invaluable colaboración. A la Ing. Ana B. Wingeyer por su constante apoyo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABBOTT, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- ANDERSON, D.L.; TRUEMAN, J.W.H. 2000 *Varroa jacobsoni* (Acari:Varroidae) is more than one species. *Exp. Appl. Acarol.* 24: 165-189.
- DAMIANI, N.; GENDE, L.B.; BAILAC, P.; MARCANGELI, J.A.; EGUARAS, M.J. 2009. Acaricidal and insecticidal activity of essential oils on *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Parasitol. Res.*, 106(1):145-152.
- DAMIANI, N.; GENDE, L.B.; MAGGI, M.D.; PALACIOS, S.; MARCANGELI, J.A.; EGUARAS, M.J. 2011. Repellent and acaricidal effects of botanical extracts on *Varroa destructor*. *Parasitol. Res.*, 108(1):79-86.
- DE JONG, D.; GONÇALVES, L.S.; MORSE, R.A. 1984. Dependence on climate of the virulence of *Varroa jacobsoni*. *Bee World.* 65:117-121.
- EGUARAS, M.; DEL HOYO, M.; PALACIO, M.A.; RUFFINENGO, S.; BEDASCARRASBURE, E.L. 2001. A new product with formic acid for *Varroa jacobsoni* Oud. control in Argentina. I. Efficacy. *J. Veterinary Medicine Series B*, 48(1):11.
- ELZEN, P. WESTERVELT, D. 2004. A scientific note on reversion of fluralinate resistance to a degree of susceptibility in *Varroa destructor*. *Apidologie.* 35:519-520.
- ELZEN, P.; BAXTER, J.R.; SPIVAK, M.; WILSON, W.T. 2000. Control of *Varroa jacobsoni* Oud. Resistant to fluralinate and amitraz using coumaphos. *Apidologie.* 31:437-441.
- FERNÁNDEZ, N.; GARCÍA, O. 1997. Disminución de la eficacia del fluralinato en el control del acaro *Varroa jacobsoni* en Argentina. *Gac. del Colmenar.* 4:14-18.
- FERNÁNDEZ H., C.E. y REY, M.F. 2006. Evaluación de diferentes productos para la obtención de un control apropiado para varroa en abeja melífera. En: Simposio Apícola Nacional, 3<sup>er</sup> Viña del Mar, Chile, 2 p.
- FLORIS, I.; SATTA, A.; GARAU, V.L.; MELIS, M.; CABRAS, P.; ALOUL, N. 2001. Efectiveness, persistence and residue of amitraz plastic strips in the apiary control of *Varroa destructor*. *Apidologie.* 32:577-585.
- GARCÍA FERNÁNDEZ, P. 1997. Influence of the environment and the host on parasitization by *Varroa jacobsoni* Oud. 33-47. En CIHEAM – IAMZ (eds.) *The Varroosis in the Mediterranean Region.* Cahiers Options Méditerranéennes. v. 21, 103 p. (<http://www.ciheam.org>, verificado: 8 de enero de 2011).
- GONZÁLES-ACUÑA, D.; ABARCA CANDIA, D.; MARCANGELI SUÁREZ, J.; MORENO SALAS, L.; AGUAYO QUILODRAN, O. 2005. Comparación de la eficacia del ácido fórmico y del fluralinato, como métodos de control de *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) en colmenas de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae), en Ñuble, centro sur de Chile. *Rev. Soc. Entomol. Arg.* 64(3):35-42.
- HIGES PASCUAL, M. 1999. Ensayo de campo de la eficacia del Apivar® y la rotenona en el control de la varroosis de la abeja de miel. *Apiacta*, 34:33-38.
- MAGGI, M.D.; RUFFINENGO, S.R.; DAMIANI, N.; SARDELLA, N.H.; EGUARAS, M.J. 2009. First detection of *Varroa destructor* resistance to coumaphos in Argentina. *Exp. and Applied Acarology*, 47(4):317-320.
- MAGGI, M.D.; RUFFINENGO, S.R.; NEGRI, P.; EGUARAS, M.J. 2010. Resistance phenomena to amitraz from populations of the ectoparasitic mite *Varroa destructor* of Argentina. *Parasitol Res.*, 107:1189–1192.
- MARCANGELI, J.; GARCÍA, M.C.; VEGA, C.; QUIROGA, A.; MARTIN, M.L.; DISTEFANO, L.; CANO, G. 2005. Estudio sobre la eficacia a campo del Amivar® contra *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) en Colmenas de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Rev. Soc. Entomol. Arg.* 64(1-2):29-33.
- MARCANGELI, J. 1999. Análisis comparativo de dos métodos utilizados para determinar el tamaño poblacional de *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) en colmenas de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires. *Rev. Soc. Entomol. Arg.* 58(3-4):173-178.
- MARINELLI, E.; DE PACE, F.M.; RICCI, L. 2002. Efficacia di Apivar per il controllo della varroa. *Nota preliminare.* *Apitalia*, 4:45-49.
- MAVER, L.; POKLUKAR, J. 2003. Coumaphos and amitraz residues in Slovenian honey. *Apiacta.* 38:54-57.
- PETTIS, J. S. 2004. A scientific note on *Varroa destructor* resistance to coumaphos in the United States. *Apidologie.* 35:91–92.
- SENASA, 2011. Reporte Comparativo del Comercio Exterior de Productos, Subproductos y Derivados de Origen Animal. Años 2009 y 2010. Oficina de Estadísticas de Comercio Exterior, Servicio de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, Argentina. (<http://www.senasa.gov.ar>, verificado: 9 de junio de 2011).
- SAGPyA. 2011. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, Argentina. (<http://www.alimentosargentinos.gov.ar>, verificado: 9 de junio de 2011).
- SAMMATARO D; PIA U, GUERRERO, F.; FINLEY, F. 2005. The resistance of *Varroa mites* (Acari: Varroidae) to acaricides and the presence of esterase. *Internat J Acarol* 31(1):67-74.
- SAS INSTITUTE INC. 2009. SAS/GRAPH® 9.2: Reference. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SKINNER, J. A.; PARKMAN, J.P.; STUDER, M.D. 2000. Evaluation of Apilife VAR and Checkmite+ for management of varroa and tracheal mites in Tennessee. *Am. Bee J.* 140(11):908.
- SPREAFICO, M.; EÖRDEGH, F. R.; BERNARDINELLI, I.; COLOMBO, M. 2001. First detection of strains of *Varroa destructor* resistant to coumaphos. Results of laboratory tests and field trials. *Apidologie.* 32:49-55.
- WEBSTER, T. C.; DELAPLANE, K.S. (Eds.). 2001. *Mites of the honey bee.* Dadant & Sons, Hamilton, IL, USA. 280 p.



# Efecto de la biofumigación con repollo sobre el control de *Fusarium oxysporum* en suelo

IRIARTE, L.E.<sup>2</sup>; SOSA, M.C.<sup>1</sup>; REYBET, G.E.<sup>1</sup>

## RESUMEN

La biofumigación es un método alternativo al uso del Bromuro de Metilo (BrMe) para el control de patógenos del suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la incorporación de *Brassica oleracea* var. *capitata*, sobre la población de *Fusarium oxysporum*, patógeno de cebolla. Se usó un DCA con un arreglo factorial (3\*3\*3). Los factores utilizados fueron dosis (0, 3 y 5 kg m<sup>-2</sup> de *B. oleracea*), concentraciones de patógeno (3,3x10<sup>2</sup>, 6,6x10<sup>3</sup> y 6,6x10<sup>4</sup> conidios g<sup>-1</sup> de suelo) y fechas de biofumigación (abril/07, agosto/07 y diciembre/07). La variable respuesta fue el número de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) g<sup>-1</sup> de suelo. Para su recuento se utilizó el método de dilución en placa. Estadísticamente, se detectó interacción entre los tres factores. La fecha presentó la mayor variabilidad. Las dosis presentaron diferencias significativas cuando el nivel de inóculo era de 3,3x10<sup>2</sup> conidios g<sup>-1</sup> de suelo. En abril, la aplicación de 3 y 5 kg m<sup>-2</sup> de biofumigante redujo la población del patógeno con respecto al testigo, en un 71 y 82% respectivamente. En agosto no se detectaron diferencias significativas entre las dosis con ninguna concentración de inóculo. En diciembre, las dosis de 3 y 5 kg m<sup>-2</sup> disminuyeron la población del patógeno en 39 y 64%, respectivamente, respecto al testigo. En mayo, utilizando la menor concentración de inóculo, ambas dosis de biofumigante redujeron la población del patógeno, alcanzando el 83% con 3 kg m<sup>-2</sup>. La aplicación de repollo al suelo, como biofumigante, permite reducir la población de *Fusarium oxysporum* cuando la concentración de inóculo no es superior a 3,3x10<sup>2</sup> conidios g<sup>-1</sup> de suelo.

**Palabras claves:** cebolla, *Brassica*, podredumbre basal

## ABSTRACT

The biofumigation is an alternative control method to methyl bromide use against soil-borne pathogens. The aim of this research was to assess the effect of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) incorporated into the soil against an onion pathogen population of *Fusarium oxysporum*. A completely randomized design with a factorial arrangement (3 x 3 x 3) was used. The factors were dosage (0, 3 and 5 kg of cabbage.m<sup>-2</sup>), pathogen concentration (3,3x10<sup>2</sup>, 6,6x10<sup>3</sup> y 6,6x10<sup>4</sup> *F. oxysporum* conidia.g<sup>-1</sup> of soil) and biofumigation date (april/07, august/07 and december/07). The number of colony forming units (CFU).g<sup>-1</sup> of soil was chosen as response variable. CFUs were counted using the plate-dilution technique. The three factors presented interaction. Biofumigation date showed the greatest variability. Dosages showed significant differences with lowest inoculum level (3,3x10<sup>2</sup> conidia.g<sup>-1</sup> of soil). In April, 3 and 5 kg m<sup>-2</sup> of biofumigant reduced the pathogen population by 71 and 82%, respectively, in comparison with the control treatment. Significant reductions in the populations of *F. oxysporum* were not observed in August, but were observed in December (39% and 64%, with 3 and 5 kg m<sup>-2</sup> biofumigant dosages, respectively). Incorporation into soil of 3 kg m<sup>-2</sup> biofumigant dosage against the lowest inoculum concentration reduced the pathogen population at 83% in May. Cabbage showed biofumigant capacity and can be an alternative or supplement for reduce *F. oxysporum*, when inoculum population is not higher than 3,3x10<sup>2</sup> conidia.g<sup>-1</sup> of soil.

**Keywords:** onion, organic amendment, *Brassica*, bulb rot

1 Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Comahue Cinco Saltos. CC85. (8303) Río Negro.  
Mail: gracielaireybet@jetband.com.ar

2 Laboratorio de Servicios Agrícolas y Forestales. Provincia de Neuquén (8300). Neuquén.

Recibido 02 de diciembre de 2010 // Aceptado 07 de julio de 2011 // Publicado online 14 de septiembre de 2011

## INTRODUCCIÓN

La cebolla (*Allium cepa*) es uno de los principales cultivos hortícolas de la provincia de Neuquén (Senasa, 2009). Entre las enfermedades más importantes que afectan tanto al cultivo como a la calidad del bulbo durante el almacenamiento, se destaca la "podredumbre basal" causada por *Fusarium oxysporum* Sch. Fr. f. sp. *cepae* (Snyder & Hans) (Brayford, 1996; Kiehr *et al.*, 1996).

En las áreas productoras de cebolla de la región se ha reportado una alta incidencia de esta enfermedad (Ruiz, *et al.*, 2004). En suelos altamente infestados, *F. oxysporum* persiste en el suelo y en restos de cosecha. Tradicionalmente se ha usado el Bromuro de Metilo (BrMe), biocida de amplio espectro de acción y alta efectividad, como método de desinfección del suelo de los almácigos de cebolla (Lacy y Roberts, 1982; Kiehr *et al.*, 1996).

La preocupación creciente por la acumulación de iones de bromo y aluminio en las plantas y en la cadena alimentaria y su efecto sobre la salud humana, así como las emisiones del gas y la destrucción de la capa de ozono, ha conducido a la búsqueda de alternativas de reemplazo del BrMe, centradas en el desarrollo de sistemas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) (Ellis *et al.*, 1995; Thomas, 1996; Giuffrè *et al.*, 2000). Sin embargo, las alternativas deben tener eficacia similar al BrMe, no impactar sobre el medio ambiente, y ser económica y socialmente viables.

La biofumigación se propone entre los métodos de desinfección de suelos amigables con el ambiente (MBTOC, 1998) y consiste en la incorporación al suelo de materia orgánica rica en glucosinolatos, en estado fresco o seco (Kirkegaard y Sarwar, 1998). Kirkegaard (2004) reportó la actividad de la enzima mirosinasa en la hidrólisis de los glucosinolatos a isotiocianatos, derivados que resultan biocidas muy eficaces contra hongos y otros microorganismos (Brown y Morra, 1997; Rosa y Rodríguez, 1999).

En el mundo existen antecedentes del control de *F. oxysporum* mediante la biofumigación. En tal sentido, Zhou (2004) reportó la reducción en la incidencia de *F. oxysporum* f. sp. *niveum* en sandía (54-69%) con restos de *Vicia villosa*; mientras Ramírez Villapudua y Muneke (1988) observaron que la población de *F. oxysporum* f.sp. *conglutinans* disminuyó un 20% con 8 t.ha<sup>-1</sup> de repollo cortado y seco.

En numerosos trabajos se ha demostrado que los efectos de la biofumigación varían según la humedad, la temperatura, el pH y la textura del suelo, la especie vegetal, la dosis y el modo de aplicación (Brown y Morra, 1997; Kirkegaard, 2004). La humedad y la temperatura del suelo afectan la actividad de la mirosinasa la cual se incrementa en el rango de 20-40 °C, con una temperatura óptima de 37 °C a pH 7 (Alturki y Dick, 2003; Stoin *et al.*, 2009). Por otro lado, entre las especies vegetales, el género *Brassica* se destaca por la alta eficacia de los isotiocianatos volátiles que libera (Angus *et al.*, 1994; Brown y Morra, 1997; Zurera *et al.*, 2007).

Teniendo en cuenta que: i) la biofumigación se plantea como un método alternativo para el control de patógenos de

suelo, ii) la podredumbre basal de la cebolla representa el principal problema en la región, iii) *Brassica* sp. presenta una alta eficiencia como biofumigante; se propuso el presente estudio cuyo objetivo fue evaluar el efecto biofumigante del repollo a diferentes dosis y momentos de aplicación sobre *Fusarium oxysporum*, patógeno de cebolla.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron en el período 2007-2008, en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Comahue (Cinco Saltos, provincia de Río Negro, República Argentina).

### Aislamiento, identificación y selección del patógeno.

Los aislamientos de *Fusarium* sp. se realizaron en agar papa dextrosa (APD) a partir de trozos de tejidos afectados, extraídos desde la zona de avance de la podredumbre de plantas y bulbos procedentes de un cultivo del Departamento Confluencia de la provincia de Neuquén. Los cultivos se mantuvieron a 28 °C. Para la identificación de la especie de *Fusarium* se enviaron cultivos monospóricos de cada aislamiento al laboratorio de Fitopatología de la Unidad Integrada INTA Balcarce. La identificación se realizó por características culturales y microscópicas según Booth (1971). A efectos de seleccionar el aislamiento de *Fusarium* más virulento para los ensayos, se evaluó la patogenicidad (porcentaje de semillas y plántulas afectadas) mediante la técnica descrita por Valdez *et al.*, (2004). Además, la virulencia de los aislamientos de *Fusarium* sp., se mantuvo mediante el mismo procedimiento anteriormente citado (Valdez *et al.*, 2004).

### Efecto de la biofumigación sobre *F. oxysporum* en suelo

El suelo a utilizar en los experimentos se esterilizó en autoclave para eliminar microorganismos (Askey *et al.*, 1963; Windels y Kommedahl, 1975); se dejó estacionar durante un mes para evitar los gases tóxicos producidos por la degradación de la materia orgánica (Armstrong y Armstrong, 1975; Escande, 2007, com pers) y luego se incorporó a contenedores de 25x10x10 cm.

### Experimentos 2007

**Inoculación del patógeno.** El suelo se inoculó con una suspensión acuosa de conidios, siguiendo el método empleado por Fisher *et al.*, (1983). Conidios de cultivos en APD con 21 días de edad del aislamiento de *Fusarium* de mayor virulencia se cosecharon por rastrillado, se colocaron en agua estéril y se filtraron. La suspensión se ajustó a la concentración deseada mediante recuento de conidios con la cámara de Thoma (Abawi y Lorbeer, 1972). Se incorporó uniformemente 50 ml de la suspensión de conidios en cada contenedor a la concentración determinada.

**Aplicación del biofumigante.** Se dejó transcurrir un día entre inoculación del patógeno y aplicación del biofumigante. El repollo (*Brassica oleracea* var. *capitata*) al estado de madurez comercial, se incorporó fresco y triturado



a cuchillo entre 2 y 3 cm de profundidad en cada contenedor. Se selló con polietileno cristal de 50  $\mu\text{m}$  de espesor para evitar la difusión de los gases producidos y aumentar la temperatura del suelo (Askey *et al.*, 1963; Blok *et al.*, 2000). Los contenedores fueron colocados en cámara con fotoperíodo constante de 12 horas de luz. La temperatura se monitoreó con un "datta logger" (Supco Model Dldt Dual Temperature). La duración de la experiencia fue de 30 días.

*Evaluación del experimento.* De cada contenedor se extrajeron dos muestras de suelo entre 3-5 cm profundidad, con dos réplicas. Las mismas se secaron a temperatura ambiente, molieron y tamizaron con una malla de 80 mesh. Las muestras se procesaron con el método de dilución en placa descrito por Tello *et al.*, (1991) en el medio de cultivo de Nash y Snyder, selectivo para *Fusarium*.

### Diseño estadístico

El diseño estadístico fue completamente aleatorizado (DCA), con 4 repeticiones y arreglo factorial (3x3x3), con factores:

#### Dosis:

3 kg  $\text{m}^{-2}$  de repollo (Blok *et al.*, 2000)

5 kg  $\text{m}^{-2}$  de repollo (Kirkegaard y Matthiessen, 1999)

Testigo: 0 kg  $\text{m}^{-2}$  de repollo (suelo estéril con inóculo)

#### Concentración de patógeno:

Bajo:  $2 \times 10^4$  conidios  $\text{ml}^{-1}$ , (Wade, 2001)

Medio:  $5,2 \times 10^5$  conidios  $\text{ml}^{-1}$

Alto:  $5,2 \times 10^6$  conidios  $\text{ml}^{-1}$  (Stadnik y Dhingra, 1994).

Fechas de biofumigación: abril, agosto y diciembre de 2007.

Los factores: dosis de repollo y concentración del patógeno se seleccionaron según bibliografía debido a la falta de datos regionales. Con dichas concentraciones se obtuvo una población de inóculo inicial en el suelo de:  $3,3 \times 10^2$ ;  $6,6 \times 10^3$  y  $6,6 \times 10^4$  conidios  $\text{g}^{-1}$  de suelo, respectivamente.

Al finalizar la biofumigación se analizó la variable UFC del patógeno. Cada contenedor constituyó la unidad experimental. Para poder cumplir con los supuestos (distribución normal y homocedasticidad), los datos se transformaron mediante log (10) (1+número de colonias). Se realizó ANOVA y comparación de medias mediante el Test de Tukey con  $\alpha = 0,05$  (Infostat).

### Experimento 2008

A partir de los resultados obtenidos en el experimento anterior, se planteó un estudio en mayo/2008, en que se evaluó el efecto de las dosis de biofumigante detalladas anteriormente sobre la menor concentración de inóculo ( $3,3 \times 10^2$  conidios  $\text{g}^{-1}$  de suelo). El diseño fue DCA con tres

repeticiones. El método de preparación de suelo, inoculación del patógeno, aplicación del biofumigante y evaluación del experimento, correspondió al descrito para el año 2007.

## RESULTADOS

### Aislamiento, identificación y selección del patógeno

En todos los aislamientos (5) se identificó a la especie *Fusarium oxysporum* como agente causal de podredumbre basal en cebolla en la zona de Neuquén. El aislamiento FO 3161 resultó el más patogénico. El mismo presentó una incidencia del 60% (semillas y plántulas afectadas), mientras que los otros aislamientos no superaron el 40% (datos no presentados).

### Efecto de la biofumigación sobre *F. oxysporum* en suelo

Se detectó interacción triple significativa (dosis x concentración de patógeno x fecha de biofumigación). Debido a que se registró un comportamiento diferencial según la fecha, el análisis estadístico de los datos se realizó por fecha.

#### Experimentos 2007

##### Abril

La temperatura promedio en el suelo durante todo el período de realización de este ensayo permaneció en  $22 \pm 2$  °C (figura 1).

Se detectó interacción dosis por concentración de patógeno. Cuando la concentración fue de  $3,3 \times 10^2$  conidios  $\text{g}^{-1}$  de suelo existieron diferencias significativas entre las dosis de repollo y el testigo, y no entre dosis. La aplicación de 3 y 5 kg  $\text{m}^{-2}$  de biofumigante redujo el número de UFC de *F. oxysporum* en un 71 y 82%, respectivamente (figura 2).

En las concentraciones de patógeno de  $6,6 \times 10^3$  y  $6,6 \times 10^4$  conidios  $\text{g}^{-1}$  de suelo no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las dosis de biofumigante. Sin embargo, se observó una reducción en la población de *F. oxysporum* del 48% y 38%, con 3 y 5 kg  $\text{m}^{-2}$  de repollo, respectivamente. Siempre fue menor la población del patógeno en los suelos biofumigados en relación al testigo (figura 2).

##### Agosto

Si bien la biofumigación provocó una disminución de la población de *F. oxysporum* respecto al testigo, no hubieron diferencias significativas en el efecto de las dosis de repollo sobre las concentraciones de patógeno evaluadas. El porcentaje de reducción del número de UFC del patógeno con las dosis de 3 y 5 kg  $\text{m}^{-2}$  de repollo fue del 37-41% en la concentración de patógeno baja; 45-54% en la media y del 45-37% en la alta, respectivamente (figura 3). El registro de temperaturas del suelo permitió observar una disminución de

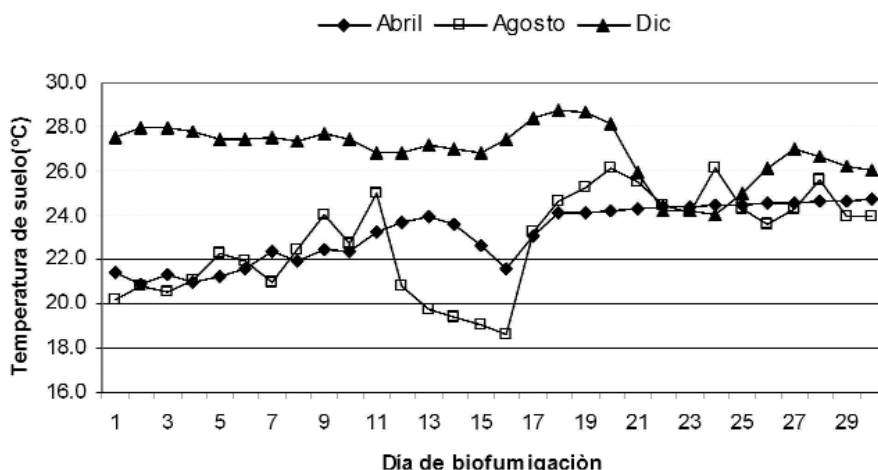


Figura 1. Temperaturas medias del suelo durante la biofumigación registradas en abril, agosto y diciembre de 2007.

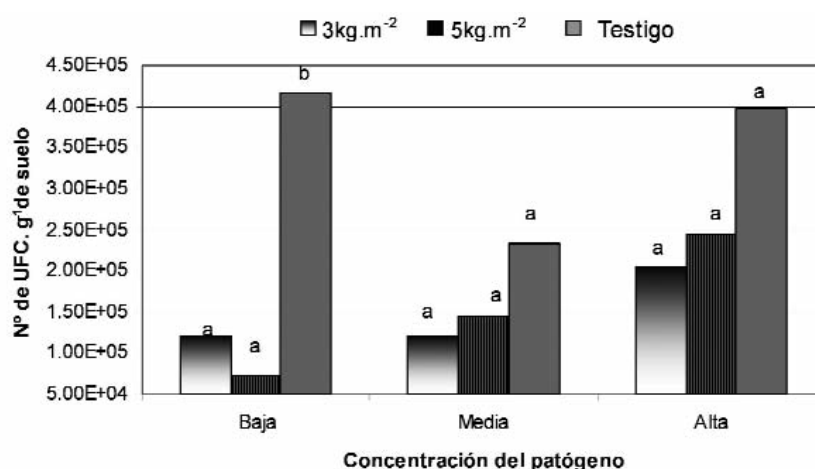


Figura 2. Efecto de la biofumigación sobre el número de UFC de *F. oxysporum* en Abril de 2007. Concentración de patógeno: baja  $3,3 \times 10^2$ , media  $6,6 \times 10^3$  y alta  $6,6 \times 10^4$  conidios g<sup>-1</sup> de suelo. Letras distintas dentro de una misma concentración de patógeno representan diferencias significativas por el test de Tukey con  $\alpha=0.05$ .

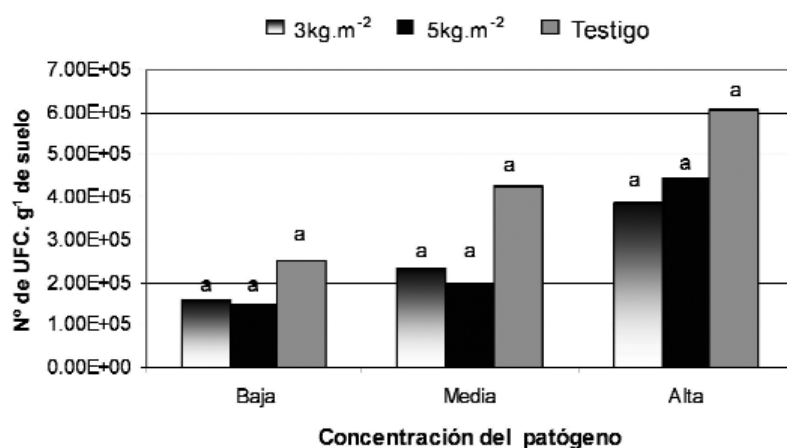


Figura 3. Efecto de la biofumigación sobre el número de UFC de *F. oxysporum* en agosto de 2007. Concentración de patógeno: baja  $3,3 \times 10^2$ , media  $6,6 \times 10^3$  y alta  $6,6 \times 10^4$  conidios/g de suelo. Letras distintas dentro de una misma concentración de patógeno representan diferencias significativas por el test de Tukey con  $\alpha=0.05$ .



la temperatura a partir del décimo día de iniciado el proceso de biofumigación y se mantuvo durante 5 días (Figura 1).

#### Diciembre

En esta fecha se alcanzaron temperaturas del suelo mayores a las obtenidas en las fechas anteriores, con un promedio de  $26 \pm 2$  °C (figura 1). Se detectaron diferencias significativas entre dosis de repollo cuando la concentración de patógeno fue de  $3,3 \times 10^2$  conidios  $g^{-1}$  de suelo. El mayor control (64%) de la población de *F. oxysporum* se alcanzó con 5 kg  $m^{-2}$  de biofumigante, respecto del testigo. Con la dosis de repollo de 3 kg  $m^{-2}$ , el control fue del 39%. En las concentraciones media y alta de patógeno no hubo diferencias significativas entre las dosis, observándose menores valores de reducción de UFC (5 y 33%) (figura 4).

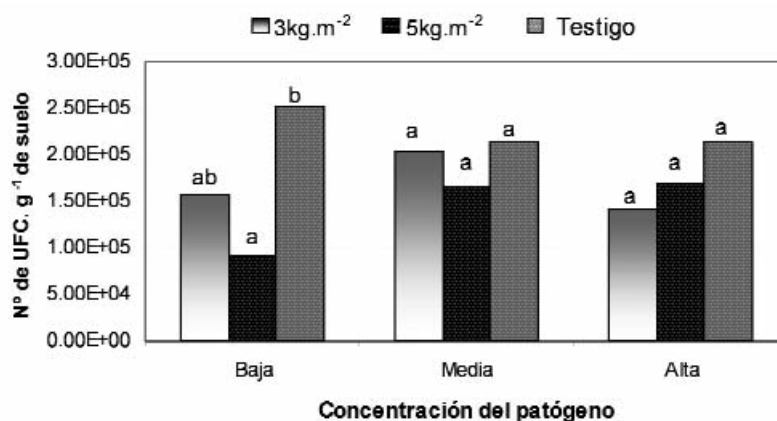
#### Experimento 2008

#### Mayo

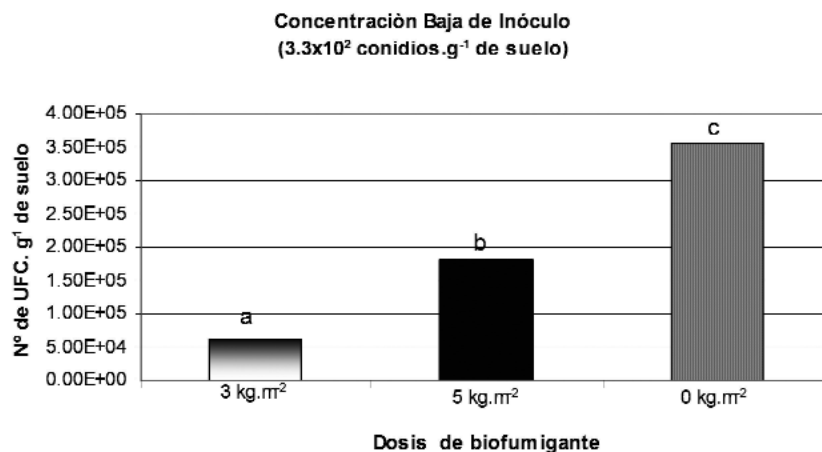
Al evaluar el efecto de las dosis del biofumigante solo sobre la concentración baja del patógeno ( $3,3 \times 10^2$  conidios  $g^{-1}$  de suelo), se observaron diferencias significativas. La disminución de la población de *F. oxysporum* fue del 83 y 49% cuando se aplicaron 3 y 5 kg  $m^{-2}$ , respectivamente en relación al testigo (figura 5).

#### DISCUSIÓN

En este estudio se demostró el efecto de la biofumigación mediante la incorporación de repollo (*Brassica oleracea* var.



**Figura 4.** Efecto de la biofumigación sobre el número de UFC de *F. oxysporum* en diciembre de 2007. Concentración de patógeno: bajo  $3,3 \times 10^2$ , medio  $6,6 \times 10^3$  y alto  $6,6 \times 10^4$  conidios  $g^{-1}$  de suelo. Letras distintas dentro de una misma concentración de patógeno representan diferencias significativas por el test de Tukey con  $\alpha=0.05$ .



**Figura 5.** Efecto de la biofumigación sobre el número de UFC de *F. oxysporum* en mayo de 2008 para la concentración de patógeno baja. Letras distintas representan diferencias significativas por el Test de Tukey con  $\alpha=0,05$ .

Concentración de patógeno (conidios.g <sup>-1</sup> suelo)	Reducción de la población de <i>Fusarium oxysporum</i> (%)					
	DOSIS					
	Abr-07		Ago-07		Dic-07	
	3*	5*	3*	5*	3*	5*
Bajo: 3,3 x 10 <sup>2</sup>	70	82	37	41	39	64
Medio: 6,6 x 10 <sup>3</sup>	48	38	45	54	5	32
Alto: 6,6 x 10 <sup>4</sup>	54	45	45	37	33	21

\* Dosis de repollo: kg. m<sup>2</sup> de suelo

**Tabla 1.** Porcentaje de reducción de unidades formadoras de colonias de *F. oxysporum* en las tres fechas de biofumigación y en las dos dosis ensayadas.

*capitata*) al suelo, sobre la población de *F. oxysporum*, causal de la podredumbre basal de la cebolla. Una alta variabilidad en el efecto de la biofumigación se observó en los experimentos según la fecha de aplicación (tabla1). Con ambas dosis de biofumigante, en el mes de abril se consiguió el mayor control (71 a 82%) del patógeno; en el mes de agosto, no se observaron reducciones significativas en la población; mientras que en diciembre, existieron diferencias en el efecto de las dosis (5 a 64%). Estas variaciones en los diferentes experimentos probablemente se debieron a la temperatura del suelo, factor importante para alcanzar una mayor eficacia en la biofumigación (Al-Turki y Dick, 2003 y Stoin *et al.*, 2009).

En nuestros experimentos, la temperatura de la cámara de cría fue afectada por las condiciones ambientales externas. Las temperaturas registradas en abril y diciembre se ubicaron en el rango de temperatura descripta para la actividad de la mirosinasa (Brown y Morra, 1997; Sarwar *et al.*, 1998). Esto habría posibilitado la hidrólisis de los glucosinolatos presentes en el repollo y la producción alta de isotiocianatos, responsables del control del hongo en el suelo. Por el contrario, durante la biofumigación de agosto, la temperatura promedio del suelo por debajo de 20 °C pudo haber interferido en la actividad de la mirosinasa, en la degradación de los glucosinolatos y en la liberación de isotiocianatos, disminuyendo el efecto supresor sobre la población del hongo. Este efecto negativo de temperaturas bajas sobre la biofumigación ya había sido reportado por Al-Turki y Dick, en el 2003.

Por otro lado, en las tres fechas de biofumigación, se demostró que los mayores porcentajes de control de *F. oxysporum* en suelo se alcanzaron con la concentración más baja de inóculo inicial (3,3x10<sup>2</sup> conidios g<sup>-1</sup> de suelo). Esto quedó nuevamente evidenciado en el experimento realizado en mayo de 2008, en que la biofumigación con 3 kg m<sup>-2</sup> de repollo, actuó sobre la concentración más baja del patógeno reduciendo su población en un 83%.

Probablemente, en suelos de cultivos de cebolla históricamente afectados que presenten una mayor presión de inóculo, se requerirán dosis de biofumigante superiores a las utilizadas en este estudio. En este sentido, Diez Rojo y López Cepero (2008) demostraron que se necesitaron 10 kg m<sup>-2</sup> de biofumigante en una primera fase ante graves problemas de patógenos de suelo. Sin embargo, una vez regulada la población, las dosis se pudieron reducir a 5 kg m<sup>-2</sup> e, incluso, a dosis inferiores (Al-Turki and Dick, 2003; Stoin *et al.*, 2009).

Hasta el momento, no se han publicado estudios con las mismas características y condiciones de los experimentos realizados en este trabajo. La mayor reducción de la población de *F. oxysporum* obtenida en estos estudios, 82% (2007) y 83% (2008), con la incorporación al suelo de 5 kg m<sup>-2</sup> y 3 kg m<sup>-2</sup> de repollo fresco, respectivamente, fue superior a la reportada en California (20%) con 0,8 kg m<sup>-2</sup> de repollo seco (Ramírez Villapudua y Muneke, 1988).

## CONCLUSIONES

- La aplicación de repollo al suelo como biofumigante redujo la población de *F. oxysporum*, patógeno de cebolla.
- La fecha de aplicación de la técnica de biofumigación afectó su eficacia. Mayores temperaturas de suelo permitieron un mayor control de la población de *F. oxysporum*.
- La dosis aplicada de biofumigante presentó un comportamiento diferente según la fecha de efectuada la biofumigación.

En las condiciones expuestas se podría considerar a la biofumigación con repollo como práctica de desinfección de suelo para almácigos de cebolla con variedades tempranas o denominadas de día corto en otoño.



Dada la importancia de la "podredumbre basal" por *F. oxysporum* en cebolla, se propone estudiar la carga de inóculo en los suelos de las áreas de producción y la dosis de biofumigante óptima, a efectos de proponer a la biofumigación como estrategia de control sola y/o en combinación con otras tecnologías alternativas para el tratamiento de suelos contra este patógeno.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABAWI, G.; LORBEER, J. 1972. Several aspects of the ecology and pathology of *Fusarium oxysporum* f. s. cepae. *Phytopath.* 62: 870-876.
- AL-TURKI, A.; DICK, W. 2003. Myrosinase Activity in Soil. *SCI. Soc. Am. J.* 67:139-145.
- ANGUS, J.; GARDNER, P.; KIRKEGAARD, J.; DESMARCHÉ-LIER, J. 1994. Biofumigation: Isothiocyanates release from *Brassica* roots inhibit growth of the take-all fungus. *Plants and Soil.* 162: 107-112.
- ARMSTRONG, G; ARMSTRONG. 1975. Reflections on the wilt *Fusarium*. *Ann. Rev. Phytopath.* 13: 95-103.
- ASKEY, M.; LEIGH, B.; LLOYD, L. 1963. The action of metham-sodium in soil. *J.Sci. Food Agric.* 14:153-161.
- BLOK, W.; LAMERS, J.; TERMORSHUIZEN, A.; BOLLEN, G. 2000. Control of soilborne plant pathogens by incorporation fresh organic amendements followed by tarping. *Phytopath.* 90:253-259.
- BOOTH, C. 1971. The genus *Fusarium*. *Comm. Mycol. Inst. Kezw, Surrey, England.* 237p.
- BRAYFORD, D. 1996. IMI descriptions of fungi and bacteria: *Fusarium oxysporum* f. sp. cepae. *Mycopath.* 133: 39-40.
- BROWN, P.; MORRA, M. 1997. Control of soil-borne plant pests using glucosinolate-containing plants. *Advan. Agron.* 61: 167-231.
- DIEZ ROJO, M.; LÓPEZ CEPERO, J. 2008. Ecological key elements in the management agrosystems. *Arbor CLXXXIV.* 729: 19-29.
- ELLIS, J.; WATSON, D.; VARVEL, G.; JAWSON, M. 1995. Methyl bromide soil fumigation after plant element concentration. *Soil Sci Am J.* 59:848-852.
- FISHER, N.; BURGESS, L.; TOUSSON, T.; NELSON, P.; LOPEZ, P. 1983. Estudios de diferentes aislamientos del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp.. (<http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevisitasCientificaAgronomiatropical>, verificado: mayo 2007).
- GIUFFRÉ, L.; ALCONADA, M.; WISNER, V.; MITIDIÉRI, M.; SANGIACOMO, M. 2000. Alternativas al uso de bromuro de metilo: Alternativas químicas. En: Seminario de cierre de Alternativas al uso de bromuro de metilo, Buenos Aires, Argentina. p. 68.
- KIEHR, M.; DELHEY R.; FRAYSSINET, S.; ANDERSON, F.; AZ-PILICUETA, A. 1996. Enfermedades de cebolla en el Valle Bonaerense del Río Colorado, Argentina. *Hort. Arg.* 15:33-8.
- KIRKEGAARD, J.; SARWAR, M. 1998. Biofumigation potential of Brassicas: I. variation in glucosinolate profiles of diverse field-grown Brassicas. *Plant and Soil* 201: 71-89.
- KIRKEGAARD, J.; MATHIESSEN, J. 1999. Biofumigation research-beyond empiricism. *Proc. P. Australasian Soilborne Disease Symposium.* R. C. Magarey (ed.). Bureau of Sugar Experiment Stations, Brisbane. 155:157.
- KIRKEGAARD, J. 2004. Evaluating biofumigation for soil-borne disease management in tropical vegetable production. *ACIAR Review report.* 30 p.
- LACY, M.; ROBERT, D. 1982. Yields onion cultivars in Midwestern organic soil infested with *Fusarium oxysporum* f. sp. cepae and *Pyrenochaeta terrestris*. *Plant Dis.* 66:1003-1006.
- MBTOC (Methyl Bromide Technical Option Committee). 1998. Assessment of alternatives to Methyl Bromide. *UNEP, Nairobi.* Kenya. 354 p.
- RAMÍREZ VILLAPUDUA, J.; MUNNEKE, D. 1988. Effects of solar heating and soil amendements of cruciferous residues on *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* and other organisms. *Phytopath.* 3(78): 289-295.
- ROSA, E.; RODRÍGUEZ, P. 1999. Towards a more sustainable agriculture system: the effect of glucosinolates on the control of soil-borne diseases. *J. of Hort. Sc. & Biotech.* 74(6):667-674.
- RUIZ, C.; VEGA, M.; ZANETTA, V. 2004. Situación Hortícola Regional. Ministerio de Producción y Turismo. Neuquén, Argentina. p. 27-28.
- SARWAR, M.; KIRKEGAARD, J.; WONG, P.; DESMARCHÉ-LIER, J. 1998. Abstract: biofumigation potential of Brassicas in vitro toxicity of Isothiocyanates to soil-borne fungal pathogens. *Plant Soil* 201(1): 103-112.
- SENASA. 2009. Anuario Estadístico 2009 del Centro Regional Patagonia Norte. (<http://www.senasa.gov.ar/Archivos/File/File3566-anuario-2009crpn-senasa.pdf> verificado: agosto de 2010.).
- STADNIK, M.; DHINGRA, O. 1994. Resistencia de cultivares de cebolla a la tombamento de plantulas causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. cepae. Departamento de fitopatología/UFV. *Hort. Brás.* 12 (2):139-143.
- STOIN, D.; PIRSAN, P.; RADU, F.; POIANA M.A.; ALEXA E., DOGARU D. 2009. Studies regarding the myrosinase enzymatic activity from black mustard (*Brassica nigra*) seeds. *J. of Food Agr. & Environ.* 7 (1): 44-47.
- TELLO, J; VARES, T.; LACASA, A. 1991. Análisis de muestras. En: Manual de laboratorio. Diagnóstico de hongos bacterias y nematodos fitopatógenos. Ed: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación Madrid. p. 39-72.
- THOMAS, W. 1996. Methyl bromide Effective pest management tool and environmental threat. *Suplement to Journal of Nematology.* 28: (4 S) 586-589.
- VALDEZ, J.; MAKUCH, M.; MARINI, G. 2004. Patogenicidad de aislamientos de *Fusarium* spp en plántulas de cebolla (*Allium cepa*). *Hort. Arg.* 23:90
- WADE, E. 2001. Influence of Inoculum Density of *Fusarium oxysporum* f. sp. cyclaminis and Sodium Chloride on Cyclamen and the Development of *Fusarium* wilt. *Plant Dis.* 86:389-393.
- WINDELS, C.; KOMMEDHAL, T. 1975. Population differences in indigenous *Fusarium* species bay corn culture of prairie soils. *Amer. J. Bot.* 61:141:145.
- ZHOU, X. 2004. Suppression of *Fusarium* wilt of watermelon by soil amendment with Hairy vetch. *Plant Dis.* (88)12:1357-1365.
- ZURERA, C.; ROMERO, M.; PORRAS, M.; BARRAU, C.; ROMERO, F. 2007. Efecto biofumigante de especies de *Brassica* en el crecimiento de *Phytophthora* spp *in vitro*. XI Congreso SECH. Albacete, España. *Actas de Hort.* 48:306-309.

# Desarrollo de funciones de índice de sitio para *Eucalyptus grandis* cultivado en la Mesopotamia argentina

CRECHI, E.H.<sup>1</sup>; FASSOLA, H.E.; KELLER, A.E.<sup>1</sup>; BARTH, S.R.<sup>1</sup>

## RESUMEN

Se desarrollaron modelos para la estimación del índice de sitio para *Eucalyptus grandis* implantado en la Mesopotamia argentina. Dicha estimación se llevó a cabo a través de la evaluación de una base general de datos que contó con 106 parcelas (439 mediciones), de las cuales 48 (197 mediciones) pertenecían a la zona Misiones-NE Corrientes y 58 (242 mediciones) a la zona Concordia-Monte Caseros (NE Entre Ríos-SE Corrientes). Analizadas las curvas promedio de evolución de la altura dominante con la edad de las dos regiones agroecológicas consideradas, se observó que sus pendientes diferían por lo que se ajustaron funciones de sitio para cada una de ellas. Fueron empleados tres métodos tradicionales, curva guía, reparametrización y ecuaciones diferenciales. El procedimiento elegido dependió de la calidad de información disponible en las zonas agroecológicas bajo estudio, aunque se priorizó que cumplieran con algunos criterios deseables para las funciones de sitio como el polimorfismo y que las alturas sean invariantes respecto de la edad índice, entre otros criterios, como también la de estabilidad frente a sus propios datos. Para la zona agroecológica Misiones-NE Corrientes se lograron buenos ajustes con el método de la curva Guía, mientras que para la zona Concordia-Monte Caseros se optó por el modelo de Schumacher ajustado mediante el método de aproximación algebraica diferencial (ADA).

**Palabras claves:** Calidad de estación, método algebraico diferencial, manejo forestal, *Eucalyptus grandis*, Argentina.

## ABSTRACT

Equations for the prediction of site index of *Eucalyptus grandis* planted in the Mesopotamia region of Argentina, were developed. With this purpose a data base with 106 plots (439 pairs age-hdom) was used; of it 48 (197 pairs age-hdom) belongs to Misiones-NE Corrientes agro ecological zone and the other 58 plots (242 pairs age-hdom) belongs to the zone Concordia-Monte Caseros (SE Corrientes – NE Entre Ríos). Analyzed the evolution of the relationship between age-hdom of both zones it was determined that the slopes of the models for each zone were different, so a site index function for each zone were fitted. Three traditional methods for fitting site index curves were applied, the guide curve method, the parametrized prediction methods and the algebraic difference approach (ADA). The quality of the available data base for each zone influenced the choice of the method and also that the final model follows some criteria, like polymorphism, base-age invariant and the stability of the model against its proper data base. For the agro ecologic zone Misiones-NE Corrientes it was obtained a good fit with the guide curve method. For Concordia-Monte Caseros region it was selected a site index functions based on Schumacher model fitted with the algebraic difference approach (ADA) method.

**Keywords:** site index, algebraic difference approach, forest management, *Eucalyptus grandis*, Argentina.

1 Ings. Ftales. Técnicos Área Forestal. INTA EEA Montecarlo. Av. El Libertador n° 2472. C. P. 3384. Montecarlo, Misiones, Argentina. TE y FAX: 54-03751-480057/480512. e-mail: ecrechi@montecarlo.inta.gov.ar



## INTRODUCCIÓN

Debido a factores económicos y de mercado, se hace necesario conocer el potencial productivo de los diferentes sitios para *Eucalyptus grandis*. Esta potencialidad, expresada en producción de madera, en un tiempo dado, ha sido definida como calidad de sitio (Clutter *et al.*, 1983). El Índice de Sitio (IS), definido como la altura dominante promedio de un rodal a una edad base o edad índice (Ei), es el método más utilizado para clasificación de sitios.

Como antecedente local en el ajuste de modelos para la determinación de la calidad de sitio para *E. grandis*, se pueden mencionar las curvas de índice de sitio ajustadas por Glade (1999) mediante el método de la curva guía (Clutter *et al.*, 1983) con datos provenientes del NE de Entre Ríos y SE de Corrientes, más algunos del Centro y NE de Corrientes siendo estas de tipo anamórfico.

En contraste con los modelos anamórficos, tanto el modelo reparametrizado (Clutter *et al.*, 1983; Vergara y Flores, 1983), como el obtenido por el método ADA (Algebraic Difference Approach), satisfacen mayor cantidad de criterios biológicos, como los citados por Carvalho y Parresol (2005), que son tener un punto cero, ser incrementales, ser asintóticos al eje de la edad y poseer un punto de inflexión, además de cumplir también con otros criterios que establecen Goelz y Burk (1992) y Adame Hernando *et al.* (2004), como el polimorfismo y que las alturas sean invariantes respecto de la edad índice (este último criterio exclusivo del método ADA y sus transformaciones posteriores).

Hasta el momento en la región no se han registrado antecedentes de que se hayan empleado los métodos de predicción parametrizados (Clutter *et al.*, 1983), como tampoco los métodos de ecuaciones diferenciales (Clutter *et al.*, 1983).

Dado que la principal zona de cultivo de *Eucalyptus grandis* comprende distintas zonas y subzonas agroecológicas (Papadakis, 1974), algunas de clima templado (Concordia-Monte Caseros) y otras de clima subtropical que abarcan Misiones-NE Corrientes, es factible que los patrones de evolución de la altura dominante difieran y se requiera el desarrollo de funciones de sitio específicas para cada región. Por esta razón en el presente trabajo, con datos procedentes de parcelas ubicadas en las dos zonas agroecológicas mencionadas, en la faja de suelos correspondientes a las terrazas del Río Uruguay (la primera) y en

la de suelos rojos profundos (la segunda), se ajustaron funciones de sitio para cada una de ellas mediante los tres métodos mencionados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La base de datos con la que se trabajó contó con información proveniente de parcelas permanentes de las zonas agroecológicas Concordia-Monte Caseros así como permanentes y temporarias de Misiones-NE Corrientes (Papadakis, 1974). Los datos fueron aportados por Papelera Sarandí, Inventario Forestal de la Provincia de Misiones (Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables), INTA EEA Montecarlo, Forestal Las Acequias, Tapebicué, IFONA (Mutarelli, 1977) e INTA EEA Concordia. La base general de datos contó con 439 observaciones de pares altura dominante – edad (Hdom-edad), de las cuales 197 correspondían a Misiones-NE Corrientes (184 mediciones de parcelas permanentes y 13 de parcelas temporarias incluidas por razones de representatividad de sitios y computadas sólo en el desarrollo de curvas anamórficas) y 242 a Concordia-Monte Caseros. En la tabla 1 se pueden observar los valores de algunas variables de estado de rodal de la muestra total.

En las figuras 1 y 2, se observa la distribución de las muestras para las regiones Misiones-NE Corrientes y Concordia-Monte Caseros.

### Comparación de pendientes de modelos ajustados para las zonas agroecológicas bajo estudio.

Mediante un análisis de comparación de pendientes de funciones que describían la evolución promedio de Hdom en relación a la inversa de la edad (Modelo de Schumacher) para las zonas agro ecológicas consideradas, se determinó si se estaba o no ante la presencia de zonas homogéneas (García, 1970).

### Ajuste de funciones de sitio

La altura media de los árboles dominantes de cada parcela fue obtenida mediante la utilización del Sistema de Procesamiento de Datos de Parcelas Experimentales e Inventario (Keck *et al.*, 2005).

	DAP (cm)	Hdom (m)	H (m)	E (años)
Mínimo	3	4,6	3,8	1
Máximo	48	60,4	49	28
Promedio	23	27	25	10

Donde: DAP: diámetro medio a la altura de pecho; Hdom: altura dominante (altura media de los 100 árboles de mayor diámetro por hectárea); H: altura promedio; E: edad.

**Tabla 1.** Valores de las variables de estado de la base de datos de *Eucalyptus grandis* en la Mesopotamia argentina.

A partir de pares de datos Hdom–edad, empleando el método de la curva Guía (Prodan *et al.*, 1997), se ajustaron los diferentes modelos presentados en la tabla 2 (Davis y Johnson, 1987; Prodan *et al.*, 1997; Friedl *et al.*, 1999; Kiviste *et al.*, 2002).

Los modelos fueron ajustados por técnicas de regresión no lineal empleando el sistema InfoStat (Grupo InfoStat, 2003), siendo el criterio de evaluación del desempeño de los mismos, los estadísticos error estándar de la estimación (Syx), (Huang *et al.*, 1992); error cuadrático medio (ECM), coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) y análisis de tendenciosidad de la distribución de residuos, así como también su comportamiento al considerar aspectos biológicos del crecimiento de masas arbóreas (es decir, poseer origen en

ceros, punto de inflexión, punto de tangencia máximo y asíntota horizontal). Seleccionados los mejores modelos se procedió a reordenar la expresión a los fines de estimar el índice de sitio generando para ello una familia de curvas anamórficas.

Mediante métodos de reparametrización se ajustaron modelos polimórficos (Clutter *et al.*, 1983; Vergara y Flores, 1983) empleando la función de Chapman-Richards.

Con el método ADA (Carvalho y Parresol, 2005) se empleó el modelo de Schumacher (ecuación 14), ajustándose el modelo de término independiente común a los fines de obtener modelos de edad base invariante (Alder, 1980).

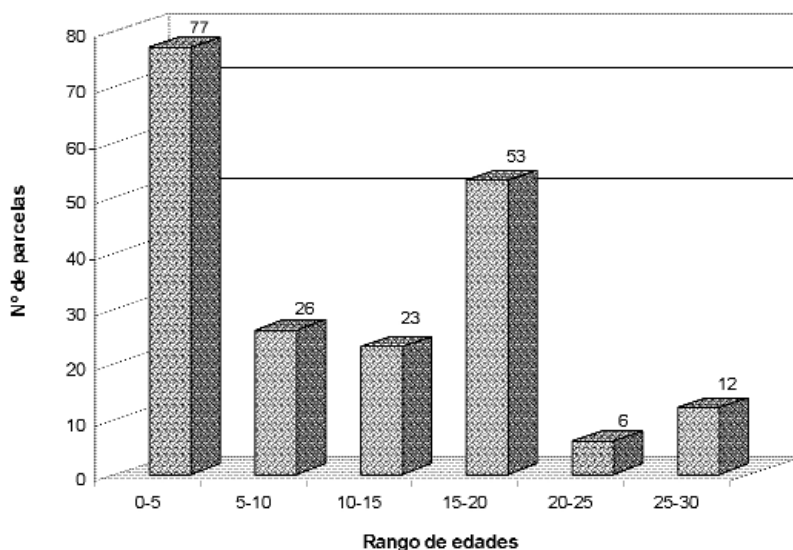


Figura 1. Distribución de parcelas de *Eucalyptus grandis* por clase de edad para Misiones-NE Corrientes.

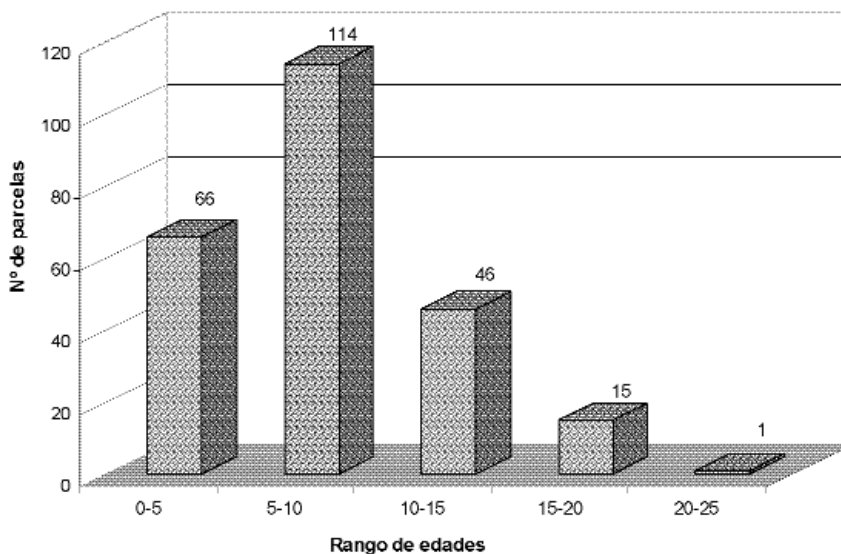


Figura 2. Distribución de parcelas de *Eucalyptus grandis* por clase de edad, zona Concordia-Monte Caseros.



Modelo/ecuación	Autor/denominación	Expresión
1	Moiseev I	$H_{dom} = b_0 + b_1 \ln(E) + b_2 (\ln(E))^2$
2	Levakovic I modificado	$H_{dom} = b_0 * ((E^{b_1}) / (b_2 + E^{b_3}))^{b_4}$
3	Levakovic I	$H_{dom} = b_0 * ((E^{b_2}) / (b_1 + E^{b_2}))^{b_3}$
4	Curtis et al	$H_{dom} = E^2 / (b_0 + b_1 * E + b_2 * E^2)$
5	Hossfeld III	$H_{dom} = E / (b_0 + b_1 \ln(E) + b_2 * E)$
6	Levakovic II	$H_{dom} = b_0 * (E / (b_1 + E))^{b_2}$
7	Weibull	$H_{dom} = b_0 * (1 - \exp(-b_1 * E^{b_2}))$
8	Curtis	$H_{dom} = E^2 / (b_0 + b_1 * E + b_2 * E^2)$
9	Chapman - Richards	$H_{dom} = b_0 * (1 - \exp(-b_1 * E))^{b_2}$
10	Gram	$H_{dom} = \exp(b_0 + b_1 \ln(E) - b_2 * E)$
11	Ratkowski	$H_{dom} = b_0 * \exp(b_1 / (E + b_2))$
12	Bertalanffy	$H_{dom} = b_0 * (1 - \exp(b_1 - b_2 * E))^{b_3}$
13	Monomolecular	$H_{dom} = b_0 * (1 - \exp(-b_1 * (E)))$

Donde:  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  y  $b_4$ : Coeficientes de la función;  $\ln$ : logaritmo natural

**Tabla 2.** Modelos evaluados para establecer la relación Hdom-edad para *Eucalyptus grandis* en la Mesopotamia argentina.

ecuación (14)

$$\ln H_{dom} = \ln a + \frac{b}{E^k}$$

Donde:

H dom: Altura dominante en metros

a; b; K: parámetros a ser ajustados

E: Edad en años

$\ln$ : logaritmo natural

En todos los casos la edad base ( $E_i$ ) adoptada fue de 15 años apuntando a turnos que permitan la producción de madera gruesa para usos sólidos.

Con el fin de validar los modelos ajustados se efectuó una prueba de estabilidad contra sus propios datos (King, 1966). Se compararon datos medios de altura dominante observada en parcelas permanentes a lo largo de las curvas que expresan las clases de sitio, conforme al procedi-

miento desarrollado por King en 1966 y empleado por Fassola y Wabo (1993) y Glade (1999).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Determinación de zonas homogéneas

Dada la existencia de diferencias significativas entre pendientes de los modelos lineales ajustados para estimar la Hdom en función de la inversa de la edad, para cada zona agroecológica (tabla 3, figura 3), surgió la necesidad de ajustar funciones de sitio para cada una de ellas.

Ajuste de modelos para la región agroecológica Misiones-NE Corrientes.

Dado que la base de datos correspondiente a esta zona presentó faltantes de algunas clases de edades intermedias, como también de un grupo importante de parcelas

	Suma de cuadros	F	Valor P
(1 / Edad)	95,1569	2689,96	0
Interceptos	3,73781	105,66	0
Pendientes	0,846277	23,92	0
Modelo	99,741		

**Tabla 3.** Estadísticos de la comparación de pendientes para *Eucalyptus grandis* de las funciones ( $H_{dom} = b_0 + b_1 * (1/E)$ ) generadas para las zonas Misiones-NE Corrientes y Concordia-Monte Caseros.

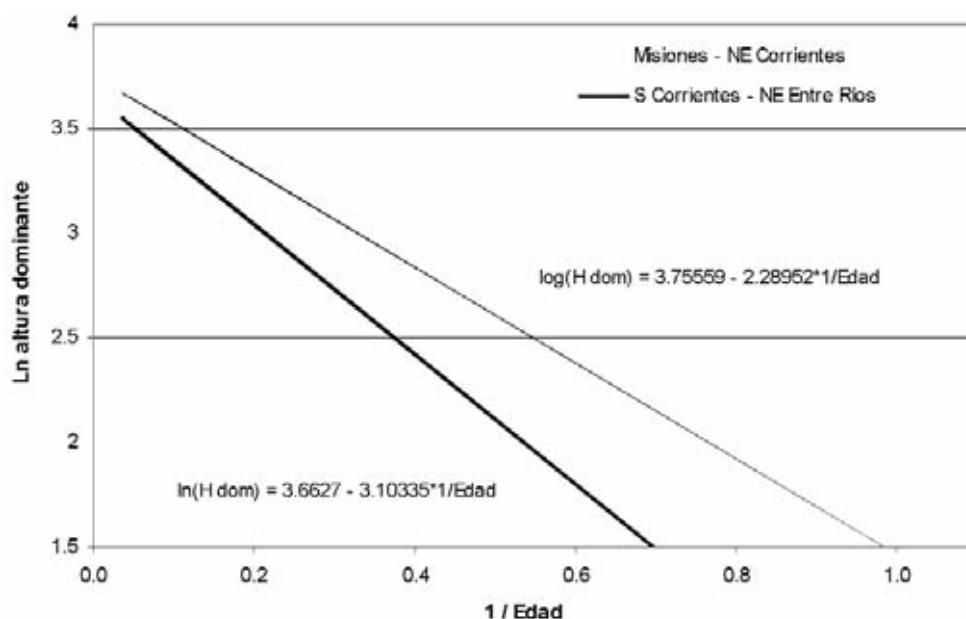


Figura 3. Evolución estimada para *Eucalyptus grandis* de Hdom en función de la inversa de la edad (1/E).

permanentes que sólo llegaban hasta los 6 años de edad, la posibilidad de ajustar por el método de reparametrización para esta zona fue desechada.

**Método de la curva Guía**

Efectuado el ajuste de los pares de datos Hdom-edad mediante el método de la curva Guía empleando distintos modelos, mediante los estadísticos obtenidos fue factible elaborar un ranking según la capacidad predictiva de la al-

tura dominante frente a la observada en la zona bajo estudio (tabla 4).

De acuerdo con los valores obtenidos en los distintos estadísticos (tabla 4), se preseleccionó el modelo Moiseev I, pero al analizar gráficamente la distribución de los residuos de todos los modelos, también se preseleccionó Chapman-Richards. Sin embargo, luego de evaluar ambos modelos se optó por este último. La decisión se basó en que, si bien Moiseev I presentó estadísticamente una leve

Autor/denominación	R <sup>2</sup>	Syx	ECM
Moiseev I	98,269	1,939	6,223
Levakovic I modificado	98,29	1,724	6,303
Levakovic I	98,243	1,959	6,518
Curtis et al	97,691	2,24	6,673
Hossfeld III	98,153	2,003	6,748
Levakovic II	98,147	1,825	6,807
Weibull	98,062	2,052	6,845
Curtis	98,145	2,008	6,961
Chapman - Richards	98,021	2,074	6,963
Gram	97,94	2,116	7
Ratkowski	98,015	1,885	7,382
Bertalanffy	97,867	2,158	7,661
Monomolecular	97,761	2,2	8,195

Tabla 4. Estadísticos de las expresiones de la curva guía para *Eucalyptus grandis* según los distintos modelos empleados y ordenados en función al error cuadrático medio.

superioridad, este no posee ciertas premisas biológicas, como pasar por el origen y poseer asíntota horizontal (Kiviste *et al.*, 2002).

La expresión matemática del modelo de altura dominante seleccionado fue la siguiente:

$$H_{dom} = 54.1647 * (1 - \exp(-0.0793285 * E))^{0.799597}$$

(Chapman-Richards)

Con el fin de estimar alturas dominantes a diferentes edades para un índice de sitio determinado, se reemplazaron términos y se reordenó el modelo seleccionado, tomándose como edad base 15 años, resultando en:

$$H_{dom} = IS * ((1 - \exp(b1 * E))^{b2} / (1 - \exp(b1 * E))^{b2})$$

$$H_{dom} = IS * ((1 - \exp(-0.0793285 * E))^{0.799597} / (1 - \exp(-0.0793285 * E_i))^{0.799597})$$

Donde:

E<sub>i</sub> = Edad índice o edad base

IS = Índice de sitio

En base a la amplitud de los datos a la edad índice y mediante el empleo de las funciones de sitio, se procedió a desarrollar las curvas de índice de sitio (Alder, 1980), de donde surgió un sistema de curvas anamórficas (Hugell, 1991). Se consideró una equidistancia entre curvas de 4 m a la edad base, definiendo de esta manera tres calidades o clases de sitios, alta (I), media (II) y baja (III). Reordenando los términos, la función precedente puede ser empleada para calcular índice de sitio en caso de disponer de datos H<sub>dom</sub>-edad.

$$IS = H_{dom} * ((1 - \exp(-0.0793285 * E_i))^{0.799597} / (1 - \exp(-0.0793285 * E))^{0.799597})$$

En la figura 4 se observan las curvas de índice de sitio y los pares H<sub>dom</sub>-edad de las parcelas permanentes disponibles, pudiéndose corroborar la estabilidad de los datos observados, ya que las alturas dominantes medias permanecen en la misma clase de sitio durante toda la vida del rodal.

#### Método ADA

En la tabla 5 se presentan a continuación los coeficientes calculados para el modelo de Schumacher de término independiente común: de acuerdo con Bailey y Clutter (1974) y Alder (1980).

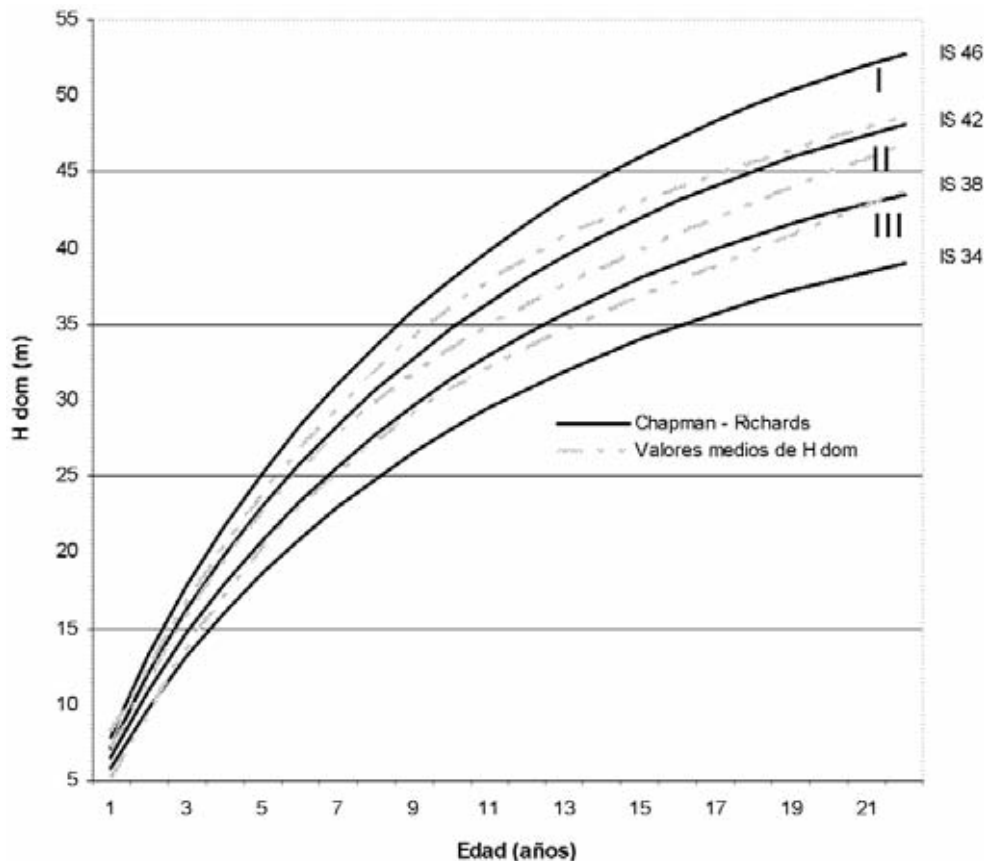


Figura 4. Curvas de índice de sitio para *Eucalyptus grandis* obtenido en base al modelo de Chapman-Richards ajustado mediante el método anamórfico para la zona Misiones-NE Corrientes.



Coefficiente	valor
a	5,24
k	0,3402
Ei	15

Donde: a: término independiente común (Hmax); Ei= edad base

**Tabla 5.** Método ADA. Coeficientes del modelo de IS de término independiente común para *Eucalyptus grandis* para la zona Misiones-NE Corrientes

Reemplazando los mismos en la ecuación 14, la función que describe la evolución de la altura con la edad resultó ser:

ecuación (15)

$$\ln H_{dom} = 5,24 + \frac{b_s}{E^{0,3402}}$$

Dado que la pendiente ( $b_s$ ) de la función constituye el parámetro local, el cual depende del índice de sitio, se fija la

edad base en la ecuación 15 y se calcula para cada IS con la siguiente función:

$$b_s = \ln(\ln IS - 5,24) * 15^{0,3402}$$

Con el cual es posible, reordenando los términos de la función de Hdom, obtener la expresión de índice de sitio:

$$\ln IS = 5,24 + \frac{b_s}{15^{0,3402}}$$

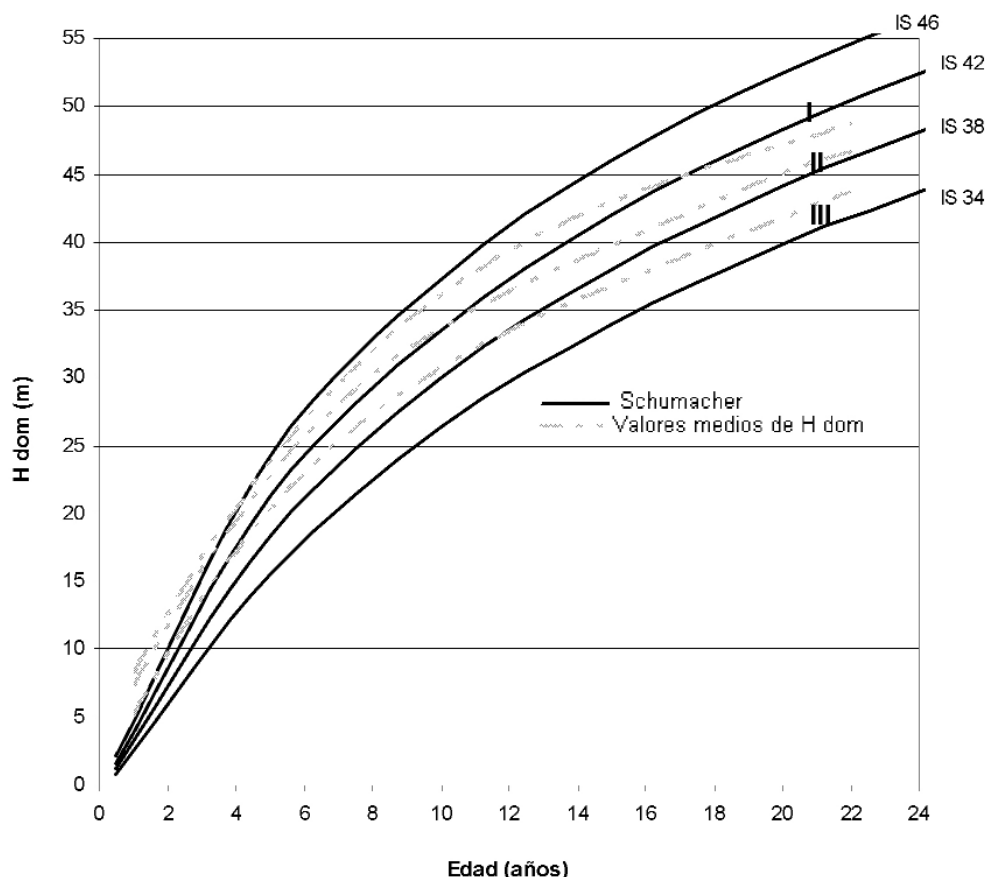
Para calcular el IS de un rodal, dada su edad y altura dominante, se usa:

$$\ln (IS) = 5,24 + ((\ln H_{dom} - 5,24) * (\frac{Edad}{Edad \text{ índice}})^{0,3402})$$

Cuya fórmula de trabajo es:

$$IS = \exp (5,24 + ((\ln H_{dom} - 5,24) * (\frac{Edad}{Edad \text{ índice}})^{0,3402}))$$

Expresadas en forma gráfica las clases de sitios I, II, III, se observa que el patrón de la función no es totalmente coincidente con el de la evolución de los valores medios Hdom-edad observados, principalmente a edades jóvenes (figura 5).



**Figura 5.** Clases de índice sitio para *Eucalyptus grandis* ajustadas a través del modelo de Schumacher (método ADA) para la zona Misiones-NE Corrientes.

### Comparación entre los modelos ajustados por el método de la curva Guía y el método ADA para la zona agroecológica Misiones-NE de Corrientes

Como resultado de las tendencias observadas de los valores medios de altura dominante, ajustados por el método de la curva Guía y por el método ADA, surgió que el primer método describió mejor el patrón de crecimiento de los valores promedios de Hdom-edad, aún a edades jóvenes, lo que es de suma importancia cuando se trabaja con turnos cortos.

Si bien el método ADA satisface mayor cantidad de criterios biológicos (Carvalho y Parresol, 2005) y principios que se consideran deseables en una función de sitio (Goelz y Burk, 1992; Adame Hernando *et al.*, 2004), estas cualidades no pudieron ser puestas de manifiesto, ya que la base de datos no contó con un número suficiente de pares Hdom-edad, tal como fuera revelado anteriormente para esta región agroecológica.

### Ajuste de funciones de sitio para la región agroecológica Concordia-Monte Caseros

#### Método de reparametrización

Si bien la función de sitio ajustada por Glade (1999), citada como antecedente en el presente trabajo, cuenta con una amplia base de datos, el disponer de información proveniente de mediciones de parcelas permanentes de la zona Concordia-Monte Caseros, hizo posible el ajuste para dicha región de funciones de sitio polimórficas.

Para el ajuste de las mismas se empleó el modelo de Chapman-Richards para describir el comportamiento Hdom-edad por sitio, tal lo expuesto por Vergara y Flores (1983).

En la tabla 6 se observan los coeficientes de la función de Chapman-Richards ajustada para cada clase de sitio, límite superior e inferior, así como también su correspondiente estadístico R<sup>2</sup>.

Posteriormente se reparametrizó la función original (Clutter *et al.*, 1983) empleándose para ello la expresión lineal  $a=b+c*IS$  resultando:

$$b1=0,269589+0,00466418*IS$$

$$b2=1,66544-0,02101*IS$$

La familia de curvas Hdom-edad a partir de allí obtenida asumió la expresión:

$$Hdom= IS*((1-EXP(-(0,29589+0,00466418*IS)*Edad))/(1-EXP(-(0,269589+0,00466418*IS)*Ei)))^(1,66544-0,02101*IS)$$

El modelo fue confrontado contra sus propios datos, mostrando un comportamiento coherente con el patrón de crecimiento observado (figura 6).

#### Método ADA

Los coeficientes del modelo de Schumacher de término independiente común resultantes fueron los siguientes (tabla 7).

Reemplazando los mismos en la ecuación 14, la función que describe la evolución de la altura con la edad resultó la siguiente:

$$\ln Hdom=4,8212+\frac{b_s}{E^{0,39}}$$

La pendiente (bs) fue estimada con la siguiente función:

$$b_s=(\ln S-4,8212)*15^{0,39}$$

Reordenando la función de Hdom, se obtuvo la expresión de índice de sitio:

$$\ln LS=4,8212+\frac{b_s}{E^{0,39}}$$

Coeficiente			I S (m)	Clase de sitio	Límites de c/sitio (m)	R <sup>2</sup>
b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>				
47,413	0,13368	1,01947	42	I	40 – 44	98,782
50,434	0,104983	0,974604	38	II	36 – 39,99	98,965
59,7022	0,038243	0,659175	34	III	32 – 35,99	98,892
41,6751	0,0757018	0,775185	30	IV	28 – 31,99	96,866

**Tabla 6.** Coeficientes de la función ajustada para *Eucalyptus grandis* por clase de sitio, límite superior e inferior de clase de sitio, estadístico R<sup>2</sup>.

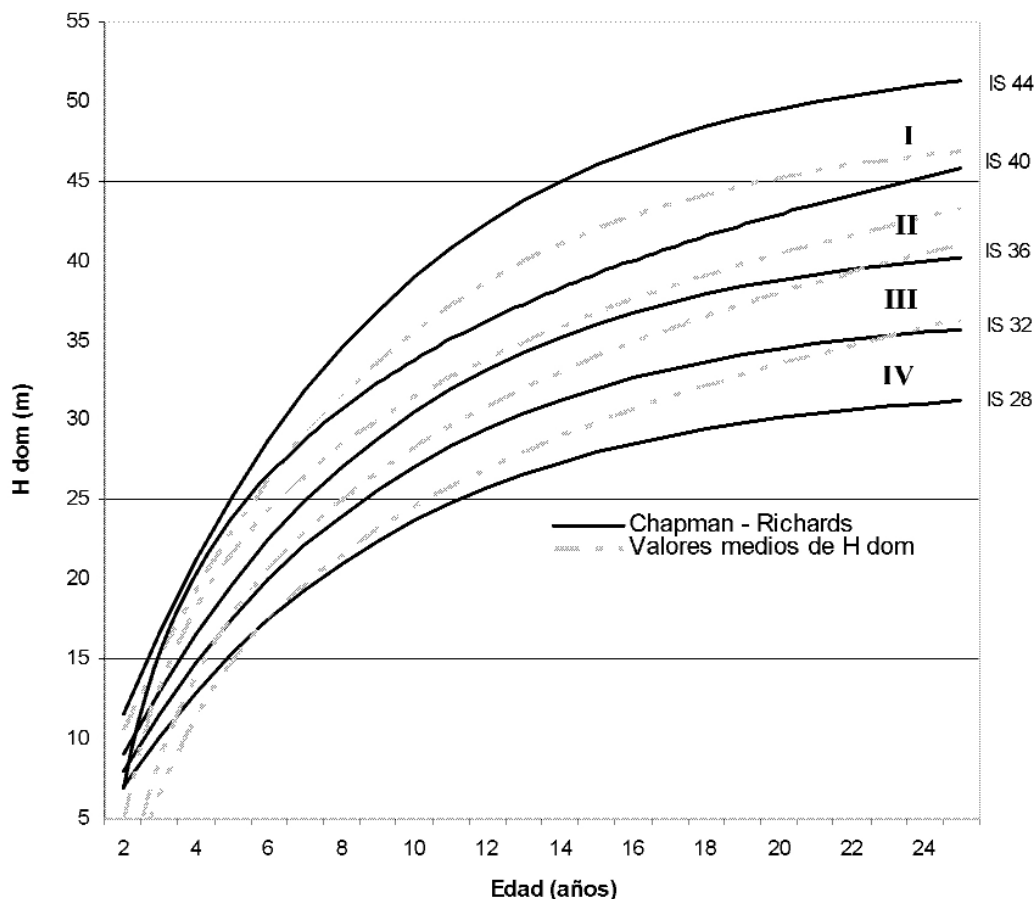


Figura 6. Curvas de índice de sitio para *Eucalyptus grandis* obtenido en base al modelo de Chapman-Richards ajustado mediante el método de reparametrización para la zona agro ecológica Concordia-Monte Caseros.

Coefficiente	valor
a	4,8212
k	0,39
Ei	15

Tabla 7. Método ADA. Coeficientes del modelo de término independiente común para *Eucalyptus grandis* para la zona Concordia Monte Caseros.

Para calcular el IS de un rodal, dada su edad y altura dominante, se usa:

$$\ln (IS)=4,8212+((\ln Hdom-4,8212)*((\frac{Edad}{Edad\ índice})^{0,39}))$$

Cuya fórmula de trabajo es:

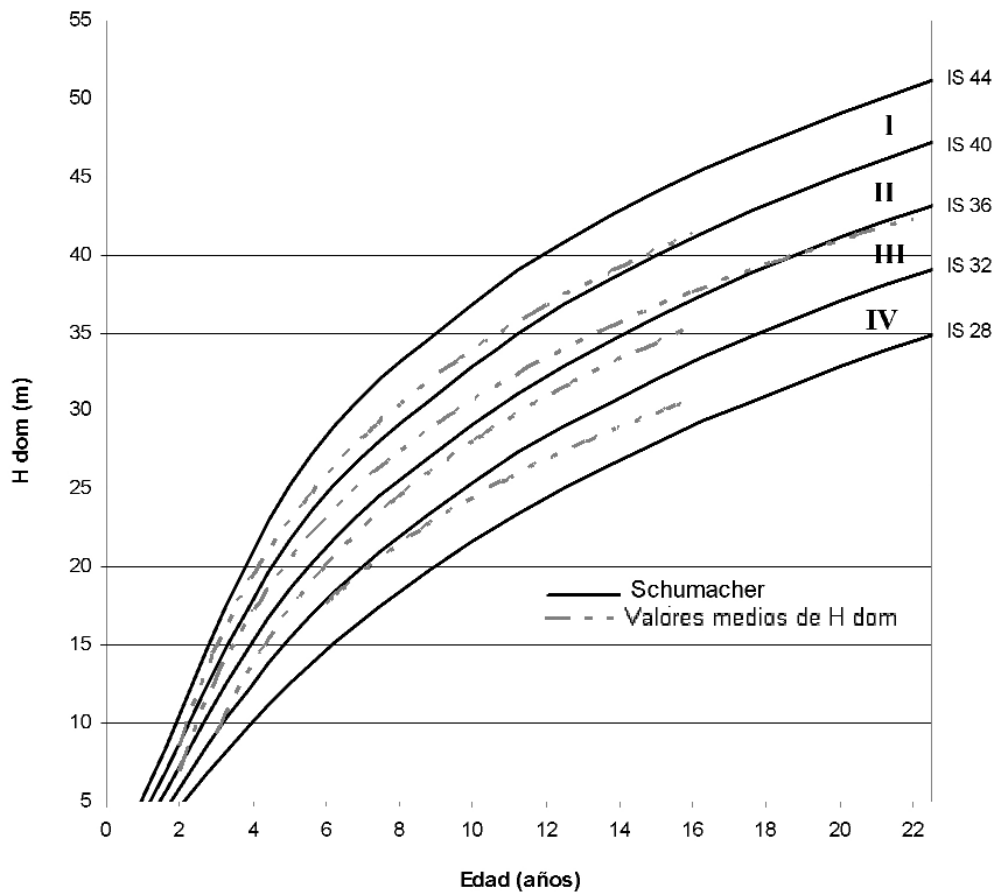
$$IS=\exp(4,8212+((\ln Hdom-4,8212)*((\frac{Edad}{Edad\ índice})^{0,39})))$$

El modelo confrontado contra sus propios datos, muestra un comportamiento apropiado con el patrón de crecimiento observado (figura 7).

**Comparación entre los modelos ajustados por el método de la curva Guía y el método ADA para la zona agroecológica Concordia-Monte Caseros.**

El método ADA exhibió un mejor comportamiento de estabilidad durante todo el desarrollo del rodal, el mismo





**Figura 7.** Clases de sitio para *Eucalyptus grandis* obtenido a través del modelo de Schumacher empleando el Método ADA para la región agro ecológica Concordia-Monte Caseros.

quedó comprobado al comparar datos medios de Hdom observados en parcelas permanentes a lo largo de las curvas, permaneciendo estas en la misma clase de sitio para un régimen de corta de 8-12 años (figura 7). Por estas razones fue seleccionado para su empleo.

#### **Balace entre base de datos disponible y modelos-métodos utilizados según zona agroecológica**

La selección de la función de mejor desempeño depende tanto del comportamiento de los estadísticos como de las propiedades matemáticas para expresar un determinado hecho biológico, siendo indefectiblemente necesario contar para ello, con una base de datos adecuada (provenientes de la mayor cantidad de sitios y edades posibles) al método de ajuste utilizado.

A ese efecto, para el método de ajuste de la curva Guía es suficiente contar con una base de pares de datos Hdom-

edad provenientes de parcelas temporarias y/o permanentes, mientras que para el método de reparametrización y ecuaciones diferenciales (ADA) es requisito necesario contar con pares de datos Hdom-edad provenientes de parcelas permanentes.

Para la zona agroecológica Misiones-NE Corrientes, al no disponer de datos suficientes Hdom-edad de parcelas permanentes, se incluyeron algunas temporarias por razones de representatividad de sitios y computadas sólo en el desarrollo de curvas anamórficas, por eso, los métodos de reparametrización y ADA no fueron los más adecuados, sí, en cambio, el método de la curva Guía-anamórficas.

Para la zona agroecológica Concordia-Monte Caseros, se contaba con suficientes datos Hdom-edad de parcelas permanentes, motivo por el cual se lograron buenos ajustes con los métodos de reparametrización y ADA de curvas polimórficas.

## CONCLUSIONES

La selección de la función de mejor desempeño depende tanto de los estadísticos como de las propiedades matemáticas para expresar un determinado hecho biológico. Las curvas polimórficas describen de mejor manera la evolución del crecimiento de la altura dominante con la edad, en relación a las anamórficas, dada la naturaleza sigmoideal de estos modelos. La base de datos reducida, correspondiente a la zona agroecológica Misiones-NE Corrientes hizo que el ajuste logrado a través del método ADA con el modelo de Schumacher, evidenciara un comportamiento poco estable si bien tiene la ventaja de cumplir con varios requisitos deseables a las funciones de sitio. El modelo de Chapman-Richards ajustado a través del método de la curva Guía presentó buena estabilidad en general, y en particular a edades jóvenes y fue seleccionado para la determinación del índice de sitio de *Eucalyptus grandis* de la zona Misiones-NE Corrientes. Dado el carácter anamórfico de este método y a fin de consolidar el enfoque para esa región, se considera necesario ampliar la base de datos para contar con mayor flexibilidad en la selección de los modelos, a los efectos de conocer la necesidad de proporcionalidad o no de las curvas de índice de sitio.

La base de datos disponible para la zona Concordia-Monte Caseros, permitió el ajuste de enfoques que cumplan con muchos de los requisitos que algunos autores consideran deben contemplar las funciones de sitio: tener un punto cero, ser incrementales, ser asintóticos al eje de la edad y poseer un punto de inflexión, además de cumplir también con otros criterios como el polimorfismo y que las alturas sean invariantes respecto de la edad índice (este último criterio exclusivo del método ADA y sus transformaciones posteriores).

## BIBLIOGRAFÍA

- ADAME HERNANDO, P.; MARTÍN, J.C.; MONTERO GONZÁLEZ, G.; DEL RÍO GAZTELURRUTIA, M.; CISNEROS GONZÁLEZ, O.; CAÑELLAS REY DE VIÑAS, I. 2004. Modelo de Calidad de estación para el Monte "Pinar de Navafria" (Segovia). En: Actas de la Reunión de Modelización Forestal. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales N.º 18:123-128
- ALDER, D. 1980. "Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento, con referencia especial a los trópicos". Vol 2: predicción del rendimiento. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estudio FAO: Montes. Roma. 118 pp
- BAILEY, R.L.; CLUTTER, J.L. (1974). Base-Age invariant Polymorphic Site Curves. Forest Science 20:155-159.
- CARVALHO, J.P.; PARRESOL, B. R. 2005. A site model for Pyrenean oak (*Quercus pyrenaica*) stands using a dynamic difference equation. Can. J. For. Res. 35: 93-99.
- CLUTTER, R.L.; FORTOW, J.C.; PIENNAR, L.V.; BRISTER, G.H.; BAILEY, R.L. 1983. Timber Management: A Quantitative Approach. N. Y. (USA): J. Wiley. 333 pp.
- DAVIS, S.L.; JOHNSON, K.N. 1987. "Forest Management". Third edition. McGraw-Hill. New York. 730 pp.
- FASSOLA, H.; WABO, E. 1993. Funciones de calidad de sitio para *Pinus elliottii* Engelm en Misiones (Argentina). Revista Yvyretá N.º 4. Págs. 26 – 34.
- FRIEDL, R.; CRECHI, E.; FASSOLA, H. 1999. Manual de Descripción Técnica del Simulador Forestal de *Pinus taeda* 1.0. INTA EEA Montecarlo. Facultad de Ciencias Forestales - Empresas forestales de Misiones y NE de Corrientes. 15 p.
- GARCÍA, V. O. 1970. Índices de sitio para P. insignis en Chile. Serie de investigación, publicación N.º 2. INFOR. Santiago. Chile.
- GLADE, J. 1999. Curvas de índice de sitio para *Eucalyptus grandis* en Entre Ríos. PROFOSEC- Proyecto Forestal de Desarrollo. SAGPyA BIRF. INTA EEA-Concordia. [www.inta.gov.ar/concordia/info/indices/tematica/cd.../H1.pdf](http://www.inta.gov.ar/concordia/info/indices/tematica/cd.../H1.pdf)
- GOELZ, J.C.; BURK, T.E. 1992. Development of a well – behaved site index equation: jack pine in north central Ontario. Can. J. For. Res. 22:776 – 784.
- HUANG, S.; TITUS, S.; WIENS, D.P. 1992. Comparison of non-linear height – diameter for major Alberta tree species. Can. J. For. Res. 22:1297-1304
- HUGELL, D. 1991. Modelos de predicción del crecimiento y rendimiento de: *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y *Leucaena leucocephala*, en América Central. En: Serie Técnica N.º 22. Turrialba (Costa Rica): CATIE. 57 pp.
- INFOSTAT. (2003). InfoStat versión 1.5. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- KECK, A.; CRECHI, E.; FASSOLA, H.; KELLER, A. 2005. INTA EEA Montecarlo. Manual de descripción técnica del Sistema de Procesamiento de Datos de Parcelas Experimentales e Inventario.
- KING, J. 1966. Site Index Curves for Douglas Fir in the Pacific Northwest. Weyer-Hauser Forestry Paper N.º 8.
- KIVISTE, A.; ALVAREZ GONZÁLEZ, J.; ROJO ALBORECA, A.; RUIZ GONZÁLEZ, A. D. 2002. Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid. España.
- MUTARELLI, E. 1977. Análisis dasométrico en plantaciones forestales de la zona de Concordia, Provincia de Entre Ríos. IFONA. Folleto Técnico Forestal, 59. Buenos Aires. 55p.
- PAPADAKIS, J. 1974. Ecología, posibilidades Agropecuarias de las Provincias Argentinas. Fascículo 3. Enciclopedia Arg. de Agric. y Jardinería. Ed. ACME. 86p.
- PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. 1997. Mensura Forestal. IICA-BMZ-GTZ. San José. 561 p.
- VERGARA, R.; FLORES DE LA C., J. 1983. Análisis de índice de productividad de sitio para la VII Región. INFOR. Santiago. Chile.

# Contenido de catequinas en cultivares argentinos de té (*Camellia sinensis*), elaborados como té verde Sencha

PRAT KRICUN, S.D.<sup>1</sup>

## RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo determinar el contenido de las siguientes catequinas, epigallocatequina-3-galato (EGCG), epigallocatequina (EGC), epicatequina (EC), catequina (C) y catequina galato (CG), en los cultivares de té CH 14 INTA, CH 112 INTA, CH 318 INTA, CH 410 INTA y CH 732 INTA elaborados como té verde Sencha, durante tres épocas de zafra. Se empleó un sistema de extracción acuosa y la determinación se efectuó por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) con elución isocrática. Los contenidos de catequinas determinados se estudiaron por análisis de variancia ( $P < 0,05$ ) y se investigaron las diferencias entre cultivares y la población control, épocas e interacciones. Se compararon las medias entre cultivares y la población control por medio de la prueba de Comparación Múltiple ( $P < 0,05$ ). Los resultados obtenidos permiten establecer las siguientes conclusiones. El contenido total promedio de todas las catequinas analizadas, alcanzó a 12,6% de materia seca. EGCG fue la catequina con más alta concentración, alcanzado un promedio de  $6,68\% \pm 0,79$ , no registrando diferencias significativas entre cultivares. EGC alcanzó un segundo nivel con una concentración de  $3,73\% \pm 0,42$ . Para EC, C y CG las concentraciones fueron de  $1,13\% \pm 0,12$ ;  $0,34\% \pm 0,05$  y  $0,20\% \pm 0,04$ , respectivamente. Entre los cultivares elaborados que presentaron diferencias significativas respecto al resto, se incluye el cultivar CH 318 INTA que presentó la mayor concentración de EGCG y CG, con contenidos de 7,86 y 0,26% respectivamente; para EGC los cultivares CH 410 INTA y CH 732 INTA, con un contenido de 4,4 y 4,1% respectivamente, en tanto que para EC y C el cultivar CH 732 INTA presentó los mayores contenidos con 1,69 y 0,55%. Entre las épocas de zafra, se registraron diferencias significativas, los mayores contenidos promedio de EGCG y EGC se presentaban al fin de zafra con 7,5 y 4,43%, en tanto que para EC, C y CG se presentaban al inicio con 1,13; 0,39 y 0,29%.

**Palabras claves:** Té verde, polifenoles, catequinas, HPLC.

## ABSTRACT

The present project was conducted with the objective of evaluation the content of the following catechins, epigallocatechin-3-gallate (EGCG), epigallocatechin (EGC), epicatechin (EC), catechin (C) and catechin gallate (CG), in the tea cultivar CH 14 INTA, CH 112 INTA, CH 318 INTA, CH 410 INTA and CH 732 INTA elaborated as green tea Sencha, during three harvest times. A system of water extraction was used and the determination was made by high performance liquid chromatography (HPLC), with isocratic elution. The catechins contents were analyzed by analysis of variance ( $P < 0.05$ ), the differences were studied among cultivars and the population control, times and interactions. The means were compared among cultivars and the population control by Multiple Range Test ( $P < 0.05$ ). The obtained results allow to establish the following conclusions. The total average content of all the analyzed catechins, reaching at 12.6 of dry matter (%). EGCG was the catechins with higher concentration, reaching at an average of  $6.68\% \pm 0.79$ , not registering significant differences among cultivars. EGC reached a second level with a concentration of  $3.73\% \pm 0.42$ . For EC, C and CG the concentrations were  $1.13\% \pm 0.12$ ;  $0.34\% \pm 0.05$  and  $0.20\% \pm 0.04$ , respectively. Among the cultivars that presented significant

<sup>1</sup> EEA Cerro Azul-INTA. C. C. 101, 3315 Leandro N. Alem, Misiones, Argentina. E-mail: pkricun@cerro.inta.gov.ar

Recibido 14 de septiembre de 2010 // Aceptado 11 de julio de 2011 // Publicado online 28 de septiembre de 2011



differences, cultivar CH 318 INTA present the biggest contents in EGCG and CG, with 7.86 and 0.26% respectively; for EGC cultivars CH 410 INTA and CH 732 INTA, with a content of 4.4 and 4.1% respectively, for EC and C cultivar CH 732 INTA present the biggest contents with 1.69 and 0.55%. For the harvest times, they registered significant differences, the biggest contents average in EGCG and EGC they were presented to the ending harvest with 7,5 and 4,43%, for EC, C and CG they were presented to the beginning with 1,13; 0,39 and 0,29%.

**Keywords:** Green tea, polyphenols, catechins, HPLC.

## INTRODUCCIÓN

Aunque existen varios tipos de té (Prat Kricun, 2003) que normalmente el público bebe en la vida diaria, todos son elaborados con los mismos brotes, hojas tiernas y maduras de la planta de té (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze). La variación en los sabores de té depende de las variedades botánicas *sinensis*, *assámica* o sus híbridos, formas de cultivo, época, y tipo de cosecha y su manufactura. Respecto a este último aspecto existen tres tipos de té: no fermentados o verdes, semifermentados (conocidos como Oolong) y fermentados o negros. La etapa conocida como "fermentado", no guarda relación con los conocidos procesos de fermentación alcohólica, láctica o acética producida por microorganismos. Se trata de una reacción conocida en la tecnología de los alimentos como pardeamiento enzimático, producido por unas enzimas presentes en el vegetal denominadas polifenoloxidasas, que en un ambiente húmedo producen la oxidación de las polifenoles incoloros, en una primera etapa a compuestos coloreados amarillos denominados teaflavinas, para concluir en tearrubiginas de colores marrones y rojos.

En la elaboración de té verde se produce inmediatamente luego de la recolección el escaldado con vapor o aire caliente, éste inhibe la acción enzimática y los componentes propios del brote son retenidos y el producto no sufre grandes cambios. La pungencia y astringencia del licor de té verde es, en un 75%, el resultado del contenido en catequinas y éste depende de la variedad, momento de recolección, maduración del brote y método de cultivo (Takeo, 1992).

En general el té verde es elaborado en Japón y China con la variedad *sinensis* o híbridos con predominancia de ella, en tanto el té negro en general es elaborado con la variedad *assámica* o sus híbridos.

El contenido de catequinas es mayor en la variedad *assámica* en un 50% en promedio respecto a la *sinensis*; la variedad *assámica* no se emplea para la elaboración de té verde, ya que por su alto contenido en catequinas se obtendría un licor excesivamente amargo que sería imposible de beber. En contraste, los bajos niveles de catequinas en la variedad *sinensis* son el nivel exacto para impartir al licor del té verde una aceptable astringencia.

El mejor té verde Sencha se elabora con el brote tierno de la primera recolección del año, con un alto tenor de aminoácidos y bajo de catequinas; el té verde Gyokuro se elabora también a partir de los brotes tiernos de la primera recolección pero de plantas sombreadas artificialmente, obteniéndose de esta forma los más altos niveles de aminoácidos y cafeína, así como los más bajos niveles de catequinas.

El té verde que representa el 22,7% del consumo mundial (Internacional Tea Committee, 2005), está ampliamente difundido en Japón, China, Taiwán y Corea, así como en algunos estados de EE.UU. (Hawai y California), y los medios de comunicación han prestado una atención particular en los recientes años sobre té verde, por su papel anticancerígeno. Investigadores de la Universidad de Rutgers, repararon la investigación en el consumo de té y el cáncer humano, incluyendo muchos estudios con el té verde, y encontraron esa protección contra el cáncer en algunas investigaciones. En Japón, individuos que frecuentemente consumieron el té verde (10 tazas por día) tenían una más baja tendencia a desarrollar el cáncer del estómago, y había una tendencia general a más tazas igual a más protección.

En los polifenoles del té, en particular el galato del epigallocatequina (EGCG), se encontró la mayoría de los efectos protectores (Bertram y Bartsch, 2002). Como la concentración de EGCG en el té verde, es cinco veces superior al té negro, se asume que posee un potencial preventivo mayor. Los más importantes efectos biomédicos son la protección contra el cáncer y las enfermedades cardiovasculares. En los trabajos experimentales la actividad preventiva de té, se documentó bien para los tumores en diferentes órganos. En los humanos, se ha informado que el té es protector contra tumores en pulmón, tracto gastrointestinal e hígado. Los polifenoles del té, sobre todo EGCG, demostraron que ejerce, la actividad de protección del cáncer por los mecanismos de inhibición de la activación metabólica de carcinógenos e inducen, al mismo tiempo, la detoxificación de las enzimas. Ellos inhiben los pasos que controlan proliferación celular y crecimiento de tumores, como la proteína quinasa C y descarga el factor-alfa, que necrosa las células tumorales. Los polifenoles del té reactivan procesos que dañan las células del tumor, como la muerte celular programada y el gen tumor

supresor p53. Finalmente, los polifenoles del té también pueden bloquear la angiogénesis, que lleva a una inanición del tumor. Por la inactivación de enzimas proteolíticas, inhiben el desarrollo de metástasis.

Los efectos terapéuticos del té verde pueden resumirse en los siguientes aspectos: 1) refrescante y excitante, 2) diurético, 3) preventivo de caries dentales, 4) acción antiinflamatoria y bacteriostática, 5) reducción de la hipertensión y el nivel de glucosa en sangre, 6) reducción de los lípidos en sangre y efecto de control de la arteriosclerosis, 7) retarda la senectud, 8) protector de las radiaciones, 9) anticarcinogénico y antimutagénico y 10) neutralizador del estrés oxidativo (Chen, *et al.* 2002; Chen *et al.*; 1989; Csiro, 1997; Desmarchelier y Ciccía, 1998; Tourie; 2001; Vinson, 2000).

Considerando que el té verde constituye menos de 2% de la producción argentina y su valor por tonelada supera en un 100% al té negro, la alternativa de la manufactura de té verde Sencha, y la determinación del sus catequinas en sus cultivares y poblaciones permitirá mejorar las ventajas competitivas del té como un producto valorado en el mercado internacional como infusión y por sus propiedades como complemento dietario.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Cultivares, plantación, manejo y recolección

Se emplearon los cultivares CH 14 INTA, CH 112 INTA, CH 318 INTA, CH 410 INTA y CH 732 INTA que representan en la actualidad 8.000 ha implantadas, el 20% de la superficie total con té en el país. El control fue la población Larraburu. El lote fue implantado a campo en julio de 1966, con un distanciamiento de 1,60 x 0,80 m y una densidad de 7.810 pl ha<sup>-1</sup>, se ubica en la Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul del INTA, Cerro Azul, Misiones, 27°39' S, 55°26' W y una altitud de 283 m. Su mantenimiento se efectuó de acuerdo a las prácticas de manejo recomendadas por la EEA Cerro Azul. Las recolecciones se efectuaron con una cosechadora mecánica de tiro manual, estableciendo 3 (tres) épocas de recolección dentro de la zafra. Inicio del 27/11 al 7/12, plena zafra del 22/01 al 27/01 y fin de zafra del 3/04 al 10/04. Las recolecciones se efectuaron entre las 7 a 8 horas, por triplicado para cada uno de los 5 (cinco) cultivares y la población control.

### Técnica de manufactura

Las muestras de brotes verdes sin clasificar fueron en promedio de 200 g. Las muestras inmediatamente después de su recolección fueron sometidas a un escaldado en un conjunto de 2 recipientes de acero inoxidable superpuestos, de 25 cm de diámetro y 10 cm de altura. El inferior con agua en permanente ebullición, despidiendo sus vapores vivos a través de orificios del fondo del segundo recipiente superpuesto. El material permanece en el recipiente superior por 5 minutos cubierto con una tapa, que en parte evita la pérdida de vapor. Durante su permanencia en el recipiente, se efectúan a los 90 y 180 segundos, la remoción y homoge-

nización de material con una pinza de madera. Luego se retira y se extiende sobre una malla gruesa de alambre, con el fin de evaporar el agua superficial. Se efectúa el primer enrollado y secado sobre la muestra escaldada, esta es cortada en finos trozos en una picadora doméstica manual (5,5 cm de diámetro x 10 cm de longitud), luego el material es desagregado en forma manual para facilitar su posterior secado, por medio de un tamiz de alambre y distribuido en fina capa, sobre una bandeja de madera con fondo de alambre tejido de fina malla. La bandeja es introducida a un micro secadero eléctrico con aire forzado, a una temperatura de 100 °C ± 2 por un tiempo de 25 a 35 minutos, hasta alcanzar una humedad del 50% sobre base húmeda. Luego es enrollado en un paso por una micro enrolladora Rotorvane (6,5 cm diámetro x 22 cm de longitud), con el fin de homogeneizar el material en un 50% de humedad, se enrula nuevamente en un segundo paso por una micro enrolladora Rotorvane, luego el material es desagregado en forma manual y secado en forma similar al primer secado. La temperatura de secado fue de 55 °C ± 5 por un tiempo de 20 a 30 minutos, hasta alcanzar una humedad del 30%. Se enrula en un tercer paso por una micro enrolladora Rotorvane, luego el material es desagregado en forma manual y secado en forma similar a primer secado. La temperatura de secado fue de 85 °C ± 5 por un tiempo de 25 a 35 minutos, hasta alcanzar una humedad del 4-5%. Cada muestra fue envasada en bolsas multipliegos de aluminio, etiquetada y conservada en cámara frigorífica a -18 °C ± 2.

### Técnicas de laboratorio

Cada muestra se procesa en un molinillo de café, y se determina su contenido de humedad (ISO 1572). Posteriormente se pesan 1,5 g de la misma. Se adicionan 90 mL de agua destilada estéril apirógena en ebullición a los 1,5 g de la muestra, en un vaso de precipitado de 250 mL. Se lleva a un baño de agua a 80 °C por 10 minutos, con agitación periódica. La solución se enfría en refrigerador a 4 °C, por 5 minutos. Se filtra luego con succión a través de un embudo buchner de 12 cm, con un papel de filtro Whatman N.º 1 y se recoge el filtrado en un kitasato de 250 mL (Obando *et al.*, 1996). Se transfiere 1 mL del filtrado obtenido a un tubo de ensayo de 10 mL, se diluye con agua apirógena 1:10. Estas soluciones se emplean para la determinación por HPLC.

Se utilizó un cromatógrafo líquido Shimadzu LC 6A, equipado con un integrador CR3 A y un detector UV Shimadzu SPD-6A (195-350 nm), calibrado a 280nm (Shimadzu Corp., 2001). Se utilizó una columna fase reversa Lichrospher RP18 5 Micrón, de 250 mm x 4 mm. La fase móvil A fue 95,45: 4,5: 0,05 (H<sub>2</sub>O apirógena/acetónitrilo (HPLC)/ácido fosfórico), la fase móvil B fue 49,45: 50: 0,05 (H<sub>2</sub>O apirógena/acetónitrilo (HPLC)/ácido fosfórico) (Goto, T. *et al.*, 1996). La fase móvil de trabajo fue A/B (70:30). Flujo 1.0mL/minuto. Temperatura 25° C ± 1. Inyección 5 µL. Para la curva de calibración se utilizaron las misma fase móvil A/B(70:30), con los estándares provistos por Sigma Chemical Co. (St.Louis, Mo) de epigallocatequina-3-galato (EGCG):(E-4143), epigallocatequina (EGC):(E-3768), epicatequina (EC): E-4018), catequina (C): C-0567), catequina galato (CG): C-0692) y cafeína: (C-8960). Estos fueron disueltos en una solución 95/5, agua/metanol

(HPLC), en las siguientes concentraciones EGCG 300 mg L<sup>-1</sup>, EGC 850 mg L<sup>-1</sup>, EC 250 mg L<sup>-1</sup>, C 200 mg L<sup>-1</sup>, CG 250 mg L<sup>-1</sup> y cafeína 200 mg L<sup>-1</sup>.

Para la identificación de las catequinas se tomaron los tiempos de retención de cada compuesto; para la determinación de su cantidad se tomó como referencia el área de los picos obtenida con la inyección de 5 µL de la solución con la mezcla de estándares. Se repetía la inyección de la mezcla de estándares a intervalos regulares, luego de la inyección de 6 muestras.

**Análisis estadístico**

Los contenidos de catequinas y cafeína se analizaron por análisis de variancia

(P<0,05), se estudió el efecto del tipo de cultivar, de la época de recolección y de la interacción entre ambos factores. Se compararon las medias con población control por medio de la prueba de comparación múltiple (P<0,05).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Según puede observarse en la curva de calibración de los estándares (fig.1), la misma responde según el orden de aparición de cada compuesto y tiempo de retención a los determinados por Goto, T. *et al.* (1996).

Seis ejemplos de cromatogramas de catequinas y cafeína obtenidos de té verde Sencha de los diferentes cultivares se observan en las figuras 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Los picos dominantes de las áreas corresponden respectivamente a EGC y EGCG, la cafeína se ubica en segundo nivel. Para C y EC las áreas son pequeñas con la excepción de esta última ca-

tequina en el cromatograma del cultivar CH 732 INTA (fig. 6), donde alcanza un nivel y área semejante a la cafeína, en tanto que CG fue detectada en muy bajos niveles e incluso en algunas muestras no fue detectada.

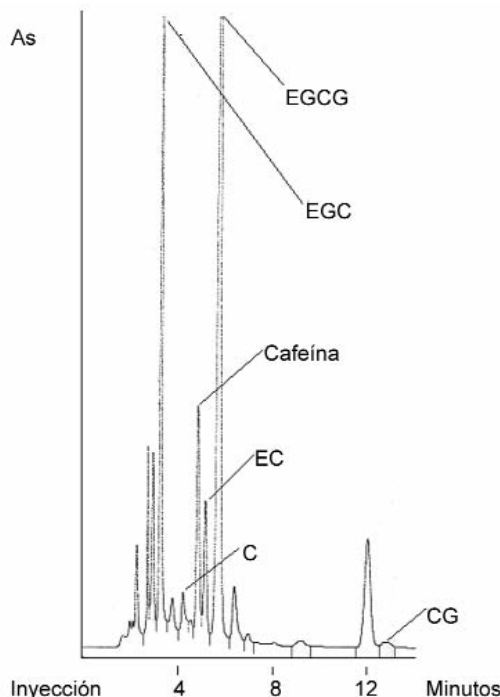


Figura 2. Cultivar CH 14, inicio de zafra.

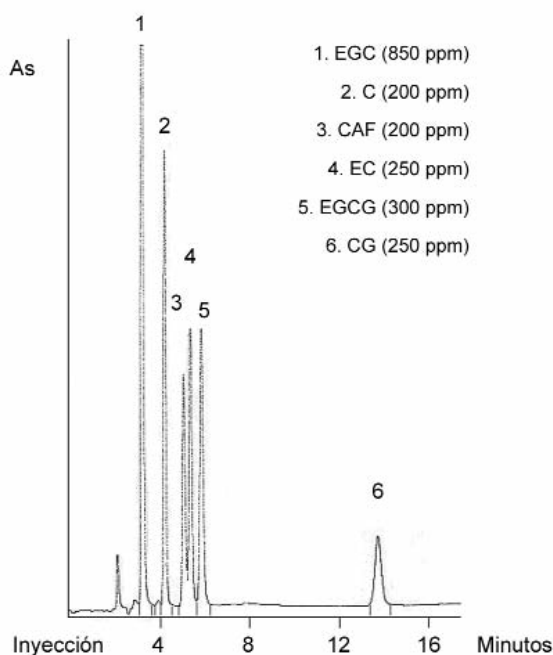


Figura 1. Cromatograma de la mezcla de estándares.

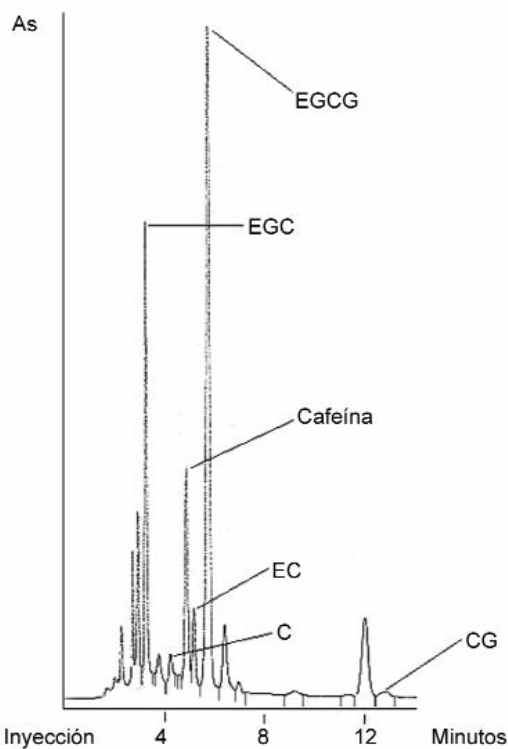


Figura 3. Cultivar CH 112, inicio de zafra.



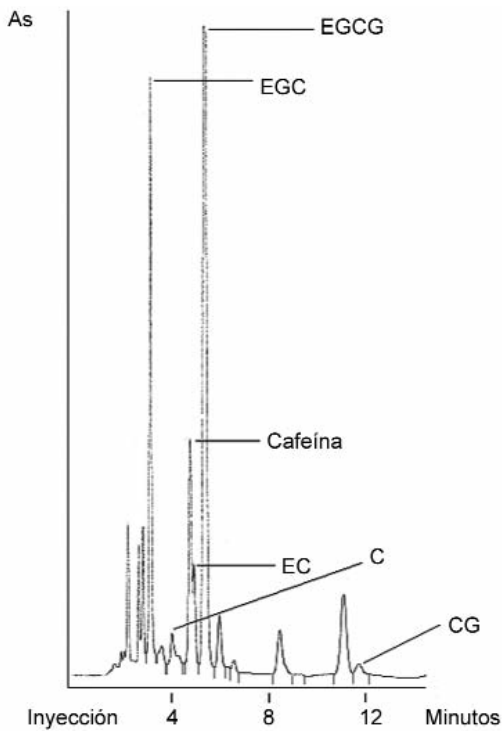


Figura 4. Cultivar CH 318, plena zafra.

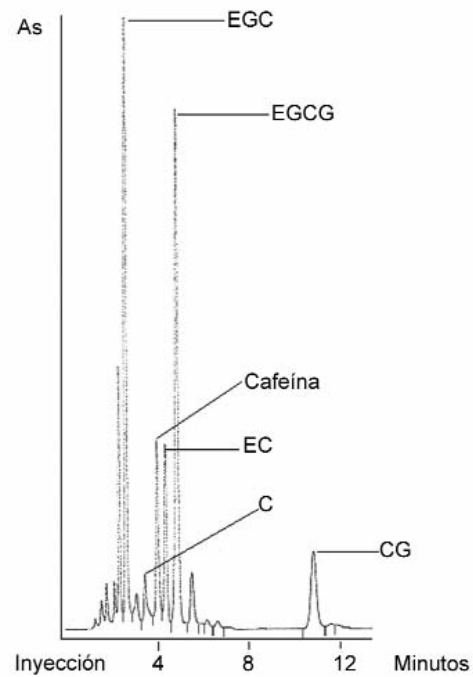


Figura 6. Cultivar CH 732, fin de zafra.

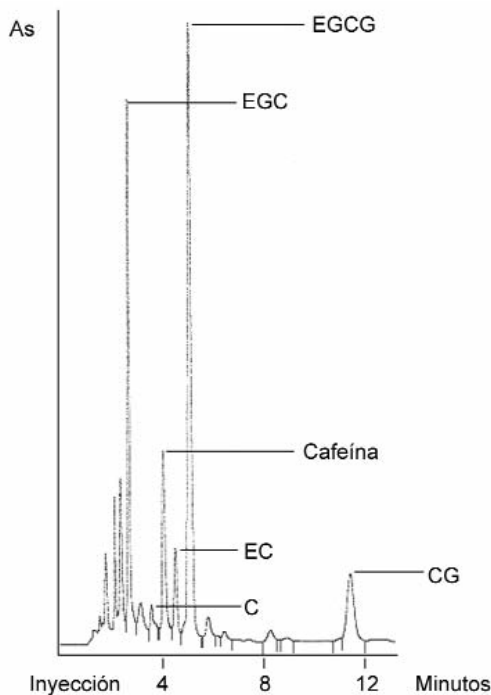


Figura 5. Cultivar CH 410, plena zafra.

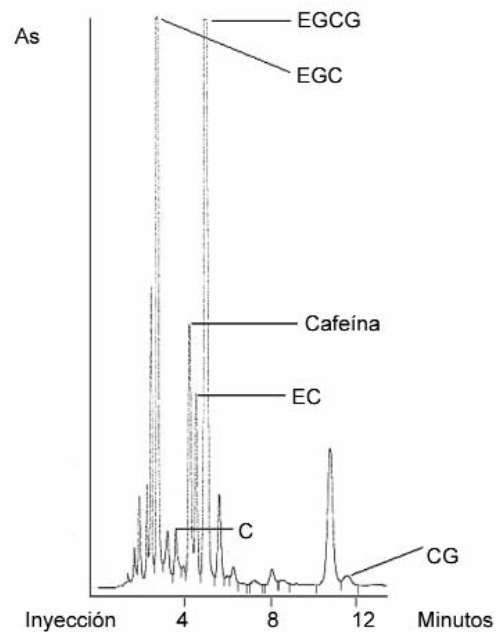


Figura 7. Población Larraburu, fin zafra.

Se observa una gran variabilidad en el contenido de catequinas no oxidadas presentes entre los distintos cultivares, alcanzado un valor total promedio de 12,06% de materia seca (tabla 1). Estos, por el sistema de extracción acuosa empleado, representan en cierto modo la preparación que efectúa el consumidor y los componentes que ingiere, independientemente del contenido total de cada uno de ellos en el té elaborado.

Para EGCG el cultivar CH 318 INTA y la población Larraburu presentan los mayores contenidos, con diferencias estadísticamente significativas del resto de los cultivares, con la paradoja de que estos materiales pertenecen, el primero, a la variedad *sinensis* o china y la población Larraburu es un híbrido *assámico*, material que por su origen genético y de acuerdo a los trabajos previos efectuados en Japón (Chu, 1997, Saijo *et al.*, 2001), debería ser superior en contenido

Cultivar	EGCG	EGC	EC	C	CG	Cafeína
CH 14	6,3501 c	3,4113 b	0,8550 c	0,2753 d	0,1746 b	0,5827 cd
CH 112	6,7895 bc	3,0374 b	0,6733 d	0,2611 d	0,1670 b	0,6550 bc
CH 318	7,8659 a	3,3213 b	0,7756 cd	0,2778 d	0,2632 b	0,7909 a
CH 410	6,9484 bc	4,1013 a	1,2344 b	0,3884 b	0,1973 a	0,5415 d
CH 732	4,5840 d	4,4046 a	1,6961 a	0,5513 a	0,2015 b	0,6655 b
Población Larraburu	7,5649 ab	4,3205 a	1,1394 b	0,3336 c	0,1993 b	0,7032 b
Promedio	6,6856	3,7661	1,0612	0,3479	0,2005	0,6565
LSD (P<0,05)	0,7812	0,4211	0,1230	0,0467	0,0404	0,0753
CV (%)	11,88	11,37	11,79	13,67	20,53	11,67

(\*) Contenidos con igual letra, por columnas no indican diferencias estadísticamente significativas entre cultivares.

CV: Coeficiente de variación.

**Tabla 1.** Contenido de catequinas y cafeína en cultivares y población Larraburu. Datos en materia seca (%).

de EGCG por tratarse de un cultivar de ese origen. Estos resultados indicarían un posible efecto ambiental sobre el contenido de esta catequina. Respecto al contenido promedio de EGCG, obtenido por extracción acuosa y sin ayudas filtrantes, presenta un nivel levemente inferior a los determinados en té verdes comerciales de Japón, China e India (Darjeeling) con 8,31%; 7,24% y 7,7%, respectivamente, y superior al té de Vietnam con 5,59% (Goto, *et al.*, 1996; Saijo y Takeda, 1999); a pesar que la extracción en éstos fue efectuada con acetona y luego se emplearon ayudas filtrantes para eliminar sustancias no polares como lípidos y clorofila.

Para EGC la población Larraburu y los cultivares CH 410 INTA y CH732 INTA presentan contenidos medios superiores estadísticamente al resto de los cultivares, sin diferencias por variedad botánica como se registra a favor de la variedad *assámica* en otras regiones reales (Chu, 1997; Saijo *et al.*, 2001). El contenido promedio de 3,76% supera significativamente a los té verdes de Japón, China, Vietnam e India (Darjeeling), con contenidos de 1,66%; 0,73%, 1,65% y 1,48%, respectivamente.

La catequina C, con cierto grado de formación por el tratamiento térmico, presenta sus mayores contenidos en el cultivar CH 732 INTA, con diferencias estadísticamente significativas al resto. Su contenido promedio es superior a los té verdes de China e India (Darjeeling), con 0,22 y 0,14%, e inferior a los de Vietnam con 0,62% (Saijo y Takeda, 1999).

El cultivar CH 732 INTA presentó los más altos contenidos de EC, con diferencias estadísticamente significativas con el resto de los cultivares. Respecto a su contenido promedio con relación a otros té verdes, posee un valor similar a los originarios de Japón e India (Darjeeling), con 1,09 y 1,04%, respectivamente; superior a los 0,72% de los de origen Chino e inferior a los de Vietnam, con 1,86% (Goto, *et al.*, 1996; Saijo y Takeda, 1999).

La catequina galato (CG), típica catequina producto del tratamiento térmico, presenta su mayor valor en el cultivar CH 318 INTA, con diferencias estadísticamente superiores al resto; su presencia no es común en otros té verdes comerciales y sólo fue detectada a nivel de trazas en el té verde Lung Ching, originario de China (Saijo y Takeda, 1999).

La cafeína presenta sus mayores niveles en el cultivar CH 318 INTA, con diferencias estadísticamente significativas al resto. El valor promedio de 0,65%, considerando el sistema de extracción acuosa, resulta muy bajo respecto a los contenidos totales de té verdes japoneses que alcanzan valores promedio de 3,07% (Goto, *et al.*, 1996).

Se observa entre las diferentes épocas de zafra, dos agrupaciones de compuestos con su mayor contenido en épocas bien definidos, EGCG y EGC en el fin de zafra y EC, C, CG y cafeína con su inicio (tabla 2).

Epoca de zafra	EGCG	EGC	EC	C	CG	Cafeína
Inicio	6,7719 b	3,3102 b	1,1313 a	0,3983 a	0,2962 a	0,7067 a
Plena	5,7829 c	3,5508 b	1,0089 b	0,3585 b	0,1987 b	0,6380 b
Fin	7,5021 a	4,4373 a	1,0436 b	0,2871 c	0,1065 c	0,6249 b
Promedio	6,6857	3,7661	1,0613	0,3480	0,2005	0,6565
LSD (P<0,05)	0,5524	0,2978	0,0870	0,0330	0,0286	0,0533
CV (%)	11,88	11,37	11,79	13,67	20,53	11,67

(\*) Contenidos con igual letra, por columnas no indican diferencias estadísticamente significativas entre épocas. CV:

Coeficiente de variación.

**Tabla 2.** Contenido de catequinas y cafeína en té recolectado en diferentes épocas de zafra. Datos en materia seca (%).

Para EGCG el contenido en el fin de zafra supera estadísticamente al resto, con porcentajes que superan en 10 y 23% al inicio y plena zafra, respectivamente. Con el contenido de EGC a fin de zafra, se repiten las diferencias estadísticas con las otras épocas, con niveles superiores de entre 20 a 25%. Estos valores permitirían deducir que la síntesis de estos compuestos se incrementa con la reducción de los procesos metabólicos propios del fin de la zafra.

Para las catequinas menores y la cafeína, el inicio de zafra está asociado con los mayores niveles en su contenido y con diferencias estadísticamente significativas con resto de las épocas. Los niveles de reducción alcanzan para las otras épocas de 8 a 28% para EC, C y cafeína, en tanto que para CG la reducción alcanza entre 33 al 64%. Los altos niveles registrados por estos compuestos al inicio de zafra, indican su asociación con el activo crecimiento primaveral propio de la región tealera Argentina, que con posterioridad por efecto de las altas temperaturas reduce su ritmo.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten establecer las siguientes conclusiones.

- El contenido total promedio de todas las catequinas analizadas alcanzó a 12,6% de materia seca.
- EGCG fue la catequina con más alta concentración, alcanzado un promedio de 6,68%  $\pm$  0,79, no registrando diferencias significativas entre cultivares de origen varietal híbrido assámico e híbrido chino o chino.
- EGC alcanzó un segundo nivel con una concentración de 3,73%  $\pm$  0,42, sin diferencias significativas por origen varietal.
- Para EC, C y CG las concentraciones fueron 1,13%  $\pm$  0,12; 0,34%  $\pm$  0,05 y 0,20%  $\pm$  0,04, respectivamente.
- Entre los cultivares que presentaron diferencias significativas respecto al resto, se incluye el cultivar CH 318 INTA que presentó la mayor concentración de EGCG y CG, con contenidos de 7,86 y 0,26%, respectivamente; para EGC los cultivares CH 410 INTA y CH 732 INTA, con un contenido de 4,4 y 4,1%, respectivamente, en tanto que para EC y C el cultivar CH 732 INTA presentó los mayores contenidos con 1,69 y 0,55%.
- Para las épocas de zafra, se registraron diferencias significativas: los mayores contenidos promedio de CGCG y EGC se presentaban al fin de zafra con 7,5 y 4,43%, en tanto que para EC, C y CG se presentaban al inicio con 1,13; 0,39 y 0,29%.

Los resultados que surgen del presente proyecto indican que los contenidos de catequinas, en particular epigalocatequina-3-galato (CGCG) y epigalocatequina (EGC), en cultivares argentinos elaborados como té verde Sencha presentan niveles similares o superiores a los registrados en los principales países productores; condición que permitirá en el futuro incrementar sustancialmente la participación de este tipo de té, en la producción tealera nacional.

## AGRADECIMIENTOS

Al personal técnico y de apoyo de la EEA Cerro Azul del INTA por su colaboración para la realización del presente trabajo; en particular al Sr. Justo Díaz Fernández, por su aporte en todas las tareas de recolección y manufactura de las muestras y al Ing. Químico Darío Ferreira, integrante del Laboratorio Central de la FCEQyN (UNaM), por su apoyo, voluntad, paciencia y profesionalidad durante el desarrollo de los trabajos en laboratorio. A la Asociación Cooperadora de la EEA Misiones, por su aporte financiero y a las autoridades de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (UNaM), por facilitar sus instalaciones y equipamientos.

## BIBLIOGRAFÍA

- BERTRAM, B.; BARTSCH, H. 2002. Cancer prevention with green tea: reality and wishful thinking. *Wien Med Wochenschr* 152(5-6):153-8.
- CHEN, L.; YANG, X.; JIAO, H.; ZHAO, B. (2002) Tea catechins protect against lead-induced cytotoxicity, lipid peroxidation, and membrane fluidity in hepG2 cells. *toxicological sciences* 69, pp.149-156.
- CHEN, S.; GAO, Y.; HO, C.; WANG, Z. 1989. Studies on antimutagenicity and anticarcinogenicity of green tea antioxidant. The 1st International Symposium on Green Tea. ([http://pacificweb.pacific.co.kr/teascience/topics1\\_E.htm#Studies%20on%20Antimutagenicity%20and%20Anticarcinogeni](http://pacificweb.pacific.co.kr/teascience/topics1_E.htm#Studies%20on%20Antimutagenicity%20and%20Anticarcinogeni), verificado 22 de febrero de 2004).
- CHU, D.C. 1997. Green Tea. Its cultivation, processing of leaves for drinking materials, and kinds of green teas. En *Chemistry and Applications of Green Tea*. Yamamoto, T.; Juneja, L.R.; Chu, D.C. & Kim, M. Ed., CRC Press LLC, Boca Raton, U.S.A., pp. 1-11.
- CSIRO. 1997. Tea-Green and Black. (<http://www.dhn.csiro.au/radio8.html> verificado el 3 de marzo de 2002).
- DESMARCHELIER, C.; CICCIA, G. 1998. Antioxidantes de origen vegetal. *Ciencia Hoy* 8(44): 32-41.
- GOTO, T; YOSHIDA, Y.; AMANO, I.; HORIE, H. 1996. Chemical composition of commercially available japanese green tea. *Foods & Food Ingredients Journal of Japan* 170, 46-51.
- INTERNATIONAL TEA COMMITTEE. 2005. Annual bulletin of Statistics 2004. Ed. International Tea Committee, London, U.K., pp.158.
- OBANDA, M.; OWUOR, P.O.; TAYLOR, S.J. 1996. Chemical composition of some kenyan black teas and their probable benefits to human health. *Tea* 17(1): 20-26, Kenya.
- SAIJO, R.; TAKEDA, Y. 1999. HPLC Analysis of catechins in various kinds of green teas produced in Japan and abroad. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 46(3): 138-147.
- SAIJO, R.; KATO, M.; TAKEDA, Y. 2001. Compositions and contents of catechins in various kinds of fresh tea leaves-comparisons between assam variety and China variety. *Food Flavors and Chemistry: Advances of the New Millennium*. pp. 183-196.
- SHIMADZU CORPORATION. 2001. Application to Food Analysis (N.º 18) Analysis of Tea. Shimadzu Application News. High performance liquid chromatography N.º L212. pp.2.
- TOURLE, R. 2001. *Camellia sinensis* (Tea). ([http://www.museums.org.sa/bio/plants/theaceae/camellia\\_sinensis.htm](http://www.museums.org.sa/bio/plants/theaceae/camellia_sinensis.htm) verificado 05 de marzo de 2002).
- VINSON, J.A. 2000. Black a green tea and heavy disea.



# *Macrosiphonia petraea*: Variantes poblacionales con potencial decorativo

FONTANA, H.<sup>1</sup>; MASCARINI, A.<sup>2</sup>; FATTA, N.<sup>3</sup>

## RESUMEN

*Macrosiphonia petraea* crece sobre suelos franco-arenosos, es perenne y sus flores blancas son vespertinas. En un ensayo en macetas bajo invernáculo en Buenos Aires se evaluó el comportamiento en dichas condiciones, la existencia de polimorfismos y se identificó a los individuos atractivos. Los caracteres considerados fueron números de tallos, de flores y de días desde la siembra hasta la aparición de la primera flor de cada planta. También se midió la longitud de los tallos y se estimó la extensión del período de floración. Se halló que la floración se concentró en verano con picos en enero y en febrero y se identificaron individuos de tallos péndulos o erectos. El número de tallos fue un carácter importante para la calidad subjetivamente determinada siendo más atractivos los individuos compactos, con un mayor número de tallos. Las plantas mostraron susceptibilidad a plagas insectiles, manteniendo la turgencia aún con temperaturas altas. Se concluyó que existen polimorfismos para los caracteres observados y que por su rusticidad *M. petraea* podría posicionarse como una opción decorativa de bajo mantenimiento en nichos comerciales tales como jardines de roca en lugares con actividad nocturna. La selección, un programa de fertilización comercial y un manejo en exterior a partir del inicio de la época cálida, probablemente permitirían obtener un número superior flores y mejor estado sanitario.

**Palabras claves:** floración, Capilla del Monte, Apocynaceae, jardines de roca

## ABSTRACT

*Macrosiphonia petraea* grows on sandy loam soils, is perennial and its white flowers are vespertine. In a greenhouse test in pots carried out in Buenos Aires, behaviour in those conditions was evaluated, the existence of polymorphisms and attractive individuals were identified. Features considered were number of stalks, number of flowers and days since planting up to appearance of first flower in each plant. Length of stalks was also measured and length of flowering period was estimated. Flowering concentrated during summer with peaks in January and February and individuals with pendant or erect stalks were identified. Number of stalks was an important feature for the subjectively determined quality. Compact individuals with larger number of stalks being more attractive. Plants showed susceptibility to insect pests, and remained turgent even with high temperatures. Conclusion is that polymorphisms exist in the features observed and due to its rusticity *M. petraea* could be positioned as a low maintenance cost decorative option in commercial niches such as rock gardens, in nocturnal activity sites. Selection, a commercial fertilization program and outdoor management at the beginning of the warm season, would probably permit obtaining higher number of flowers and better sanitary condition.

**Keywords:** flowering, Capilla del Monte, Apocynaceae, rock gardens

1 Cátedra de Zoología. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. San Martín 4450. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.

2 Cátedra de Floricultura. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. José Cubas 3888. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.

3 Corresponding author. Cátedra de Genética. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. San Martín 4450. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina correo electrónico: nfatta@agro.uba.ar.

Recibido 23 de mayo de 2011 // Aceptado 18 de julio de 2011 // Publicado online 21 de septiembre de 2011

## INTRODUCCIÓN

El género *Macrosiphonia* tiene representantes perennes, de hábito decumbente, con pequeñas hojas de margen resoluta (Alvarado Cardenas, 2004), oscuras en el haz, pilosas en el envés y grandes flores blancas, solitarias (Richardson, 1995; Sérsic *et al.*, 2006), y de apertura vespertina.

Existen numerosas referencias sobre especies nativas de América Central o del Norte (Van Dersal, 1939; Fishbein *et al.*, 1994; Curiel Ballesteros *et al.*, 1995; León de la Luz *et al.*, 1999; Villarreal Quintanilla, 2001; Waver, 2002; Everitt *et al.*, 2002; Lynn Drawe, Lonard, 2002; INE, 2003; Barba Avila *et al.*, 2003; Holloway *et al.*, 2005; Irish, 2006).

*Macrosiphonia petraea* (A. St.-Hil.) K. Schum. (Apocynaceae), es autóctona de Sudamérica (Ando *et al.*, 1991, 1995 y 1996; Ezcurra, 1999; Guarim Neto *et al.*, 2003; Vila Verde *et al.*, 2003; Macedo *et al.*, 2004; Fontana, 2005; Ministerio da Agricultura e do Abastecimento, EMBRAPA, Centro de pesquisa agropecuaria do Pantanal, 2007) siendo Córdoba, Entre Ríos y Buenos Aires las principales zonas de distribución en Argentina (Sanso *et al.*, 2000; Chebez, 2006; Secretaría de Minería de la Nación).

Esta especie tiene raíces que penetran a gran profundidad en suelos franco-arenosos (Agropozo, 2007) con escasa retención de agua y puede vegetar sobre afloramientos rocosos (Mereles, 2005). Sérsic *et al.*, (2006) indican que sería resistente a incendios, probablemente por la presencia de xilopodio (Simoes *et al.*, 2002; Pensiero *et al.*, 2005).

A pesar de la belleza de sus flores, esta especie no ha sido objeto de domesticación o cultivo por lo que pareció de interés encarar acciones para difundirla. Se postuló que podría constituirse en una opción decorativa de bajo mantenimiento para lugares con actividad nocturna y se hipotetizó que existen polimorfismos en las poblaciones silvestres que podrían ponerse en evidencia en un sustrato de baja fertilidad (Hiorth, 1985) permitiendo la identificación de fenotipos atractivos.

Los objetivos del presente ensayo, fueron evaluar el comportamiento de *M. petraea* en cultivo, detectar los polimorfismos e identificar a los individuos más atractivos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La población de referencia se obtuvo de semillas de *M. petraea* colectadas en Capilla del Monte (30° 52' LS 64° 33' LO), Córdoba, Argentina, que constituyeron una entrada. La siembra se efectuó en bandeja alveolada el 27/7/2002. La germinación se inició a los 15 días y se obtuvieron 69 plántulas que fueron identificadas con números consecutivos. A los 30 días se realizó el trasplante a 69 macetas de plástico de 1 l de volumen y a los 6 meses se trasplantó a macetas de plástico rígido de 1,250 l de volumen. En todos los casos se usó un sustrato constituido por resaca y arena (60:40). Las plantas se dispusieron al azar en un invernadero en la ciudad de Buenos Aires (34° 35' LS, 59° 29' LO). Durante el tiempo que duró el ensayo se fertilizó cada dos

meses con 1 g x l<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub>K y con 1 g x l<sup>-1</sup> de NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> y se regó una vez por semana en épocas frías y dos veces por semana en primavera y en verano. La única fuente de variación fue el individuo. Cada individuo se consideró como único, no contándose con repeticiones.

Los descriptores del polimorfismo de la población de referencia fueron las siguientes variables: números de tallos, de flores y de días desde la siembra hasta la aparición de la primera flor de cada planta y la longitud de los tallos. Además se estimó la extensión del período de floración definido como el número de días entre la aparición de la primera y de la última flor del ciclo en cada planta. En 5 fechas se contó el número de tallos de las 45 plantas que florecieron durante el experimento, dándose por terminado el mismo el 31/3/2004.

Para el análisis estadístico se contó con el programa infoStat/P.

## RESULTADOS

De acuerdo con la investigación realizada, los datos obtenidos del desempeño de *M. petraea* en cultivo, son originales.

La figura 1 muestra el promedio del número de tallos por planta para 5 fechas.

Los individuos con los números 2, 3, 28 y 34 tuvieron un número de tallos superior a la media en todos los muestreos. Por otra parte, los individuos 12, 21, 24, 27, 29, 30, 31 y 32 mostraron un número de tallos por debajo de la media en las cinco fechas. En la segunda mitad del ciclo, el individuo 42 se destacó por su alto número de tallos y por su buena arquitectura de planta.

En coincidencia con Ezcurra (1981), se observaron individuos de tallos péndulos y otros con tallos erectos (figura 2).

El 12/11/2003 se midió longitud de tallos de 12 plantas que ese día presentaban flores o pimpollos hallándose diferencias significativas entre ellas para el carácter ( $p=0,0352$ ). Las plantas 2 y 3 resultaron compactas y atractivas por su comparativamente alto número de tallos de longitud significativamente menor a los tallos de las plantas 15, 21 y 31. Las medias y desvíos para la longitud de los tallos se muestran en la figura 3.

En los individuos que florecieron, el número de los días desde la siembra a la floración mostró una media de 637 días siendo importante el valor del desvío estándar (66,7 días). Los individuos con los números 6, 7, 10 y 29 fueron más precoces con 480 a 500 días a floración.

Al finalizar el experimento se halló que el número promedio de flores por planta fue 3,5 flores x planta<sup>-1</sup> existiendo una alta dispersión para el carácter (figura 4).

Los individuos 8, 10, 15, 22, 29, 36, 41 y 51 mostraron seis o más flores x planta<sup>-1</sup> ubicándose en el extremo de la distribución de frecuencias. Los individuos 10 y 29 se destacaron por mostrar un número de flores totales comparativamente alto y un número de días a floración comparativamente bajo.

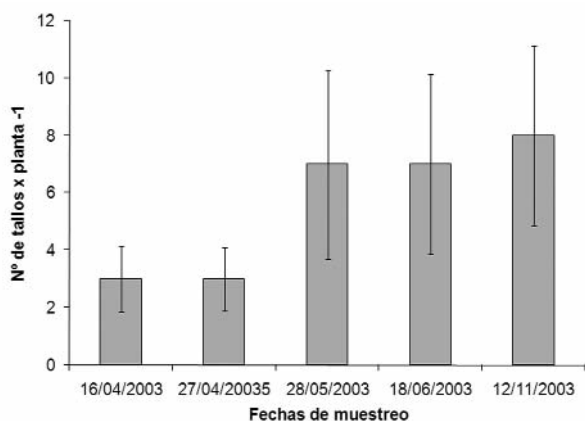


Figura 1. Número de tallos x planta<sup>-1</sup> los días 16 y 27 de abril, 28 de mayo, 18 de junio y 12 de noviembre del 2003.

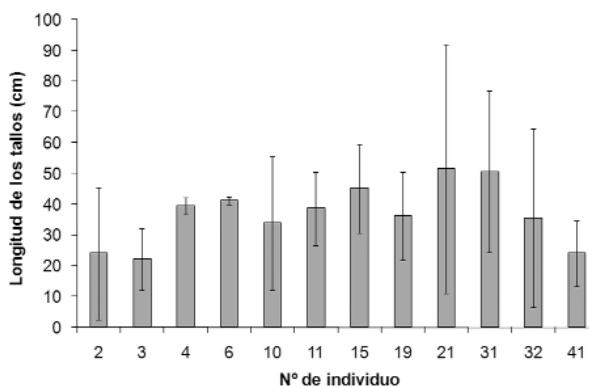


Figura 3. Longitud de los tallos de las plantas con pimpollos o flores al 12 de noviembre del 2003.



Figura 2. Plantas de *M. petraea* con tallos péndulos (derecha) o erectos (izquierda).

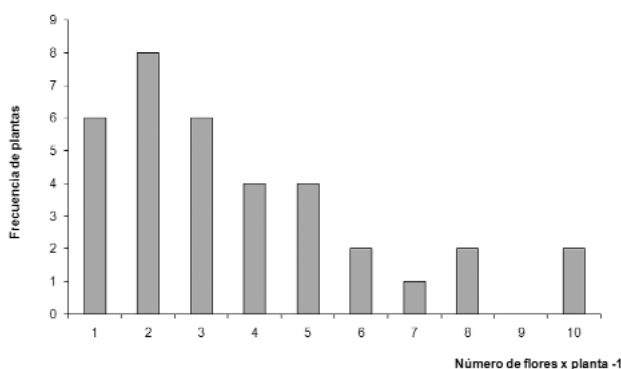


Figura 4. Distribución de frecuencias para el número total de flores x planta<sup>-1</sup> al 27 de enero del 2004.

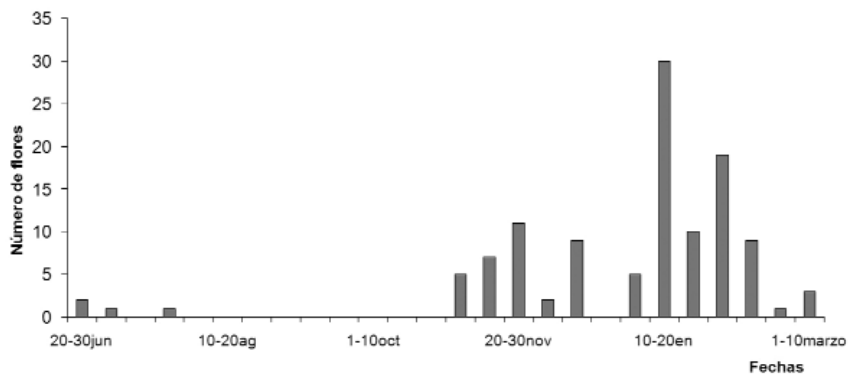


Figura 5. Número de flores del ensayo desde junio del 2003 hasta marzo del 2004.

Tal como indican Richardson (1995) y Sérscic *et al.*, (2006) las flores fueron terminales. La floración se concentró en verano con picos en enero y en febrero (figura 5).

La extensión del período de floración fue el carácter con mayor dispersión. La media fue 64 días y el desvío estándar 59. Durante el otoño 2003, y coincidentemente con un período de altas e inusuales temperaturas, se produjo la apa-

rición de pimpollos y de flores que necrosaron posteriormente cuando las temperaturas se normalizaron.

Se aplicó 1 cm<sup>3</sup> x l<sup>-1</sup> de Clorpirifos (0,0-dietil0-(3,5,6-tricloro-2-piridinil) fosforotioato) en seis oportunidades contra cochinilla algodonosa y pulgón negro.

En ninguna oportunidad las plantas se mostraron mustias exhibiendo alta resistencia al desecamiento y a las altas



temperaturas internas del invernáculo. Ninguna planta produjo semillas.

### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El valor de los desvíos y la dispersión de los datos para los caracteres hábito de crecimiento, números de días a floración, de tallos y de flores x planta<sup>-1</sup> y longitud de los tallos puede explicarse por el efecto del ambiente y por la heterogeneidad de la población, derivada de la alogamia del género (Grant *et al.*, 1983; Endres, 1994; Henrickson, 1996; Singer *et al.*, 1997; More *et al.*, 2007; www.biologia.edu.ar). El número de tallos fue un carácter importante para la calidad comercial siendo más atractivas las plantas compactas, con un mayor número de tallos.

Las altas temperaturas registradas en el otoño 2003 podrían haber sido la causa de la inducción a floración durante el periodo de fotofase negativa de ese año. Esta serendipia sugiere que la temperatura es un factor determinante del pasaje al estado reproductivo y que no lo sería el fotoperíodo corto ya que las plantas también florecieron con días largos.

La imposibilidad de obtener semilla en condiciones de cultivo se adjudica a la falta de polinizadores y es una limitación para avanzar hacia la domesticación de *M. petraea*.

Son indeseables el prolongado tiempo a floración y la alta susceptibilidad a plagas evidenciados en el ambiente de invernadero.

La selección, un programa de fertilización comercial y un manejo en exterior a partir del inicio de la época cálida probablemente permitirían obtener un número superior de flores x planta<sup>-1</sup> y un mejor estado sanitario.

Las plantas con los números 2, 3, 6, 7, 8, 10, 15, 22, 28, 29, 34, 36 y 42 fueron superiores por uno o más de los caracteres observados. Como quedó dicho, los individuos 2, 3, 28 y 34 tuvieron un número de tallos superior y el individuo 42 se destacó por su alto número de tallos y por su buena arquitectura de planta. Las plantas 2 y 3 resultaron compactas y atractivas por su comparativamente alto número de tallos de longitud menor y los individuos 6, 7, 10 y 29 fueron precoces para florecer. Finalmente los individuos 8, 10, 15, 22, 29 y 36 se destacaron por mostrar más flores x planta<sup>-1</sup>.

Se confirmó la existencia de polimorfismos en la población de referencia de *M. petraea* cumpliéndose con el objetivo de identificar fenotipos atractivos con buen comportamiento en Buenos Aires.

El desempeño en invernáculo sostiene la hipótesis que *M. petraea* podría constituirse en un cultivo de bajo mantenimiento. Por su arquitectura sería apropiada para nichos comerciales tales como jardines de roca iluminados en lugares con actividad nocturna.

Una población *elite* conformada con la sumatoria de los individuos identificados como superiores para uno o más caracteres, podría ser el material de partida para futuros planes de mejoramiento genético en *M. petraea*.

### AGRADECIMIENTOS

A. Mastronardi por el suministro de semillas, a R. Uria por las sugerencias de cultivo, a E. Vella por los análisis de suelos y a E. Enright por su ayuda con el idioma inglés.

### BIBLIOGRAFÍA

- ADMINISTRACIÓN DE PARQUES NACIONALES ARGENTINOS. Sistema de Información de Biodiversidad. Proyecto de Conservación de la Biodiversidad. Donación GEF-BIRF TF 028372-AR. Actualizado en octubre 2008. (www.parquesnacionales.gov.ar, verificado: 5 de noviembre de 2008).
- AGROPOZO SACI. 2007. Reserva Natural Tagatiyami. Plan de Manejo 2008-2012. Red Paraguaya de Conservación en tierras privadas. Paraguay. 159 p.
- ALVARADO CARDENAS, L.O. 2004. Flora del Valle de Tehuacan-Cuicatlan. Fascículo 38 Apocynaceae. Instituto de Biología de la UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México (Eds). México 57 p.
- ANDO, T.; HASHIMOTO, G.; TANAKA, N.; TSUKAMOTO, T. 1991. Roadside Flora in South America I. Technical Bulletin. Faculty of Horticulture. Chiba University. 48, 1-8.
- ANDO, T.; HASHIMOTO, G.; TANAKA, N.; TSUKAMOTO, T. 1995. Roadside Flora in South America II. Technical Bulletin. Faculty of Horticulture. Chiba University. 49, 1-11.
- ANDO, T.; HASHIMOTO, G.; TANAKA, N.; TSUKAMOTO, T. 1996. Roadside Flora in South America. III Southern Brazil in Spring 1993. Technical Bulletin. Faculty of Horticulture. Chiba University. 50, 15-25.
- BARBA AVILA, M.; CROCE HERNANDEZ DUQUE, M.; DE LA CERDA LEMUS, M. 2003. Plantas silvestres útiles. En: Universidad Autónoma de Aguas Calientes (Eds.). Plantas útiles de la región semiárida de Aguas Calientes. México, pp 15-156.
- CURIEL BALLESTEROS, A.; REYNA BUSTOS, O.; ASCENSIO, R.R. 1995. Zapopan. Historia Natural y Ecosistema. Ayuntamiento de Zapopan (Eds.). México 87 p.
- CHEBEZ, J.C. 2006. Reservas Naturales de Entre Ríos. En: Albatros (Eds.). Guía de las Reservas naturales de la Argentina. Nordeste. Argentina, pp. 172-207.

- ENDRESS, P.K. 1994. Floral adaptation to different pollinators (mode style) y Floral Diversity and evolution of selected systematic groups in the tropics. En: Cambridge University Press. (Eds.) Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Tropical Biology series. UK, pp. 122-147 y pp 216-390.
- EVERITT, J.H.; LYNN DRAWE, D.; LONARD, R.I. 2002. Apocynaceae. En: Texas Tech University Press (Eds.) Trees, Shrubs & Cacti of South Texas. Revised ed. US, pp. 19.
- EZCURRA, C. 1981. Revisión de las Apocináceas de Argentina. *Darwiniana* 23 367-474.
- EZCURRA, C. 1999. Apocynaceae. Catálogo de Plantas Vasculares de la República Argentina II. Zuloaga y Morrone (Eds.). Buenos Aires. Argentina, 73 p.
- FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES Y AGRICULTURA UNNE. ASTERIDAE Gentianales-Apocynaceae. Guía de Consultas Botánica II. Actualizado en mayo 2008. (<http://www.biologia.edu.ar/diversidad/>, verificado: 10 de mayo de 2008).
- FISHBEIN, M.; FELGER, R.; GARZA F. 1994. Another Jewel in the crown: A report on the flora of the Sierra de los Ajos Sonora. En: US Department of Agriculture (Eds.). Biodiversity and Management of the Madrean Archipelago: The sky Islands of South Western U.S. and Northwestern México, US, pp.126-134.
- FONTANA, J.L. 2005. Una propuesta para la conservación de los pajonales del Diplotemio-Axonopodetum San Ignacio, provincia de Misiones, Argentina. *Facenda* 21, 55-67.
- GRANT, V.; GRANT K. 1983. Hawkmoth pollination of *Mirabilis longiflora* (Nyctaginaceae). *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 80, 1298-1299.
- GUARIM NETO, G.; MORAIS, R.G. 2003. Recursos medicinales de especies do cerrado de Mato Grosso: um estudo bibliografico. *Acta Botanica Brasilica* 17, 561-584.
- HENRICKSON, J. 1996. Studies in *Macrosiphonia* (Apocynaceae): generic recognition of *Telesiphonia*. *Aliso* 14, 179-175.
- HIORTH, G.E., 1985. Genética Cuantitativa I: Fundamentos Biológicos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba (Eds) Argentina, 224 p.
- HOLLOWAY, J.E., Neill A. 2005. A dictionary of common wildflowers of Texas & the Southern great plains. Neill A. (Eds.) TCU Press. Canadá, pp. 98.
- INE (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA) 2003. Anexo II Listado florístico. En: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Eds.). Programa de manejo Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna. México. pp. 151-180.
- INFOSTAT/P VERSIÓN 1.1 Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. Estadística y Diseño. Córdoba Argentina. (<http://www.infostat.com.ar/index.php>, verificado diciembre de 2004).
- IRISH, M. 2006. Uncommon Perennials. En: Timber press Inc (Eds). *Perennial of the Southwest. Plants that flourish in Arid Gardens*. US, pp. 268-292.
- LEÓN DE LA LUZ, J.L.; PÉREZ NAVARRO, J.J.; LEÓN, M.D.; DOMÍNGUEZ CADENA, R. 1999. Listados florísticos de México. XVII Flora de la región del Cabo de Baja California Sur. UNAM Universidad Nacional Autónoma de México (Eds). México, 39 p.
- MACEDO, M.; FERREIRA, A.R. 2004. Plantas medicinais usadas para tratamentos dermatológicos em comunidades de Bacia do Alto Paraguay, Mato Grosso. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 14, 40-44.
- MERELES, M.F. 2005. Aportes al conocimiento de la flora y las comunidades vegetales en la cuenca del lago Ypoá, región Oriental, Paraguay. *INSUGEO* 14, 159-168.
- MINISTERIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, EMBRAPA, Centro de pesquisa agropecuaria do Pantanal. 1997. Plano de utilizacao da fazenda Nhumirm. Documento 21. Brasil, 76 p.
- MORE, M.; SÉRSIC, A.N.; COCUCCI, A.A. 2007. Restriction of pollinator assemblage through flower length and width in three long tongued hawkmoth-pollinated species of *Mandevilla* (Apocynaceae, Apocynoideae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* 94 (2), 485-504.
- PENSIERO, J.F.; GUTIERREZ, H.F.; LUCHETTI, A.M.; EXNET, E.; KERN, V.; BRNICH, E.; OAKLEY, L.; PRADO, D.; LEWIS, J.P. 2005. Apocynaceae. En: Universidad Nacional del Litoral. (Eds.). *Flora vascular de la provincia de Santa Fé. Claves para el reconocimiento de las familias y géneros*. Argentina, pp. 80-82.
- RICHARDSON, A. 1995. Apocynaceae. En: Texas University Press. *Plants of the Rio Grande Delta*. US, pp. 198.
- SANSO, A.M., XIFREDA C.C. 2000. Karyotypes of *Macrosiphonia petraea* and *M. virescens* (Apocynaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 35 (3-4), 291-295.
- SECRETARÍA DE MINERÍA DE LA NACIÓN (<http://www.mineria.gov.ar>, verificado enero de 2010).
- SÉRSIC, A.; COCUCCI, A.; BENÍTEZ-VIEYRA, S.; COSACOV, A.; DÍAZ, L.; GLINOS, E., GROSSO, N., LAZARTE, C.; MEDINA, M., MORÉ, M.; MOYANO, M.; NATTERO, J., PAIARO, V., TRUJILLO, C., WIEMER, P. 2006. Flores del Centro de Argentina. Una guía ilustrada para conocer 141 especies típicas. Córdoba. Argentina. Academia Nacional de Ciencias (Eds). 354 p.
- SIMÕES, A.O.; KINOSHITA, L.S. 2002. The apocynaceae of the Carrancas region, Minas Gerais Brazil. *Darwiniana* 40 (1-4), 127-169.
- SINGER, R.; COCUCCI, A.A. 1997. Eye attached hemipollinaria in the hawkmoth and settling moth pollination of *Habernaria* (Orchidaceae): a study of functional morphology of 5 species of subtropical South America. *Botanica Acta*. 110, 328-337.
- VAN DERSAL, W. 1939. List of woody plants. En: United States Department of Agriculture (Eds.). *Native Woody plants of the United States*. Miscellaneous Publication 303. US, pp. 35-292.
- VILA VERDE, G.M.; PAULA, J.R.; CANEIRO, D.M. 2003. Levantamento etnobotánico das plantas medicinais do cerrado utilizadas pe la populacho de Mossamedes. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 13, 64-66.
- VILLARREAL QUINTANILLA, J.A. 2001. Lista Florística. En: Universidad Nacional Autónoma de México (Eds.). *Listado florístico de México*. XXIII Flora de Coahuila. México, pp. 15-132.
- WAVER, R.H.; FLEMING, C.M. 2002. cap.5 46-64 Wildflowers. En: *Natura list's Big Bend. An Introduction to the trees and shrubs, wildflowers, cacti, mammals, birds, reptiles, and amphibians fish and insects*. 2nd ed. Texas University Press. US, 185 p.

# Influencia del estado de madurez a cosecha sobre la calidad de semillas de alfalfa (*Medicago sativa* L.)

RENZI, J.P.<sup>1,2</sup>; LASA J.C.<sup>1,2</sup>; CANTAMUTTO, M.A.<sup>2</sup>

## RESUMEN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) recién cosechada presenta dormición física debida a la dureza de sus tegumentos que puede afectar la producción de forraje en el primer año de implantación. Aunque se conoce que la temperatura y la humedad durante la fructificación son factores exógenos asociados a la dureza, se desconoce el efecto del grado de madurez a cosecha sobre la calidad de las semillas de alfalfa. Se recolectaron vainas en diferentes estados de madurez al inicio y en el fin de la fructificación de lotes comerciales de multiplicación de semilla de alfalfa del Valle Bonaerense del Río Colorado (VBRC). Al finalizar la estación de crecimiento, se realizaron pruebas de calidad, incluyendo la dureza de semilla. La cosecha a partir de vainas amarillas produjo los mayores valores de poder germinativo (plántulas normales + semillas duras). La recolección en vainas verdes aumentó el porcentaje de semillas muertas y plántulas anormales. Se observaron altos valores de dureza asociados a la cosecha con vainas amarillas que bajaron con la recolección en el estado de vainas marrones. Las vainas marrones del tercio superior del canopeo originaron semillas más duras que la de los estratos inferiores, posiblemente porque estas últimas estuvieron expuestas a un mayor período con fluctuaciones ambientales que habrían acelerado la pérdida de la dureza por envejecimiento.

**Palabras claves:** dormición física, estados de madurez, *Fabaceae*.

## ABSTRACT

*Alfalfa (Medicago sativa L.) seed recently harvested have high physical dormancy (hard seeds), which can affect forage production in the first year of establishment. Although it is known that the temperature, air moisture and water stress are exogenous factors associated with the hard seed, there are few information about the effects of harvest maturity stages on germination and physical dormancy of alfalfa. The study was conducted on commercial lots of alfalfa seed multiplication of the Colorado River Valley Bonaerense (VBRC). The pods were hand harvested at different maturity stages at the beginning and end of the fructification period. At the end of the growing season, seed were evaluated for germination and dormancy. The yellow pods stage harvest yields seeds with the highest germination (normal seedlings + hard seeds). Seeds obtained with the harvest of green pods showed a high proportion of mortality and abnormal seedlings. The harvest at yellow pods stage produced the higher physical dormancy, which decreased at the brown pods stage. The seed from brown pods of the upper canopy layer showed higher physical dormancy than the lower canopy layer. It could be addressed to a longer period exposition to environmental fluctuations that would have accelerated the lost of dormancy due by aging.*

**Keywords:** physical dormancy, stage of development, *Fabaceae*.

1 Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, (8142) H. Ascasubi-Argentina. Correo electrónico: jrenzi@correo.inta.gov.ar

2 Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, (8000) Bahía Blanca - Argentina.

Recibido 11 de noviembre de 2010 // Aceptado 26 de agosto de 2011 // Publicado online 05 de octubre de 2011



## INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es el principal recurso forrajero de la Argentina (Basigalup *et al.*, 2007). En la Argentina, el Valle Bonaerense del Río Colorado (VBRC) se ha convertido en una región especializada en la producción de su semilla y abastece el 70% del mercado nacional (Moschetti *et al.*, 2008). Al igual que en la mayoría de las regiones productoras, una de las principales limitaciones que enfrenta este cultivo es el elevado grado de dormición física de semilla que, en casos extremos, puede inhibir completamente la germinación (Galussi, 2007). Aunque agrónomicamente podría aceptarse hasta un 40% de semillas duras (Bass *et al.*, 1988; Undersander, 1996), la dureza de la semilla es un problema que afecta las relaciones comerciales dentro del sector. Por ello, resulta imperioso profundizar el conocimiento de su origen y, así, desarrollar técnicas de cultivo y cosecha que minimicen el defecto.

La dureza e impermeabilidad del tegumento limitan la imbibición del agua y de esa forma se demora la germinación. En las partidas frescas, recientemente cosechadas, la mayoría de las semillas duras están vivas (Galussi, 2007). Cuando la siembra no se realiza inmediatamente luego de la cosecha, la dureza no es tan importante debido a que se pierde gradualmente durante el envejecimiento de la semilla. Sin embargo, este cambio benéfico no ocurre siempre del mismo modo ya que depende del genotipo, permeabilidad inicial del tegumento y condiciones de almacenamiento (Bingham y Kojis, 1995; Acharya *et al.*, 1998; Galussi, 2007).

La dureza física se genera durante el desarrollo de la semilla en la planta madre (Bass *et al.*, 1988). La temperatura, humedad ambiental y eventos de sequía durante la fructificación son factores exógenos que pueden afectar la dureza (Acharya *et al.*, 1998; Shock *et al.*, 2007), aunque también existen componentes genéticos (Bingham y Kojis, 1995). La temperatura del canopeo durante el llenado de las semillas ha mostrado efectos contradictorios sobre la dormición física. Mientras Acharya *et al.* (1998) y Cupic *et al.* (2005) observaron que con el incremento de la temperatura durante la fructificación disminuyó la dureza. Bass *et al.* (1988) y Galussi (2007) hallaron un efecto opuesto. El estrés hídrico tampoco tiene un efecto consistente sobre la dormición física (Abu-Shakra *et al.*, 1969; Shock *et al.*, 2007).

La alfalfa es una leguminosa forrajera cuyas plantas adultas producen una corona basal de la que emergen 8-12 tallos que pueden alcanzar una altura superior al medio metro (Annicchiarico, 2006). La floración y fructificación que ocurre a partir de las yemas localizadas en las axilas de las hojas, es gradual y generalmente indeterminado, y el ápice continúa diferenciando órganos tanto vegetativos como reproductivos (Rodríguez, 2007). En los cultivos para semilla se observa que su llenado ocurre en forma gradual durante el

período de mayor crecimiento del cultivo durante la floración. Esta situación determina que existan diferentes capas de semillas formadas bajo condiciones ambientales diferentes, de acuerdo a la posición del canopeo en la que se generó el fruto (Teuber y Brick, 1988).

En *Vicia villosa* Roth., que es otra leguminosa forrajera pero de ciclo invernal, hemos observado que la dormición física aumenta con el atraso de la cosecha (Renzi y Cantamutto, 2009). Ello podría deberse a que la vicia concentra la fructificación a partir del cese del período con heladas y los primeros frutos crecen durante la primera etapa de la primavera, con temperaturas frescas. No se conoce la dinámica de la generación de la dureza en la alfalfa ni su relación con la posición del fruto en el canopeo. Si la alfalfa respondiera igual que la vicia, una técnica sencilla para disminuir la dureza sería el adelanto de la cosecha. Los objetivos de este trabajo fueron estudiar el efecto del grado de madurez a cosecha y la posición de las vainas en diferentes estratos del canopeo sobre la dormición física de semilla de alfalfa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En seis lotes de producción comercial de semilla de alfalfa del VBRC, cultivar Monarca INTA, grupo 8, (39°52'S 62°39'O, 39°47'S 62°23'O, 39°20'S 62°45'O y 39°23'S 62°23'O) se muestrearon vainas (n=500) con diferentes grados de madurez establecidos de acuerdo al criterio visual indicado en la Imagen 1 (Renzi y Cantamutto, 2007); verde, amarilla y marrón. En cada lote se estimó la contribución relativa de cada estado de madurez (fig. 1). En cada muestreo, realizados en el estado inicial (2 de febrero de 2010) y final (2 de marzo de 2010) de la fructificación, se determinó la biomasa por semilla, utilizando una muestra (n=100) obtenida por trilla manual de las vainas (n=4). En el muestreo final de uno de los lotes se seleccionaron plantas (n=20) con la totalidad de sus vainas en el estado marrón. En este caso las vainas se agruparon en tres estratos, considerando la altura total de la planta: superior (tercio superior), medio (tercio medio) y basal (tercio basal). Una semana luego de finalizada la fructificación (10 de marzo de 2010), se realizó la prueba de germinación. Se utilizaron cajas de Petri, sustrato de papel, con el sistema "between paper", colocando 100 semillas por repetición (n=4). A los 14 días se realizó el conteo de plántulas normales, anormales, semillas duras, frescas no germinadas y muertas, para el cálculo del porcentaje de germinación (PG) (ISTA, 2004). Se consideraron, plántulas normales, las que presentaron un buen estado de sus órganos esenciales para su posterior crecimiento. Plántulas anormales, aquellas con una o más de sus estructuras esenciales defectuosas o ausentes. Semillas duras, fueron las que, al finalizar el ensayo de germinación, no se habían hidratado debido a la impermeabilidad

del tegumento. Semillas frescas no germinadas, fueron aquellas que absorbieron agua y se hincharon, pero no germinaron ni entraron en estado de putrefacción. Semillas muertas, se consideraron las que se desintegraron al ser presionadas al término del período del ensayo (ISTA, 2004).

Se realizó el Análisis de Componentes Principales (ACP) de los parámetros de calidad de semilla y estado de madurez de las vainas. Los parámetros de las vainas se analizaron mediante ANOVA. Antes del procesamiento estadístico los valores de porcentuales fueron transformados a arco-seno de la raíz cuadrada. Las medias se compararon mediante LSD ( $p < 0,05$ ) utilizándose INFOSTAT (2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El manejo del cultivo y las condiciones ambientales durante la maduración pueden afectar la dureza de la semilla de alfalfa (Bingham y Kojis, 1995; Acharya *et al.*, 1998,

Shock *et al.*, 2007). Bajo las condiciones de estudio la contribución relativa de las vainas verdes sobre el total de órganos fructíferos fue del  $51,8 \pm 26,2\%$  al comenzar la fructificación y se redujo al  $5,0 \pm 2,0\%$  al finalizar ese período. En este último estado, la proporción de vainas marrones superó el 80% para todos los lotes relevados (fig. 1).

La proporción de plántulas normales y semillas duras para cada estado de madurez a cosecha difirió entre lotes (tab. 1), mientras que la proporción de plántulas anormales, semillas muertas, frescas y la biomasa por semilla no lo hizo. Independientemente del sitio, en el VBRC la cosecha en el estado de vaina amarilla produjo los mayores valores de plántulas normales más semillas duras. Este hallazgo permitiría recomendar el estado de vainas amarillas para el comienzo de la cosecha, utilizando métodos que aceleren la maduración, como desecantes foliares (Moschetti *et al.*, 2008).

El estado de madurez a cosecha afectó la calidad de semilla de alfalfa (fig. 2). El llenado de las semillas se asoció con el grado de maduración de las vainas. El mejor llenado



Imagen 1. Estados de madurez de las vainas de alfalfa a cosecha.

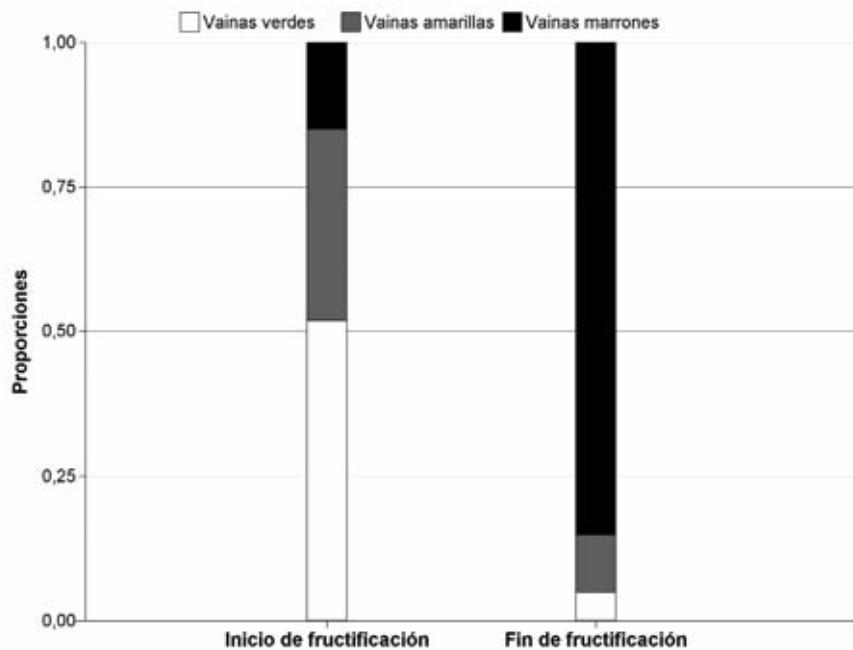


Figura 1. Proporción de vainas por estado de madurez en los dos momentos de cosecha evaluados.

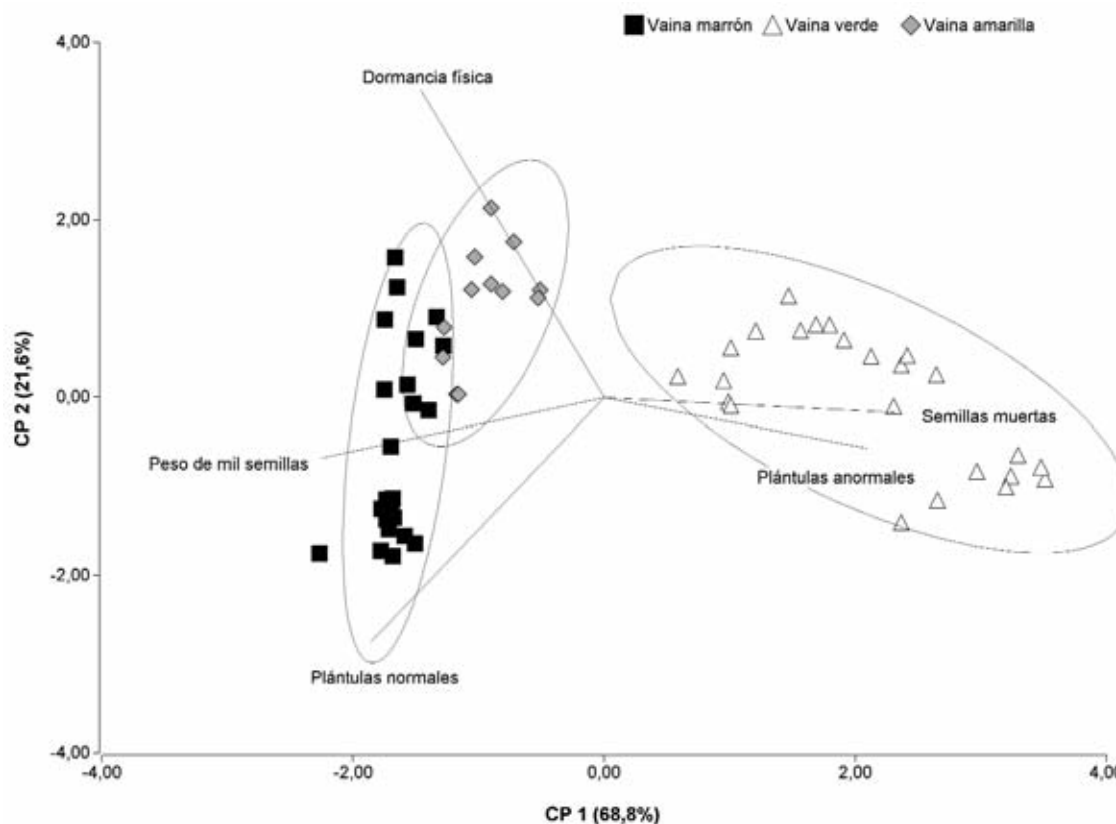
Lotes de multiplicación	Estado de madurez de las vainas					
	verde		amarilla		marrón	
	N	D	N	D	N	D
A	25,5 <sup>c</sup>	33,0 <sup>b</sup>	44,0 <sup>a</sup>	55,5 <sup>a</sup>	75,5 <sup>c</sup>	24,0 <sup>a</sup>
B	5,5 <sup>ab</sup>	29,0 <sup>b</sup>	sd	sd	72,5 <sup>c</sup>	27,0 <sup>a</sup>
C	3,0 <sup>a</sup>	31,0 <sup>b</sup>	13,0 <sup>a</sup>	73,0 <sup>b</sup>	27,0 <sup>a</sup>	70,5 <sup>c</sup>
D	6,0 <sup>ab</sup>	45,5 <sup>c</sup>	23,5 <sup>b</sup>	71,0 <sup>b</sup>	71,0 <sup>c</sup>	28,5 <sup>a</sup>
E	10,5 <sup>ab</sup>	0,0 <sup>a</sup>	sd	sd	48,0 <sup>b</sup>	50,0 <sup>b</sup>
F	13,5 <sup>b</sup>	0,5 <sup>a</sup>	sd	sd	40,0 <sup>b</sup>	56,5 <sup>b</sup>
LSD	10,0	8,5	8,1	12,8	9,8	10,0

**Tabla 1.** Plántulas normales (N) y semillas duras (D) para cada estado de madurez de vaina en los lotes muestreados. Valores promedio de dos cosechas (inicio y fin de fructificación). Para cada estado de madurez letras distintas difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

se tuvo en las vainas marrones, cuyas semillas pesaron  $2,65 \pm 0,20$  mg, mientras que las obtenidas con vainas amarillas o verdes lograron menos del 80% de ese valor. Las semillas procedentes de vainas verdes presentaron elevada mortalidad (44,6%) y elevada proporción de plántulas anormales (24%). Ambos defectos disminuyeron a niveles despreciables ( $< 2\%$ ) en el caso de las vainas amarillas y marrones. No hubo diferencias entre los tres estados de

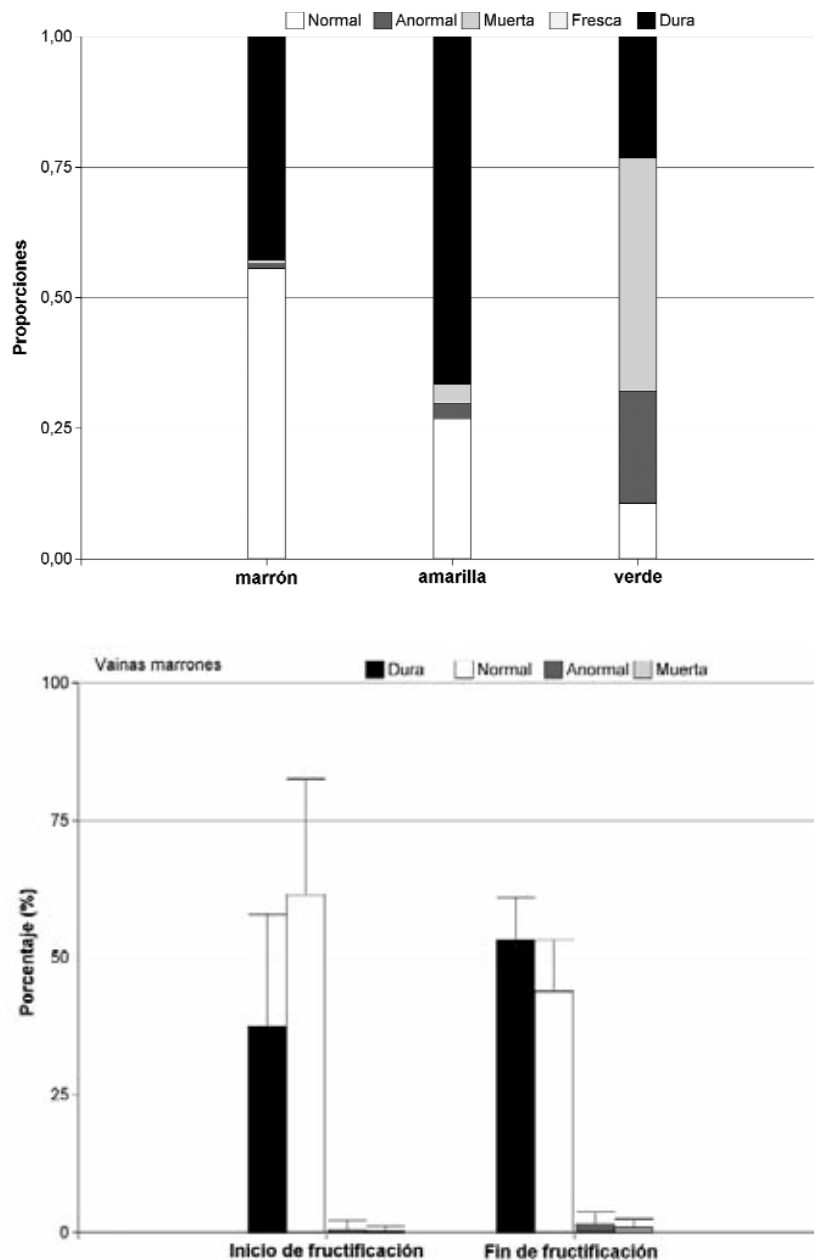
madurez para el porcentaje de semillas frescas, siendo en todos los casos menor al 0,5% (fig. 3.a).

La dormición física aumentó significativamente ( $p < 0,001$ ) con el avance de la maduración. Al pasar del estado vaina verde a vaina amarilla aumentó la proporción de semillas duras, de 23,3 a 66,5% (fig. 3.a). Al alcanzar el estado de vainas marrones, se produjo una moderada caída de la du-



**Figura 2.** Efecto del grado de madurez a cosecha sobre la calidad de la semilla de alfalfa. Se muestran los dos primeros componentes (CP) del análisis de componentes principales.





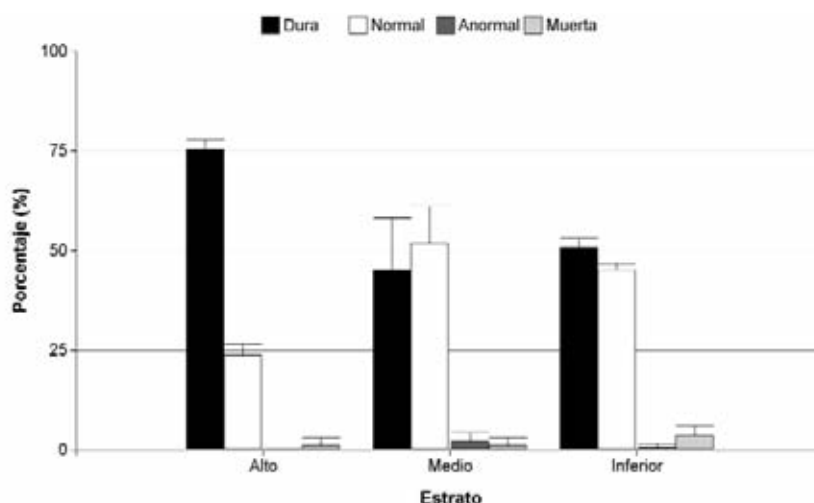
**Figura 3.** Calidad de semilla de alfalfa obtenida de vainas de tres diferentes grados de maduración en el inicio de la fructificación: verde, amarilla y marrón (a). Calidad de semilla proveniente de vainas marrones cosechadas al inicio y al final del periodo de fructificación del cultivo (b).

reza, que disminuyó a 42,8%. Estos resultados se contraponen con los hallados en *Vicia villosa* Roth., en la cual la dureza de la semilla aumentó con la maduración (Renzi y Cantamutto, 2009). Posiblemente la cosecha mecánica disminuiría la dormición física, debido a la abrasión y las fisuras ocasionadas al tegumento aumentarían su permeabilidad (Bass *et al.*, 1988).

La proporción de plántulas normales aumentó con la maduración y se maximizó en el estado de vaina marrón, cuando alcanzó el 55,7% (fig. 3.a). No se observaron diferencias en el porcentaje de semillas duras para los dos momentos de cosecha (fig. 3.b). Considerando conjuntamente

semillas duras y plántulas normales, no se observaron diferencias entre el estado de vaina amarilla (93,3%) y vaina marrón (98,4%). Sin embargo, las semillas obtenidas con la cosecha en el estado de vaina verde germinaron sólo en un 33,8% de los casos (fig. 3.a).

En el caso de la cosecha en el estado de vaina marrón, se observó que la proporción de semillas duras del estrato superior de la planta fue significativamente superior al de los otros estratos (fig. 4). Una tendencia similar pero en el sentido opuesto se observó en el porcentaje de plántulas normales, que fue significativamente menor en la semilla obtenida en el estrato superior de las vainas marrones.



**Figura 4.** Calidad de la semilla obtenida de vainas marrones localizadas en el tercio superior (arriba), medio e inferior (abajo) de las plantas de alfalfa.

Aunque otros autores han hallado que las condiciones ambientales durante la formación de la semilla inciden sobre el porcentaje de semillas duras (Baskin y Baskin, 1998; Cupic *et al.*, 2005; Shock *et al.*, 2007), en nuestro estudio las vainas marrones produjeron un grado de dureza que no difirió en los dos períodos de cosecha. Sin embargo, las vainas marrones produjeron diferente grado de dureza de acuerdo a la posición de la vaina en la planta. Bass *et al.* (1988) menciona a la temperatura como el principal factor que influye sobre la dormición física en semillas de alfalfa inmediatamente después de la maduración. Probablemente las semillas de los dos estratos inferiores del canopeo se formaron antes que la del estrato superior y habrían estado expuestas a temperaturas elevadas y contrastantes que produjeron un envejecimiento de la semilla en la planta (Hall *et al.*, 1997; Acharya *et al.*, 1998) antes de la cosecha. El envejecimiento causado por las alternancias de temperaturas habría aumentado la permeabilidad del tegumento, lo que no habría ocurrido en las semillas del estrato superior formadas al final de la fructificación y sometidas a un menor tiempo de exposición a las fluctuaciones de temperatura.

## CONCLUSIONES

Para las condiciones del VBRC se observó que la cosecha a partir del estado de vaina amarilla maximizó el poder germinativo de las semillas considerando los valores de plántulas normales + semillas duras. La cosecha anticipada, en el estado de vaina verde, produjo un elevado porcentaje de semillas muertas y plántulas anormales. Se observaron altos valores de dureza asociados a la cosecha con vainas amarillas y una disminución de la dureza con cosecha en el estado de vainas marrones. Se observó un gradiente de dureza de la semilla de las vainas marrones que estuvo asociado a la ubicación dentro de la planta. La dureza fue mayor en la semilla formada en las vainas marrones ubica-

das en el tercio superior de los tallos. Posiblemente ello fue debido a que esas vainas estuvieron expuestas a una menor alternancia a variables climáticas, debido a que se originaron en las flores cuajadas al final de la floración.

En alfalfa, la decisión del estado óptimo para cosechar la semilla es un aspecto crucial y difícil de determinar debido al patrón de madurez indeterminado y dehiscencia de las vainas por sobremaduración. La cosecha mecánica, cuando predomina el estado de vainas con color amarillo, disminuiría el riesgo de pérdidas por dehiscencia sin afectar los valores de germinación (plántulas normales + semillas duras). No obstante, si el objetivo fuera realizar una inmediata comercialización de la semilla con bajo nivel de dormición física, sería recomendable cosechar cuando la totalidad de las vainas se encuentren completamente maduras, en el estado de color marrón oscuro.

## AGRADECIMIENTOS

Al proyecto PE-AEFP-261831 por el apoyo financiero para la realización de este estudio. Al Ing. Agr. Carlos Coito por permitirnos el ingreso a los lotes de multiplicación de semilla de alfalfa.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABU-SHAKRA, S.; AKHTAR, M.; BRAY, D.W. 1969. Influence of irrigation interval and plant density on alfalfa seed production. *Agronomy Journal* 61:569–571.
- ACHARYA, S.N.; STOUT, D.G.; BROOKE, B.; THOMPSON, D. 1998. Cultivar and storage effects on germination and hard seed content of alfalfa. *Canadian Journal of Plant Science* 79:201-208.
- ANNICCHIARICO, P. 2006. Diversity, genetic structure, distinctness and agronomic value of Italian lucerne (*Medicago sativa* L.) landraces. *Euphytica* 148:269-282.

- BASKIN, C.C., BASKIN, J.M. 1998. Causes of within-species variations in seed dormancy and germination characteristics. Pages 181-237 in C.C. BASKIN and J.J. BASKIN eds. *Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. San Diego: Academic Press.
- BASIGALUP, D.H., ROSSANIGO, R. 2007. Panorama actual de la alfalfa en la Argentina. pag 13-25 en D.H. BASIGALUP ed. *El cultivo de Alfalfa en la Argentina*. Ediciones INTA. 479p.
- BASS, L. N.; GUNN, C. R.; HESTERMAN, O. B.; ROOS, E. E. 1988. Seed physiology, seedling performance and seed sprouting. Pages 961-983 in A. A. HANSON *et al.*, eds. *Alfalfa and alfalfa improvement*. Agronomy Monograph N.º. 29. ASA Inc., Madison, WI.
- BINGHAN, E.T.; KOJIS, W.P. 1995. Can Hard Seeds in Alfalfa be Genetically Scarified?. Report to the American Seed Research Foundation 29:1-17.
- CUPIC, T.; POPOVIC, S.; GRLJUSIC, S.; TUCAK, M.; ANDRIC, L.; SIMIC, B. 2005. Effect of storage time on alfalfa seed quality. *Journal Central European Agriculture* 6:65-68.
- GALUSSI, A. 2007. Cuestiones sobre semillas duras de leguminosas forrajeras. *Análisis de semillas* 1:40-43.
- HALL, J.W.; STOUT, D.G.; BROOKE, B.M. 1997. Alfalfa seed germination tests and stand establishment: The role of hard (water impermeable) seed. *Canadian Journal of Plant Science* 78:295-300.
- INFOSTAT. 2010. Grupo Infostat. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2004. *International Rules for Seed Testing*. ISTA, Zürich, 335 pp.
- MOSCHETTI, J.C., ECHEVERRÍA, E., MARTÍNEZ, E., AVA-LOS, M. 2008. Producción de semilla de alfalfa en la Argentina. Ediciones INTA. 58p.
- RENZI, J.P.; CANTAMUTTO, M.A. 2007. Influencia del estado de madurez a cosecha sobre la calidad de semillas de *Vicia villosa* Roth. y *V. sativa* L. *Análisis de semillas* 3:97-101.
- RENZI, J.P.; CANTAMUTTO, M.A. 2009. Dormancia y germinación en semillas de *Vicia villosa* Roth. *Análisis de semillas* 9:84-89.
- RODRIGUEZ, N.E. 2007. Morfología de la alfalfa. pag 27-44 en D.H. BASIGALUP ed. *El cultivo de Alfalfa en la Argentina*. Ediciones INTA. 479p.
- SHOCK, C.C.; FEIBERT, E.B.G.; SAUNDERS, L.D.; KLAUZER, J. 2007. Deficit Irrigation for Optimum Alfalfa Seed Yield and Quality. *Agronomy Journal* 99:992-998.
- TEUBER, L.R., BRICK, M.A. 1988. Morphology and Anatomy. Pages 125-162 in A. A. HANSON *et al.*, eds. *Alfalfa and alfalfa improvement*. Agronomy Monograph No. 29. ASA Inc., Madison, WI.
- UNDERSANDER, D., ALBRECHT, K., DEGENHART, N., MOUTREY, J., MCCASLIN, M. 2001. Hard Seed in Alfalfa. Extension-University of Wisconsin. (<http://www.uwex.edu/ces/forage/pubs/hardsd.htm>, verificado: 25 de agosto de 2010).



# Efecto del momento y tipo de poda sobre el rendimiento y calidad del fruto en arándano altos del sur (*Vaccinium corymbosum*) var. O'Neal en la provincia de Buenos Aires

PESCIE, M<sup>1</sup>; BORDA, M<sup>1</sup>; FEDYSZAK, P<sup>1</sup>; LÓPEZ, C<sup>1</sup>

## RESUMEN

La poda es una práctica que beneficia no sólo la calidad y cantidad de los frutos, sino también favorece la preservación de la planta como unidad productiva. Tiene distintos objetivos dependiendo de su intensidad y del momento de realización. En la Argentina, no se conoce cuál es el tipo de poda más beneficiosa para el arándano (*Vaccinium corymbosum*) en las diferentes zonas de producción y variedades utilizadas. Para estudiar su efecto, durante dos años consecutivos (2007 y 2008), se implementaron cuatro tratamientos de poda en plantas adultas de arándano de la var. O'Neal en el norte de la Provincia de Buenos Aires: 1) en invierno (PI), 2) en invierno y despunte de verano (PIDV), 3) intensa en verano (PIV) y 4) testigo sin podar (testigo). Como resultado, se observó que las plantas testigo y PIDV no mostraron diferencia significativa entre sí en cuanto a rendimiento (5,58 y 4,94 kg/planta, respectivamente), pero las PIDV mostraron un tamaño promedio de fruto significativamente mayor (>0.21 g/fruto) y precocidad en la cosecha. Se requirieron 64 minutos menos por año para cosechar las plantas PIDV, comparadas con las plantas testigo. El tamaño de fruto mejoró significativamente con la poda, independientemente del momento o de la intensidad. Sin embargo, las plantas PIV mostraron una reducción significativa del rendimiento de 3,6 kg/planta con respecto al control en el promedio de los 2 años, con una caída del 23% en el rendimiento de 2008 comparado con 2007.

**Palabras claves:** poda de verano, poda de invierno, rendimiento, tamaño de fruto, distribución de cosecha.

## ABSTRACT

Pruning is a beneficial practice to improve yield and fruit quality, used in most of fruit trees. It has different goals depending on intensity and whether it takes place in winter or summer. Which type of pruning is better for blueberry production in local climatic conditions, management and cultivars has not been investigated. Hence, four pruning treatments were studied in mature O'Neal plants during two consecutive years, 2007 and 2008, in Buenos Aires northeast region: 1) conventional winter pruning (PI), 2) conventional winter pruning and summer tip pruning after fruit harvest (PIDV), 3) removal of older canes in summer, after fruit harvest (PIV) and 4) control (no pruning). Control and PIDV plants had no significant differences in yield (5.6 and 4.9 kg/plant, respectively), but average fruit weight in PIDV plants was significantly greater than in unpruned plants (1.38 and 1.17 g, respectively) and plants produced earlier. In addition, 64 min less were needed to harvest PIDV plants, compared to unpruned plants. Fruit size was significantly increased with prune treatments, regardless of pruning moment and intensity, but PIV plants showed a significant yield reduction of 3.6 kg/plant, compared to PVDV and unpruned plants, and a 23% yield reduction from 2007 to 2008.

**Keywords:** summer pruning, winter pruning, yield, fruit size, harvesting distribution.

<sup>1</sup> Facultad De Ciencias Agrarias. Universidad de Lomas de Zamora. Ruta 4 km. 2, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: pescie@agrarias.unlz.edu.ar

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de arándano se ha difundido rápidamente en la Argentina a partir de la década del 90, llegando a 4200 ha implantadas. La provincia de Buenos Aires (noreste y sudoeste principalmente), Entre Ríos y Tucumán representan la mayor proporción de hectáreas implantadas (CAPAB, 2006).

En Buenos Aires, este cultivo se encuentra en mayor proporción en el noroeste de la provincia cubriendo 415 ha implantadas en San Pedro y Baradero (Ros *et al.*, 2009) y cerca de 600 ha, tomando en cuenta toda la zona. La variedad predominante es O'Neal, que representa el 43% de la superficie implantada (INTA San Pedro, 2005). En Concordia, Entre Ríos, esta variedad representa el 49,7% de 1554 ha (DEC, 2008).

La poda es una práctica cultural utilizada ampliamente en diferentes especies frutales, cuyo objetivo es lograr una producción estable en cantidad y calidad a lo largo de la vida útil de la planta. La realización de esta práctica en todo frutal requiere del conocimiento de la estructura y la fisiología de la planta (Gil-Albert Velarde, 1997).

El arándano es un arbusto con un sistema radicular poco desarrollado y una porción aérea constituida por vástagos primarios que surgen de la corona de la planta, sobre las que se desarrollan ramificaciones secundarias, terciarias, etc. La producción de frutas se apoya sobre las ramas de un año de edad, que portan yemas florales en posición apical, en número variable según la variedad. Luego, en posición más basal, se ubican las yemas vegetativas (Galletta y Himelrick, 1990). En una planta sin poda, las ramas primarias, y en consecuencia, las ramas productivas que de ella surgen, pierden progresivamente la capacidad de producción. Los brotes que van surgiendo a partir de ellas son cada vez más delgados y cortos, con menor cantidad de entrenudos. La cantidad de yemas por rama productiva está relacionada con su diámetro, su longitud y la cantidad de nudos que ella posee. A mayor cantidad de nudos y diámetro de la rama, mayor es la posibilidad de que se desarrollen yemas florales (Jansen, 1997; Siefker y Hancock, 1986; Hanson *et al.*, 2000; Strik y Buller, 2005). Como consecuencia, se obtiene una menor cantidad de frutos cuajados, de menor tamaño final (Hindle *et al.*, 1957) lo que depende no sólo de las características genéticas, sino también del manejo nutricional, del riego y la poda (Galletta y Himelrick, 1990).

La remoción de las ramas más antiguas desde la base en una planta madura, promueve el desarrollo de nuevas ramas a partir de yemas adventicias desde la corona, o desde la base de ramas primarias (Siefker y Hancock, 1986; Williamson *et al.*, 2004). Este fenómeno ayuda a mantener una producción constante en cantidad y calidad a lo largo de los años (Jansen, 1997). Si bien al realizar una poda de éste tipo se reduce la cantidad de frutos por planta, también se obtiene un incremento en el tamaño del fruto que compensa el rendimiento final por planta (Siefker y Hancock, 1986; Jansen, 1997; Strik *et al.*, 2003), y aumenta la calidad (Siefker y Hancock, 1986; Pritts, 2004).

Además, la adecuada poda de la planta de arándano ayuda en el establecimiento de la planta joven permitiendo un buen desarrollo radicular (Strik y Buller, 2005); otorga a la planta una forma abierta, que mejora el control de enfermedades, la aplicación de productos químicos y permite la aireación de la planta (Hanson *et al.*, 2000); ayuda a lograr una buena relación vegetativa y productiva (Siefker y Hancock, 1987; Jansen, 1997; Maust *et al.*, 1999; Pritts, 2004; Strik y Buller, 2005), y favorece la penetración de la luz a toda la canopia mejorando la coloración y madurez de los frutos en toda la planta (Pritts, 2004).

El arándano puede ser podado en reposo y/o en estado vegetativo, logrando una respuesta diferente de la planta, ya que ésta se encuentra en dos estados fisiológicos distintos.

En variedades de arándano alto del sur de cosecha temprana, existen dos épocas de desarrollo vegetativo. El primer flujo de brotación se da en la primavera, donde se desarrollan yemas vegetativas y reproductivas a fines de diciembre. A partir de las yemas formadas en estos brotes, luego de la cosecha surgen brotes anticipados que se desarrollan durante el verano, en los que se inducen yemas florales hacia el mes de abril (Pescie y Lovisolo, 2005). A través del despunte de ramas de buen vigor, se estimula un mayor desarrollo de brotes anticipados (2 ó 3 ramas por despunte), aumentando la cantidad de yemas florales por planta, su rendimiento (Williamson *et al.*, 2004), y concentración de la cosecha (Bañados, 2005). Este tipo de poda queda limitada a las variedades cosechadas hasta diciembre ya que así hay suficiente tiempo para que se desarrollen nuevas ramas, diferencien sus yemas y acumulen suficientes carbohidratos para el proceso de floración, cuajado y desarrollo del fruto en la temporada siguiente (Williamson *et al.*, 2004; Bañados, 2005).

Otra poda de verano que se realiza después de la cosecha consiste en eliminar ramas primarias y productivas para regular la carga para el año siguiente y generar nuevos brotes desde la base de la planta durante el verano. En esta práctica no se tiene en cuenta la variedad y/o zona de producción. Generalmente, la poda realizada durante el período de crecimiento vegetativo es debilitante ya que se elimina superficie fotosintética y se reducen las sustancias de reserva para el siguiente período productivo (Gil-Albert Velarde, 1997). Algunas variedades de arándano de bajo requerimiento de horas de frío, florecen, cuajan y comienzan el desarrollo de los frutos antes de iniciada la brotación, por lo que dependen de las reservas de la planta para éstos procesos.

En la Argentina, la producción y el manejo de las plantas de arándano se realiza en base a conocimientos extrapolados de experimentos realizados en otros países donde se cultiva desde hace varias décadas. Los resultados de estas experiencias fueron logrados sobre variedades, condiciones climáticas, de suelo y destino de la producción diferentes a las presentes en el país. Utilizar las prácticas de manejo aconsejadas a partir de los resultados logrados en otras condiciones agroclimáticas puede conducir a errores en el manejo del cultivo de arándano. Por esto es necesario es-

tudiar y establecer prácticas adecuadas para las condiciones ambientales locales.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el momento y el tipo de poda más beneficioso para el arándano en la provincia de Buenos Aires en base a la evaluación de parámetros como: rendimiento, algunos de calidad peso promedio de fruto y concentración de sólidos solubles y el tiempo de cosecha requerido en cada tipo de poda.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó sobre plantas de la variedad O'Neal, de 10 años de edad, en una plantación comercial en la localidad de Lima, provincia de Buenos Aires, durante dos años consecutivos, 2007 y 2008. Las plantas se implantaron sobre camellón realizado con mezcla de turba, chips de madera y tierra del lugar. La distancia de plantación fue de un metro en la fila y 3 m entre filas. El fertirriego se realizó por sistema de goteo. La fertilización fue la recomendada para la variedad y la zona, así como el control de plagas y enfermedades. Sobre estas plantas, se realizó previamente poda no convencional y no en todos los años. La unidad experimental se representó por una planta y se realizaron cinco repeticiones por tratamiento, en un diseño de bloques completos aleatorizados. Se realizaron cuatro tratamientos de poda: **1)** Remoción del 25% de ramas primarias con más 5 años desde la base, en invierno (junio, 2007 y 2008 en reposo) (**PI**), **2)** Remoción del 25% de ramas primarias de más de 5 años desde la base, en invierno (junio, 2007 y 2008 en reposo) y despunte de brotes de primavera de buen vigor, después de la cosecha (diciembre 2007 y 2008) (**PIDV**), **3)** Poda del 25% de ramas primarias, con más de 5 años desde la base en verde, después de la cosecha (diciembre, 2007 y 2008) (**PIV**) **4)** Sin poda (Testigo). En todos los tratamientos se realizó también poda de limpieza, excepto en las plantas testigo. Las 20 plantas utilizadas tenían el mismo desarrollo y número de ramas al comienzo de los tratamientos.

Sobre cada planta sometida a tratamiento, en cada fecha de cosecha, se registró el peso de fruta cosechada (índice

de rendimiento), el peso de 50 frutos y el peso individual de 100 frutos (índice de calidad de fruto) y el tiempo requerido de cosecha. En el laboratorio se midió sólidos solubles con un refractómetro digital de mesa (Atago Co.,LTD.). Los datos obtenidos fueron analizados con el programa estadístico SAS (SAS Institute, Inc., 2009).

## RESULTADOS

El ANOVA mostró diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) entre los tratamientos para rendimiento, peso de 100 frutos y tiempo. En todos los casos, la concentración de sólidos solubles y la interacción tratamiento por año fue no significativa (datos no mostrados).

### Rendimiento

El rendimiento de fruta en plantas PIDV no mostró diferencias significativas (DMS al 5%) con respecto a las plantas del testigo, al cabo de los dos años de tratamiento (4.94 y 5.56 kg/planta respectivamente), pero sí el testigo con PI y PIV (3.92 y 3.68 kg/planta respectivamente). No se observó diferencia significativa entre la plantas PIDV y PI, pero sí con las plantas PIV (tabla 1).

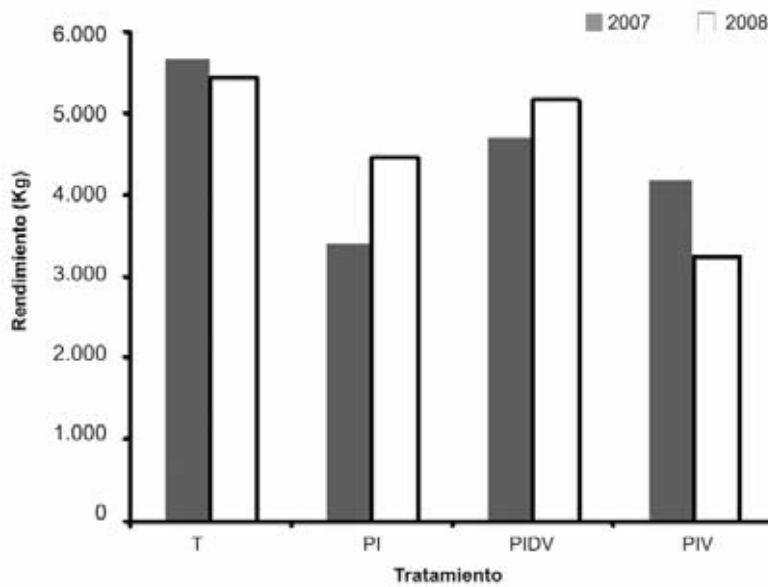
Comparando los rendimientos de ambos años (fig. 1) el rendimiento de fruta por tratamiento se vio modificado. Las plantas testigo no mostraron diferencia en rendimiento en los dos años, mientras que las plantas PIDV y PI muestran una mejora en el rendimiento del 30% y 10%, respectivamente, desde el año 2007 al 2008. Contrariamente, las plantas PIV muestran una disminución del 23% de la fruta cosechada en el mismo período (fig. 1).

La curva de cosecha muestra una distribución diferente según el tipo de poda en 2008. Las plantas testigo, las PI y PIDV lograron dos picos de producción, el 28 de octubre y el 7 de noviembre, mientras que las PIV sólo presentaron un pico menor el 28 de octubre, luego mantuvieron la producción en forma estable hasta el 11 de noviembre, momento en que comenzó a disminuir hasta el fin de la cosecha (fig. 2).

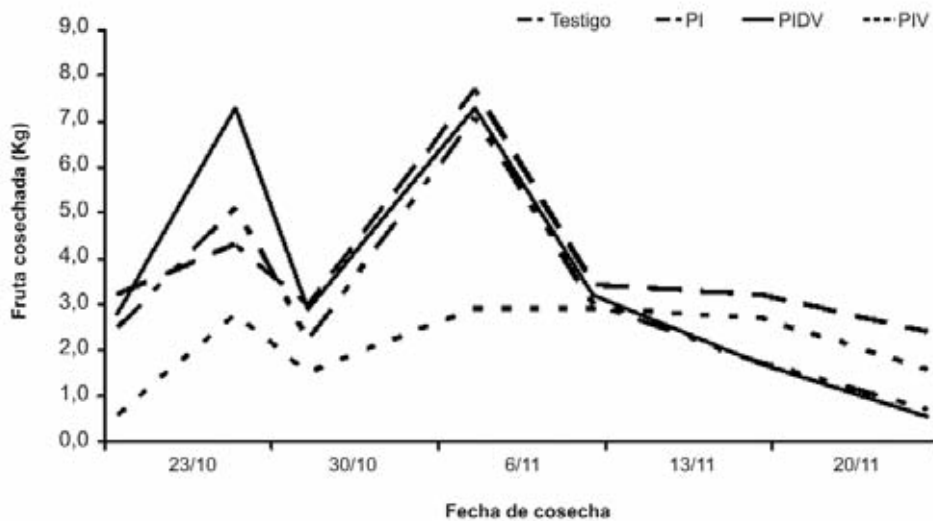
Tratamiento <sup>Y</sup>	Rendimiento (Kg/planta)	Peso 100 frutos (g)	Tiempo de cosecha (min)
Testigo	5.557 a <sup>z</sup>	118.2 b	195 a
PI	3.929 bc	137.4 a	130 b
PIDV	4.941 ab	138.8 a	131 b
PIV	3.683 c	127.6 ab	112 b

**Tabla 1.** Efecto de los distintos tratamientos de poda en el período 2007-2008 sobre rendimiento, peso de 100 frutos y tiempo de cosecha por año sobre plantas de var. O'Neal. z Promedio seguido por la misma letra, no muestran diferencias significativas para un test de DMS (5%). y Testigo= planta sin podar; PI = poda en invierno; PIDV = poda en invierno y despunte en verano; PIV= poda intensa en verano.





**Figura 1.** Efecto del tratamiento de poda sobre el rendimiento en plantas de arándano var. O'Neal en los años 2007 y 2008. T= testigo, planta sin podar; PI = poda en invierno; PIDV = poda en invierno y descuido en verano; PIV= poda intensa en verano.

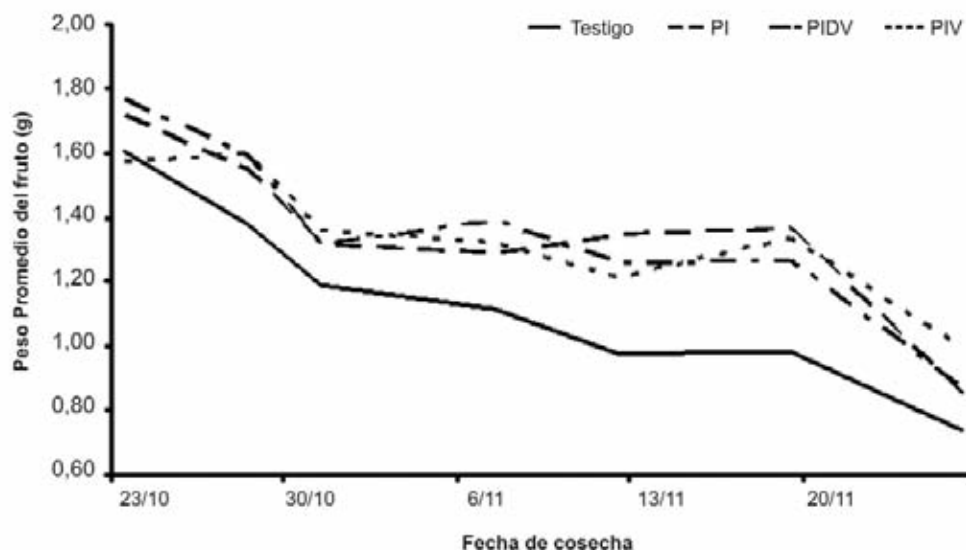


**Figura 2.** Distribución de la cosecha según tratamiento de poda en el año 2008. Testigo= planta sin podar; PI = poda en invierno; PIDV = poda en invierno y despunte en verano; PIV= poda intensa en verano.

Adicionalmente, si bien no se pudieron detectar diferencias significativas entre los tratamientos testigo, PI y PIDV en el rendimiento de fruta en el segundo pico de cosecha, el rendimiento en el primer pico de cosecha, de las plantas PIDV fue un 70% y 44% mayor al de las plantas testigo y PI, respectivamente. Además, se observa en la distribución de la cosecha de las plantas testigo, que luego del segundo pico su producción se mantuvo más alta que las PI y PIDV y se prolongó la cosecha, similarmente a lo sucedido en las PIV (fig. 2).

#### Peso de los frutos

El peso de 100 frutos mostró diferencias significativas a favor de las plantas PI y PIDV con respecto a las plantas testigo. El peso promedio de 100 frutos en plantas testigo alcanzó 118.2 g, mientras que las plantas PI, PIDV y PIV alcanzaron 139.8 g, 137.4 g y 127.6 g, respectivamente, logrando una diferencia máxima de 21.6 g (18% de incremento) cada 100 frutos en plantas PIDV con respecto al testigo (tabla 1).



**Figura 3.** Peso del fruto (g) en las distintas fechas de cosecha del año 2008. Testigo= planta sin podar; PI= poda en invierno; PIDV = poda en invierno y despunte en verano; PIV= poda intensa en verano.

Peso de fruta (g)	Porcentaje de fruta en cada categoría de acuerdo al tratamiento de poda efectuado <sup>2</sup>			
	Testigo	PI	PIDV	PIV
> 2.0	2.0	10.1	7.3	3.7
1.6-1.9	17.7	36.3	33.3	30.5
1.0-1.5	62.5	77.3	70.5	81.5
< 1.0	37.5	22.7	24.4	15.6

**Tabla 2.** Distribución de la fruta cosechada en relación a su peso unitario en porcentaje (%) según tratamientos de poda efectuado. Z Testigo= planta sin podar; PI = poda en invierno; PIDV = poda en invierno y despunte en verano; PIV= poda intensa en verano.

El tamaño o peso individual del fruto en todos los tratamientos, fue mayor al inicio de la cosecha y fue disminuyendo a lo largo de la estación de cosecha. Las plantas PIDV alcanzaron el mayor tamaño inicial (1.77 g) y las plantas PIV y testigo, los menores (1.57 y 1.60 g, respectivamente). Asimismo, en las plantas testigo disminuyó el peso del fruto en forma marcada a lo largo de la estación de cosecha, mientras que en las plantas PI y PIDV, si bien se reduce su peso en la segunda y tercera fecha de cosecha (28/10 y 31/10), este se mantiene relativamente estable hasta la penúltima fecha de cosecha (19/11). A partir de este momento, el tamaño de fruto se redujo en forma más evidente (fig. 3).

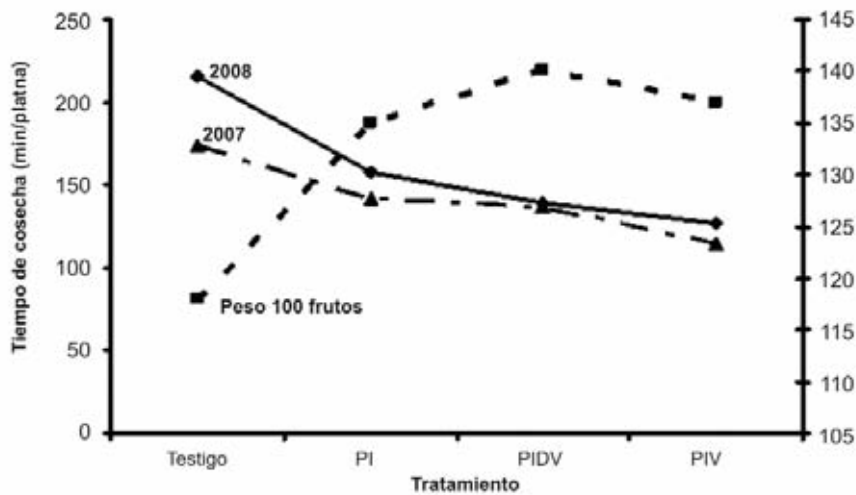
En 2008, el 37% de la fruta cosechada de las plantas testigo, pesaron menos de 1 g, y solo el 19.7% superó los 1.5 g, mientras que en las plantas PIDV el 24% de la fruta cosechada fue menor a 1 g y logró un 40.6% de la fruta con pesos superiores a 1.5 g (tabla 2). Las plantas PI, PIDV y las PIV in-

crementaron el peso promedio individual en 0.21 g/fruto con respecto al testigo.

### Tiempo

El tiempo requerido para cosechar las plantas mostró diferencias significativas a favor de las plantas podadas. Se necesitaron 195 min promedio en toda la estación de cosecha, por planta testigo en los años 2007 y 2008. En cambio, el tiempo necesario para cosechar las plantas PIDV, PI y PIV fue de 130, 131 y 112 min promedio para los dos años de tratamiento (tabla 1) (fig. 4).

Se observó un incremento de 20 min en el tiempo requerido para cosechar las plantas testigo en el año 2008 con respecto al 2007, aunque el rendimiento por planta se mantuvo estable al cabo de los dos años. Contrariamente, se redujo en 9 min el tiempo necesario para cosechar las PIDV en el 2008, con un incremento en el rendimiento de 0.338 g/planta.



**Figura 4.** Tiempo requerido para realizar la cosecha (min/planta), durante la estación de cosecha, relacionado al tamaño de peso de 100 frutos. Peso de 100 frutos representa el promedio de los dos años (2007 y 2008). Testigo= planta sin podar; PI = poda en invierno; PIDV = poda en invierno y despunte en verano; PIV= poda intensa en verano.

## DISCUSIÓN

En plantas de arándano de la var O'Neal, PIDV aumentó la producción y la calidad de los frutos, expresado en su mayor tamaño sin ser afectado su rendimiento. La poda en reposo ha sido recomendada enfáticamente en el arándano (Siefker y Hancock, 1986; Williamson *et al.*, 2004; Pritts, 2004) así como el despunte en verano sobre ramas vigorosas para favorecer el desarrollo de ramas anticipadas en variedades de cosecha temprana (Bañados, 2005). En nuestro trabajo, con este tipo de poda logramos un rendimiento similar al de las plantas sin podar, pero con un mejor tamaño de la fruta cosechada, coincidiendo con los resultados de Jansen (1997) y Pritts (2004). Adicionalmente, hubo una reducción de los tiempos de cosecha que compensan o reducen los tiempos de labor requeridos para realizar la poda. También podemos afirmar que el despunte de ramas vigorosas después de la cosecha, da resultados positivos en el rendimiento total, tal como lo sugiere Williamson *et al.* (2004). Esto se desprende de comparar los resultados obtenidos sobre las plantas PI o PIDV ya que, si bien el tamaño de fruto se mejora con los dos tipos de poda, la PI logró menos producción de fruta en ambos años.

En plantas testigo, si bien no se redujo significativamente el rendimiento, disminuyó significativamente el tamaño del

fruto, ya que la planta no estaba en condiciones de soportar tanta carga. Según Maust *et al.* (1999), una floración elevada de la planta de arándano provoca una reducción en el desarrollo vegetativo con menor relación hoja/fruto, y una insuficiencia en la síntesis de fotoasimilados para sustentar la producción, tal como se ve en otros cultivos frutícolas (Maggs, 1963; Schechter *et al.*, 1994). Este punto está en estudio actualmente.

Las variedades de ciclo corto que predominan en la zona de producción estudiada (con cosecha a mediados de octubre normalmente), desarrollan la floración (julio) y los primeros frutos en base a las reservas que acumuló la planta el año anterior, ya que la brotación es muy posterior al inicio de la floración. La carga de frutos con la poda trae como resultado una mejor distribución de carbohidratos y una mayor reserva para la producción del año siguiente. Esto se puso de manifiesto con la mayor producción en las plantas PIDV en las primeras cosechas (cuando aún no tenía hojas), coincidiendo con el primer pico (fig. 2).

Las plantas PIV, no sólo rindieron menos, sino que por el efecto acumulado de la poda al segundo año redujeron su rendimiento con respecto al año anterior. Estas plantas estuvieron exigidas a desarrollar brotes importantes después de la poda y no lograron acumular reservas suficientes para



el año siguiente, manifestándose en una baja producción ya desde el inicio de la época de cosecha, contrario a lo que sucedió en las plantas PIDV. El único tratamiento que no presenta segundo pico de cosecha fue PIV, efecto asociado al desarrollo de brotes anticipados, típico de ésta variedad, después de la cosecha (Pescie y Lovisoló, 2005).

Además, PIV presentó siempre menor cantidad de fruta en todas las fechas de cosecha (fig. 2). Este tipo de poda elimina tanto ramas primarias como productivas que se desarrollaron en primavera con yemas florales ya inducidas a fines de diciembre y, de alguna manera, evita el desarrollo de ramas anticipadas que se transforman en productivas a fines de verano (que serían las responsables del segundo pico de producción). La eliminación de ramas primarias en verano no compensó el beneficio que se obtiene de la poda de renovación en invierno y condujo a un desgaste progresivo de la planta.

El podar las plantas, independientemente del tratamiento aplicado sobre ellas, provocó un acortamiento del tiempo operativo de cosecha. Coincidiendo con Strik *et al.* (2003), este acortamiento se debería en parte al mejor tamaño de la fruta y a su mejor accesibilidad, lo que permitió cosechar el mismo volumen de fruta en menor tiempo. Además, las plantas sin podar lograron una excesiva altura y una mayor densidad de ramas a las que el cosechero no puede acceder. El lograr una reducción en los tiempos de cosecha implica también una reducción de sus costos, compensando en gran parte los costos de poda.

## BIBLIOGRAFÍA

- BAÑADOS, P. 2005. Claves para la poda de arándanos. Voz Académica, Agronomía y Forestación, vol 25.
- CAPAB (Cámara Argentina de Productores de Arándanos y otros Berries), 2006. (<http://www.capab.org.ar>, verificado: agosto de 2007).
- DEC (Dirección de Estadísticas y Censo de Entre Ríos). 2008. Primer Censo a Productores de Arándanos. Ed. Dirección General de Agricultura de la Provincia de Entre Ríos, pp. 15.
- GALLETTA, G.; HIMELRICK, D.; y CHANDLER, L. 1990. Small fruit crop management. Blueberry Management. Prentice Hall Career & Technology. Englewood Cliffs, New Jersey, USA, pp. 273-328.
- GASKELL, M. 2000. Pruning Southern Highbush Blueberries. Central Coast Agriculture Highlights Newsletter. February 2000.
- GIL-ALBERT VELARDE, F. 1997. Tratado de arboricultura frutal. Vol. V: Poda de Frutales. Ed. Mundi Prensa. Madrid.
- HANSON, E.; HANCOCK, J.; RAMSDELL, D.; SCHILDER, A.; VANEE, G.; LEDEBUHR, R. 2000. Sprayer type and pruning affect the incidence of blueberry fruit rots. HortScience. 35:235-238.
- HINDLE, R. Jr.; SHUTAK, V.; CHRISTOPHER, E. 1957. Relationship of wood thickness to blossoming, rate of ripening, and size of fruit on the highbush blueberry. Proc. of the Am. Soc. Hort. Sc. 70:150-155.
- INTA San Pedro. 2005. Arándanos en San Pedro. ([http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/pren/2005/0428\\_arandanos.htm](http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/pren/2005/0428_arandanos.htm), verificado: 23 de marzo de 2011).
- JANSEN, W. 1997. Pruning of highbush blueberries. Acta Hort. 446: 333-335.
- MAGGS, D.H. 1963. The reduction in growth of apple trees brought about by fruiting. J. Hort. Sci. 38:119-128.
- MAUST, B.; WILLIAMSON, J.; DARNELL, R. 1999. Flower bud density affects vegetative and fruit development in field-grown southern highbush blueberry. HortScience 34:607-610.
- PESCIE, M.; LOVISOLÓ, M. 2005. Momento de inducción floral en arándano (*Vaccinium corymbosum*) variedad O'Neal en Buenos Aires. XII Congreso Latinoamericano y el XXVIII Congreso Argentino de Horticultura. Gral. Roca, Río Negro. Argentina. 6 septiembre.
- PRITTS, M. 2004. Blueberry pruning and rejuvenation. New York Berry News – Cornell University, 3:4-5.
- ROS, P.G.; GORDÓ, M.; KAUFFMAN, I.; BISI, M.; A. HEGUIA-BEHERI; LÓPEZ SERRANO, F. 2009 Actualización de información estadística regional de los partidos de San Pedro y Baradero. ([http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/2009/pr\\_0901.htm](http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/2009/pr_0901.htm), verificado: 23 de marzo de 2011).
- SAS 9.2. SAS Institute Inc. 2009.
- SCHECHTER, I.; PROCTOR, J.; ELFVING, D. 1994. Apple fruit removal and limb girdling affect fruit and leaf characteristics. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119:157-162.
- SIEFKER J.; HANCOCK, J. 1986. Yield component interaction in cultivars of the highbush blueberry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111:606-608.
- STRIK, B.; BULLER, G.; HELLMAN, E. 2003. Pruning severity affects yield, berry weight, and hand harvest efficiency of Highbush Blueberry. HortScience 38:196-199.
- STRIK, B.; BULLER, G. 2005. The Impact of early cropping on subsequent growth and yield of highbush blueberry in the establishment years at two planting densities is cultivar dependant. HortScience 40:998-2001.
- WILLIAMSON, J.; DAVIES, F.; LYRENE, P. 2004. Pruning blueberry plants in Florida. HS985. University of Florida and Institute of Food and Agricultural Science (UF/IFAS). (<http://edis.ifas.ufl.edu/HS223>, verificado: agosto de 2009).

# Evaluación del rendimiento y otros atributos agronómicos en el germoplasma comercial de girasol argentino (1986-2006)

GONZÁLEZ, J.<sup>1</sup>; DE LA VEGA, A.J.<sup>2</sup>; MANCUSO, N.<sup>1</sup>; LUDUEÑA, P.<sup>1</sup>

## RESUMEN

El mejoramiento genético de girasol en la Argentina resultó en un progreso genético constante para rendimiento en todas las regiones de cultivo de esta especie. En este trabajo, se aplicaron análisis de modelos lineales mixtos y multivariados a una serie histórica de 17 años de ensayos de la red de ensayos territoriales (RET) conducidos en la EEA Pergamino, con el objetivo de contribuir al conocimiento de la variabilidad para caracteres fenotípicos de híbridos de girasol obtenidos entre 1986 y 2006. El análisis de clasificación sobre la matriz híbridos × atributos fenotípicos permitió agrupar los 64 híbridos evaluados por al menos 3 años en 5 grupos que difieren en los años promedio de registro comercial de los híbridos que los componen. El análisis de componentes mostró asociación positiva entre el rendimiento de aceite y sus determinantes rendimiento de grano y concentración de aceite, ausencia de asociación entre ambos determinantes y asociación positiva entre ciclo a floración y altura, estando ambos caracteres negativamente asociados a la concentración de aceite, positivamente asociados al rendimiento de grano y no asociados al rendimiento de aceite. Dos grupos de híbridos de diferente origen genético convergieron a lo largo de años de mejoramiento en un nuevo tipo, de alto rendimiento de grano y aceite, y ciclo y altura intermedios. Los híbridos modernos ya no presentan la variabilidad de tipo agronómico que presentaban los más antiguos.

**Palabras clave:** híbridos de girasol, rendimiento, concentración de aceite, características agronómicas, análisis de cluster

## ABSTRACT

*Sunflower breeding in Argentina resulted in a constant genetic progress for yield in all growing regions of this species. In this study, we applied linear mixed models and multivariate analyses to an historical series of 17 years of trials belonging to the territorial trial net (RET), conducted at the Pergamino Research Station of INTA. The aim was to contribute to the knowledge of the variability observed for phenotypical traits in sunflower hybrids released during the period 1986-2006. Cluster analysis applied to the hybrid × attribute matrix allowed grouping the 64 hybrids tested for at least 3 years into 5 groups differing in the average year of release of the component hybrids. Principal component analysis showed positive association between oil yield and its immediate determinants grain yield and oil concentration, lack of association between both determinants and positive association between time to flowering and height; both traits being negatively associated with oil concentration, positively associated with grain yield and showing lack of association with oil yield. Two groups of hybrids of different genetic origin converged through years of plant breeding into a new type of high grain and oil yield and intermediate maturity and height. Modern hybrids do not longer show the variability for agronomic traits that the old hybrids used to present.*

**Keywords:** sunflower hybrids, yield, oil concentration, agronomic traits, cluster analysis

1 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Estación Experimental Agropecuaria Pergamino, C.C. 31 (2700) Pergamino, Argentina E-mail: pergira@pergamino.inta.gov.ar

2 Advanta Semillas SAIC, C.C. 559 (2600) Venado Tuerto, Argentina. Dirección actual: Pioneer Hi-Bred Services Co. H-2040 Budaors, Hungría.

Recibido 17 de marzo de 2011 // Aceptado 26 de agosto de 2011 // Publicado online 02 de noviembre de 2011

## INTRODUCCIÓN

El girasol (*Helianthus annuus* L.) se cultiva en la Argentina entre los 26° S (Chaco) y los 39° S (Sur de Buenos Aires), incluyendo ambientes subtropicales y templados. A lo largo de las últimas décadas, el trabajo de mejoramiento genético, conducido tanto por organismos públicos como por empresas privadas, ha impactado fuertemente sobre la evolución del cultivo. Por un lado, se logró un progreso genético constante para rendimiento de aceite en todas las regiones girasoleras de país (López Pereira *et al.*, 1999; Sadras *et al.*, 2000; de la Vega *et al.*, 2007a; de la Vega y Chapman, 2010), lo que permitió contrarrestar la marginalización ambiental sufrida como consecuencia de la expansión del cultivo de soja. Por el otro, se materializó un cambio en las características agronómicas de los híbridos registrados en diferentes épocas, observándose que dos grupos genotípicos claramente diferenciados (Grupo 1: híbridos de grano estriado, ciclo intermedio a largo en la región central, alto rendimiento de grano y bajo porcentaje de aceite; Grupo 2: híbridos de grano negro, ciclo intermedio a corto en la región central, bajo rendimiento de grano y alto porcentaje de aceite) convergieron en un nuevo tipo de alto rendimiento de grano, alto porcentaje de aceite y ciclo intermedio (de la Vega *et al.*, 2007b; de la Vega y Chapman, 2010).

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) conduce desde hace más de dos décadas la Red de Ensayos Territoriales de Girasol (RET) que abarca los diferentes ambientes de la región girasolera argentina. La base histórica de ensayos multi-ambientales generada a través de la RET constituye una fuente de información valiosa para analizar la evolución de los cultivares a través de sus principales parámetros de productividad. La utilización de grandes bases históricas de ensayos permite analizar una muestra amplia de genotipos y ambientes y acomodar los efectos de las interacciones genotipo  $\times$  ambiente del sistema (DeLacy *et al.*, 1996), aunque requiere de herramientas estadísticas complejas, que permitan ordenar el desbalance que surge por el hecho de que los genotipos en evaluación cambian a lo largo de los años (Kempton, 1984; DeLacy *et al.*, 1996; Smith *et al.*, 2005).

En este trabajo, se utilizaron modelos lineales mixtos y métodos multivariados para analizar la serie histórica de ensayos de la RET conducidos en la EEA Pergamino, donde se evaluó una proporción importante de los híbridos comerciales registrados en el período 1986-2006. El objetivo general fue contribuir al conocimiento de la variabilidad para caracteres fenológicos y productivos de híbridos de girasol convencionales, o sea, excluyendo materiales resistentes a herbicidas del grupo de las imidazolinonas, obtenidos a lo largo del citado período de 20 años, utilizando una base que contenga híbridos comerciales de distintas empresas en proporciones similares.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La información analizada provino de los ensayos de girasol de la RET conducidos en la EEA Pergamino INTA (33° 57' S; 60° 34' W) entre las campañas agrícolas 1991/92 y 2008/09, con excepción de la campaña 1993/94. El sitio se encuentra en la zona norte de la pampa húmeda, sobre un suelo Argiudol típico de la serie Pergamino. El clima de la región es templado, con una precipitación anual media de 973 mm. El diseño estadístico de los ensayos fue de bloques completos aleatorizados, con 3 repeticiones y parcelas de 3 surcos de 6,0 m, con un espaciamiento entre surcos de 0,7 m. Se condujeron en secano con labranza convencional, aplicándose fertilizantes y agroquímicos según cada necesidad particular.

Las fechas de siembra se encontraron dentro de la ventana de siembra del cultivo en la región girasolera central (desde el 17/10 -campaña 1991/92- al 14/11 -campaña 2002/03-). A lo largo de los 17 años de ensayos analizados se evaluó un total de 114 híbridos comerciales, registrados entre los años 1986 y 2006 (fuente: Instituto Nacional de Semillas, INASE). Los caracteres analizados fueron: altura de planta (cm), tiempo a floración (días desde siembra), rendimiento de grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), concentración de aceite (%) y rendimiento de aceite ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). El dato de rendimiento de grano (11% de humedad) se obtuvo a partir de la cosecha del surco central de cada parcela, eliminando la primera y la última planta ( $3.99 \text{ m}^2$ ). La concentración de aceite se determinó por resonancia magnética nuclear (Granlund y Zimmerman, 1975). El rendimiento de aceite se obtuvo a partir del rendimiento de grano y la concentración de aceite.

El número de híbridos en común entre dos años de ensayos varió de 0 a 39, siendo el ACA 884 el híbrido más evaluado, con 15 años en total. Con el objetivo de ordenar este desbalance de la base de datos, la información de rendimiento de grano, porcentaje de aceite y rendimiento de aceite (1194 parcelas en total) se analizó utilizando un modelo lineal mixto con términos residuales separados para cada ensayo (Van Eeuwijk *et al.*, 2001; Smith *et al.*, 2005). Se empleó un modelo de simetría compuesta, en el que la observación fenotípica  $y_{ijm}$  del híbrido  $i$  evaluado en la repetición  $m$  del ensayo  $j$  se modeló como:

$$y_{ijm} = \mu + e_j + (r/e)_{jm} + g_i + (ge)_{ij} + \varepsilon_{ijm}$$

donde  $\mu$  es la media general;  $e_j$  el efecto fijo del ensayo  $j$ ,  $(r/e)_{jm}$  el efecto aleatorio de la repetición  $m$  anidada dentro del ensayo  $j$  y está  $\sim \text{NID}(0, \sigma_{rj}^2)$ ,  $m = 1, \dots, r$ ,  $g_i$  el efecto aleatorio del híbrido  $i$  y está  $\sim \text{NID}(0, \sigma_g^2)$ ,  $i = 1, \dots, g$ ,  $(ge)_{ij}$  el efecto aleatorio de la interacción entre el híbrido  $i$  y el ambiente  $j$  y está  $\sim \text{NID}(0, \sigma_{ge}^2)$  y  $\varepsilon_{ijm}$  es el término aleatorio residual correspondiente al híbrido  $i$  en la repetición  $m$  del ambiente  $j$  (error experimental) y está  $\sim \text{NID}(0, \sigma_{\varepsilon(j)}^2)$ . En el caso de los datos de altura y tiempo a floración, se utilizó un modelo similar, pero que contempla varianzas homogé-



neas entre ambientes y no incluye el efecto de interacción genotipo  $\times$  ambiente, ya que no se contó con datos para estos atributos en la totalidad de los años de evaluación. Se utilizó máxima verosimilitud restringida (REML; Patterson y Thompson, 1975) para estimar los componentes de varianza de los efectos aleatorios del modelo y obtener mejores predictores lineales insesgados (BLUPs; Robinson, 1991) de los efectos genotípicos, o sea, medias ajustadas por la naturaleza desbalanceada de los datos. Dichos BLUPs permiten, bajo ciertos supuestos (Smith *et al.*, 2005), comparar genotipos que nunca se evaluaron en el mismo ensayo. Todos los análisis de modelos lineales mixtos se realizaron en GenStat (2008).

Con los BLUPs de los efectos genotípicos de los híbridos evaluados por al menos tres años (ver fig. 1) se construyó una matriz de 64 genotipos  $\times$  5 atributos. Se aplicaron análisis de patrones (clasificación y ordenamiento; Williams, 1976) en la forma descrita por Yan y Rajcan (2002), para presentar las interrelaciones entre híbridos y atributos a lo largo de los años. Previo a los análisis, la matriz de BLUPs de híbridos  $\times$  atributos se estandarizó restando a cada valor la media del atributo y dividiendo el residual por la desviación estándar (Cooper *et al.*, 1996). Para el análisis de clasificación, se aplicó el método de agrupamiento jerárquico aglomerativo (Williams, 1976), con sumas de cuadrados incrementales (Ward, 1963) como criterio de fusión y distancia Euclídea como medida de disimilitud. Se construyó un dendrograma sobre la base de niveles de fusión, para investigar similitudes entre híbridos en términos de sus respuestas relativas para los 5 atributos. Se estimaron los componentes principales (PCs) de los cuadrados de las distancias Euclídeas usando un procedimiento de descomposición por valor singular (Gabriel, 1971). Con los resultados de este análisis se construyó el biplot de los dos primeros PCs, sobre el que se sobrepusieron los grupos genotípicos derivados del análisis de clasificación. Los criterios de interpretación de este tipo de gráfico están descritos por Yan y Rajcan (2002). Todos los análisis multivariados se realizaron en InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis REML revelaron efectos genotípicos significativos para todos los atributos analizados y efectos de interacción genotipo  $\times$  año significativos para rendimiento de grano, concentración de aceite y rendimiento de aceite (tabla 1). Para estos últimos atributos, el componente de varianza asociado al efecto genotípico fue superior al de inter-

acción genotipo  $\times$  año, lo que resulta esperable, ya que como todos los ensayos se condujeron en la misma localidad, el efecto de interacción genotipo  $\times$  ambiente no incluyó interacciones genotipo  $\times$  año  $\times$  localidad, que normalmente explican la mayor parte de la interacción genotipo  $\times$  ambiente (Chapman y de la Vega, 2002).

El análisis de clasificación permitió agrupar los 64 híbridos evaluados por al menos 3 años en 5 grupos (fig. 1) compuestos por 8 a 19 híbridos cada uno. Estos grupos difieren en los años promedio de registro comercial de los híbridos que los componen, siendo los grupos 3 y 5 los que mejor representan el tipo agronómico de los híbridos modernos. Sin embargo, los grupos 1, 2 y 4 también incluyen híbridos liberados en los últimos años de la serie analizada, lo que puede deberse a las diferentes tasas de progreso genético experimentadas por los programas de mejoramiento de diferentes empresas. Esto determina que la diferencia promedio en años de registro de grupos genotípicos que expresan tipos agronómicos de diferentes períodos sea de sólo cuatro años.

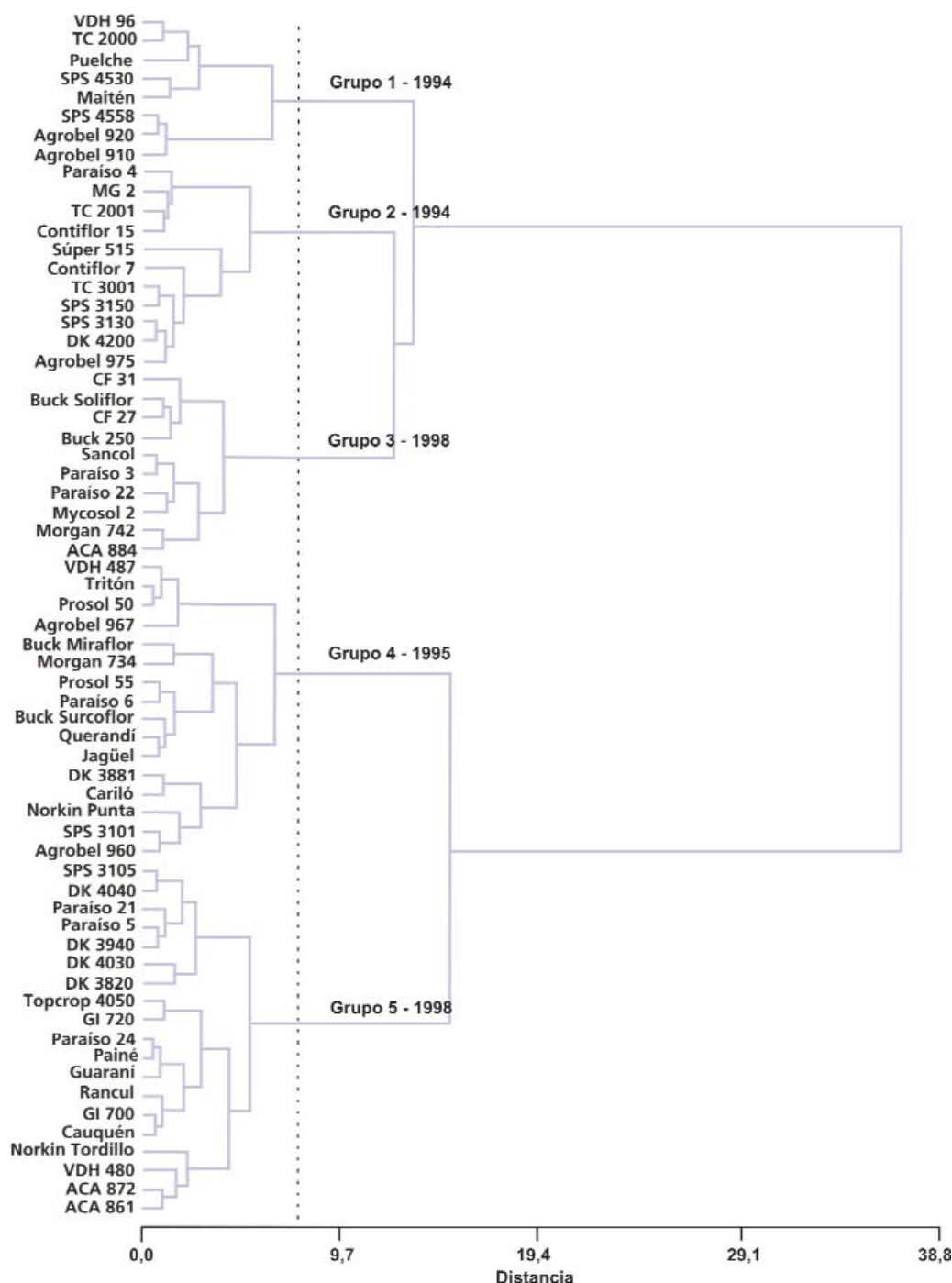
La matriz penta-dimensional de BLUPs de efectos genotípicos se redujo por análisis de componentes principales a dos dimensiones, que retuvieron el 77% de la información original (fig. 2).

Los componentes inmediatos del rendimiento de aceite, o sea, rendimiento de grano y concentración de aceite, mostraron ausencia de asociación entre sí en términos de sus efectos de discriminación genotípica con los híbridos de mayor rendimiento de grano ubicados en el sector derecho del biplot y con aquellos de mayor concentración de aceite en el sector superior (fig. 2). Como era esperable, el rendimiento de aceite se asoció positivamente a ambos determinantes, aunque más fuertemente al rendimiento de grano. Los híbridos de mayor rendimiento de aceite se ubicaron en el cuadrante superior derecho del biplot, positivamente asociados al vector de este atributo, siendo los cultivares del grupo 3 aquellos que, en promedio, presentaron mayor rendimiento de aceite a lo largo de los años de evaluación en la RET. Se observó además una fuerte asociación positiva entre ciclo a floración y altura, estando ambos caracteres negativamente asociados a la concentración de aceite, positivamente asociados al rendimiento de grano y no asociados al rendimiento de aceite (fig. 2).

Los híbridos que se agruparon juntos en el análisis de clasificación (fig. 1) se ubicaron también juntos en el espacio Euclidiano (fig. 2). Los grupos genotípicos 1 y 4 son los más contrastantes en términos de sus tipos agronómicos. El

Fuente de variación	Tiempo a floración (d)	Altura (cm)	Rendimiento de grano de grano (kg ha <sup>-1</sup> )	Concentración de aceite (%)	Rendimiento de aceite (kg ha <sup>-1</sup> )
Genotipo	5.92 $\pm$ 0.93	123 $\pm$ 21	43194 $\pm$ 9276	4.064 $\pm$ 0.65	9046 $\pm$ 2359
Genotipo $\times$ año			18146 $\pm$ 6562	1.084 $\pm$ 0.15	7883 $\pm$ 2048

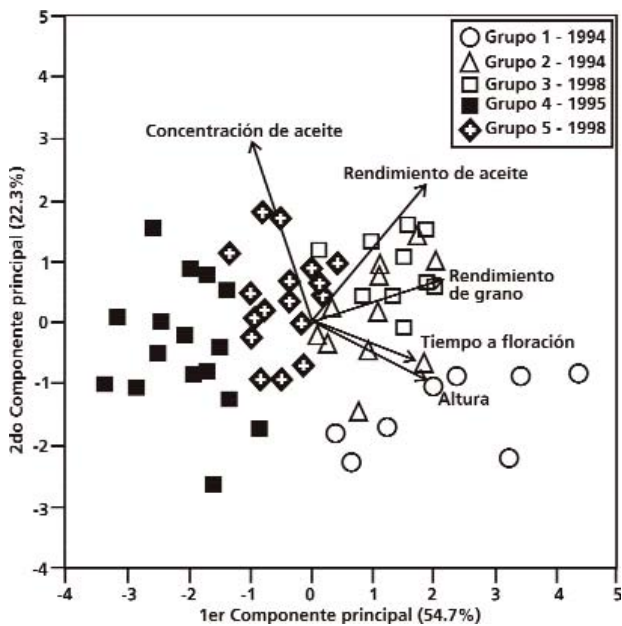
**Tabla 1.** Componentes de varianza  $\pm$  errores estándar para 5 atributos genotípicos obtenidos a partir del análisis REML de 64 híbridos de girasol evaluados en Pergamino (1991/92 a 2008/09).



**Figura 1.** Dendrograma de agrupamiento de 64 híbridos de girasol de acuerdo a los BLUPs de los efectos genotípicos estimados para 5 atributos evaluados en 17 años de ensayos en Pergamino. Se detallan los años promedio de registro comercial de los híbridos de cada grupo genotípico.

grupo 1 está constituido principalmente por híbridos de grano estriado blanco, ciclo intermedio a largo, elevada altura, alto rendimiento de grano y baja concentración de aceite. El color blanco de la hipodermis de los aquenios de estos híbridos está determinado por el factor dominante *Hyp*, ligado a un QTL que afecta negativamente la concentración de aceite como consecuencia de una elevada relación pericarpio: pepita (León *et al.*, 1996). El grupo 4 está integrado por híbridos de grano negro con estrías grises, ciclo inter-

medio a precoz, baja altura, bajo rendimiento de grano y alta concentración de aceite. Ambos grupos de híbridos, de diferente origen genético (el grupo 1 contiene germoplasma estriado argentino; el grupo 4 deriva fundamentalmente de poblaciones y líneas del este europeo y Estados Unidos) (de la Vega *et al.*, 2007b; Bertero de Romano y Vázquez, 2003), convergieron a lo largo de años de mejoramiento genético en un nuevo tipo, bien representado por el grupo 3, de alto rendimiento de aceite, producto de combinar un rendimiento



**Figura 2.** Biplot de los dos primeros componentes principales para 64 híbridos de girasol (puntos) y 5 atributos fenotípicos (vectores desde el origen) evaluados en 17 años de ensayos en Pergamino. Los grupos genotípicos derivados del análisis de clasificación están sobreimpresos. Se detallan los años promedio de registro comercial de los híbridos de cada grupo genotípico.

de grano similar a los híbridos del grupo 1 y una concentración de aceite similar a la de los híbridos del grupo 4, y ciclo y altura intermedios. Los grupos genotípicos 2 y 5 son pasos intermedios en este proceso de convergencia y tienden a ubicarse en el centro del biplot, asociándose a los valores medios de los atributos.

Es interesante destacar que los híbridos modernos (grupo 3) ya no presentan la variabilidad de tipo agronómico que

presentaban los más antiguos (grupos 1 y 4). Si se comparan, por ejemplo, las proyecciones perpendiculares de todos los híbridos del grupo 3 sobre los vectores de altura y ciclo con aquellas de los grupos 1 y 4 (fig. 2), se observa que ningún híbrido moderno es tan alto ni de ciclo tan largo como algunos híbridos del grupo 1 ni tan bajo ni de ciclo tan corto como algunos híbridos del grupo 4. Al mismo tiempo, se observa una clara evolución en concentración de aceite, no existiendo en la actualidad ningún híbrido que presente los bajos valores para este atributo que mostraban los híbridos del grupo 1.

Estudios previos demostraron que el avance genético logrado en girasol en la Argentina se debió tanto a la mejora del potencial de rendimiento de aceite en ambientes sin limitaciones (de la Vega *et al.*, 2007a) como a la resistencia a factores de estrés abióticos y bióticos, destacándose fuertemente el efecto positivo de la mejora por resistencia a *Verticillium dahliae* (Sadras *et al.*, 2000; de la Vega *et al.*, 2007a). Los hallazgos de este estudio confirman los previamente publicados (de la Vega *et al.*, 2007a, 2007b; de la Vega y Chapman, 2010), extendiendo sus conclusiones a un conjunto mayor de híbridos, a partir de la utilización de los datos de la RET, en cuanto a que el mejoramiento genético de girasol en la Argentina resultó en un claro incremento del rendimiento de aceite, haciendo confluir en este proceso a dos grupos genotípicos contrastantes en términos de tipo agronómico en un nuevo tipo que presenta menor variabilidad para ciclo, altura y concentración de aceite. El incremento de la concentración de aceite a lo largo de los años se debió a un proceso continuo de selección por este atributo, como forma de incrementar el rendimiento de aceite. Contrariamente, creemos que la disminución de la variabilidad para ciclo y altura se debe a que la selección por rendimiento resultó en una selección indirecta hacia un tipo intermedio para estos atributos, mejor adaptado a la oferta de recursos del ambiente de la región girasolera central argentina que los tipos extremos del pasado. Los resultados de este estudio no muestran una desaceleración del progreso genético en los últimos años, por lo que es esperable



que el rendimiento de aceite de girasol en la Argentina se siga incrementando en el futuro a partir del trabajo de mejoramiento. Este progreso se debería mayormente a un incremento del rendimiento de grano, ya que se estaría llegando a un límite biológico en cuanto a la concentración de aceite.

## AGRADECIMIENTOS

Al grupo de trabajo Girasol de la EEA Pergamino.

## BIBLIOGRAFÍA

- BERTERO DE ROMANO A.B.; VAZQUEZ A. (2003) Origin of the Argentine Subflower varieties. *Helia* 26: 127-136.
- CHAPMAN S.C., DE LA VEGA A.J. (2002) Spatial and seasonal effects confounding interpretation of sunflower yields in Argentina. *Field Crops Res.* 73: 107-120.
- COOPER M.; BRENNAN P.S.; SHEPPARD J.A. (1996) A strategy for yield improvement of wheat which accommodates large genotype by environment interactions. In: Cooper, M., Hammer, G.L. (Eds.) *Plant Adaptation and Crop Improvement*. CAB International, ICRISAT & IRRRI, Wallingford, UK, pp. 487-512.
- DELACY I.H.; BASFORD K.E.; COOPER M.; BULL J.K.; MCLAREN C.G. (1996) Analysis of multi-environment trials - An historical perspective. En: M. Cooper, G.L. Hammer (Ed.). *Plant Adaptation and Crop Improvement*. CAB INTERNATIONAL 1996, pp. 39-124.
- DE LA VEGA A.J.; CHAPMAN S.C. (2010) Mega-environment differences affecting genetic progress for yield and relative value of component traits. *Crop Science* 50: 574-583.
- DE LA VEGA A.J.; DELACY I.H., CHAPMAN S.C. (2007)a Progress over 20 years of sunflower breeding in central Argentina. *Field Crops Res.* 100: 61-72.
- DE LA VEGA A.J.; DELACY I.H., CHAPMAN S.C. (2007)b Changes in agronomic traits of sunflower hybrids over 20 years of breeding in central Argentina. *Field Crops Res.* 100: 73-81.
- DI RIENZO J.A., CASANOVES F.; BALZARINI M.G.; GONZALEZ L.; TABLADA M.; ROBLEDO C.W. (2010) InfoStat version 2010. InfoStat Group, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- GABRIEL K.R. (1971) The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika* 58: 453-467.
- GENSTAT (2008) GenStat® for Windows™ 11th Edition Introduction. VSN International, Oxford, UK. 309 p.
- GRANLUND M.; ZIMMERMAN D.C. (1975) Effect of drying conditions on oil content of sunflower (*H. annuus* L.) seeds as determined by wide-line nuclear magnetic resonance(NMR). *North Dakota Acad.Sci.Proc.* 27 (2): 128-132.
- KEMPTON R.A. (1984) The use of biplots in interpreting variety by environment interactions. *J. Agr. Sci. Cam.* 103: 123-135.
- LEON A.J.; LEE M., RUFENER G.K.; BERRY S.T.; MOWERS R.P. (1996) Genetic mapping of a locus (*hyp*) affecting seed hypodermis color in sunflower. *Crop Sci.* 36: 1666-1668.
- LOPEZ PEREIRA M.L.; SADRAS V.O., TRAPANI N. (1999) Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995. I. Yield and its components. *Field Crops Res.* 62: 157-166.
- PATTERSON H.D.; THOMSON R. (1975) Maximum likelihood estimation of components of variance. *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Biometrics Conference*, pp. 197-20.
- ROBINSON G.K. (1991) That BLUP is a good thing: the estimation of random effects. *Stat. Sci.* 6: 15-51
- SADRAS V.; TRAPANI N., PEREYRA V.; LOPEZ PEREYRA M., QUIROZ F.; MORTARINI M. (2000) Intraspecific competition and fungal diseases as source of variation in sunflower yield. *Field Crops Res.* 67: 51-58.
- SMITH A.B.; CULLIS B.R.; THOMPSON R. (2005) The analysis of crop cultivar breeding and evaluation trials: an overview of current mixed model approaches. *J. Agr. Sci.* 143: 1-14.
- VAN EEUWIJK F.A., COOPER M., DELACY I.H.; CECCARELLI S., GRANDO S. (2001) Some vocabulary and grammar for the analysis of multi-environment trials, as applied to the analysis of FPB and PPB trials. *Euphytica* 122: 477-490.
- WARD J.H. (1963) Hierarchical grouping to optimise and objective function. *J. Am. Stat. Assoc.* 58: 236-244.
- WILLIAMS W.T. (1976) *Pattern Analysis in Agricultural Science*. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam.
- YAN W.; RAJCAN I. (2002) Biplot Analysis of Test Sites and Trait Relations of Soybean in Ontario. *Crop Sci.* 42: 11-20.

# Evaluación del rendimiento de forraje y grano de triticales y tricepiros

CASTRO, N.<sup>1</sup>; RUFACH, H.<sup>1</sup>; CAPELLINO, F.<sup>1</sup>; DOMÍNGUEZ, R.<sup>2</sup>; PACCAPELO, H.<sup>3</sup>

## RESUMEN

En Santa Rosa (La Pampa), se evaluó entre 2008 y 2010 el rendimiento de forraje de 22 genotipos de triticales y tricepiros y de 17 genotipos en la producción de grano. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones y siembra en parcela estándar. Las diferencias entre ambientes y genotipos fueron evaluadas mediante Análisis de la Variancia Conjunto y se utilizó la prueba de Diferencias Mínimas Significativas ( $\alpha=0,05$ ). El promedio del rendimiento de materia seca del trienio fue para los triticales de 2508 kg ha<sup>-1</sup> y para los tricepiros de 2007 kg ha<sup>-1</sup>. Los triticales superaron en un 25% a los tricepiros. En la producción de grano se detectó un comportamiento diferencial de las líneas en cada año de evaluación. El promedio del rendimiento de grano del trienio fue para los triticales de 1945 kg ha<sup>-1</sup> y para los tricepiros de 1442 kg ha<sup>-1</sup>. Los triticales superaron en rendimiento de grano en un 35% a los tricepiros. Para los materiales evaluados se evidenció una mayor estabilidad en los rendimientos de forraje que en la producción de granos. La mejora genética habría sido más efectiva en triticales. No obstante, se han detectado líneas de tricepiro con rendimientos similares a triticales.

**Palabras clave:** interacción genotipo x año, componentes del rendimiento.

## ABSTRACT

ATwenty-two genotypes of triticales and tricepiros were assessed from 2008 to 2010 in Santa Rosa (La Pampa) for their forage yield and seventeen for grain production. A randomized complete block with three replicates and standard plot planting was used. The differences between environments and genotypes were evaluated by an overall analysis of variance and least significant difference test ( $\alpha = 0.05$ ). The average dry matter yield along the three years for triticales was 2508 kg ha<sup>-1</sup> and for tricepiros 2007 kg ha<sup>-1</sup>. Triticales thus exceeded 25% the value obtained with tricepiros. The grain yield showed a differential behavior of the lines in each year of assessment. The average grain yield of triticales was, along the three years, 1945 kg ha<sup>-1</sup> and in the case of tricepiros, 1442 kg ha<sup>-1</sup>. The triticales grain yield exceeded 35% that of the tricepiros. For the materials evaluated, greater stability in forage yields than in grain production was found. Genetic improvement would have been more effective in triticales; however, lines of tricepiros with yields similar to those of the triticales have been detected.

**Keywords:** genotype x year interaction, yield components.

1 Tesistas de grado

2 Asistente Investigador

3 Profesor Asociado. Facultad Agronomía UNLPam CC300. 6300 Santa Rosa, La Pampa. Argentina. email: paccapelo@agro.unlpam.edu.ar

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de cereales forrajeros resulta un eslabón casi ineludible en las cadenas de pastoreo para dar continuidad a la producción forrajera en la época invernal cuando decae la productividad de las pasturas o pastizales (Covas, 1975).

La región pampeana subhúmeda seca y semiárida tiene sistemas de producción predominantes mixtos. Los inviernos son secos, con heladas frecuentes e intensas y una oferta forrajera deficiente y si bien han disminuido en su importancia, las gramíneas anuales de invierno ocupan no menos del 20% de la superficie (INDEC, 2002).

El triticale (*X Triticosecale* Wittmack) es un cereal interespecífico creado por el hombre, producto de la cruce de *Triticum* L. x *Secale* L. con la finalidad de obtener un cereal que reuniera la calidad del trigo con la rusticidad del centeno, y así poder cubrir una mayor área con un cultivo harinero (Covas, 1975).

En la actualidad, el panorama varietal de triticale se ha ampliado por el trabajo de mejoramiento realizados en el INTA y en las Universidades Nacionales de Córdoba y Río Cuarto (Amigone y Tomaso, 2006).

En la Argentina, los triticales se han difundido para uso forrajero en internada, recría y tambo tanto para pastoreo directo, henificado o como grano forrajero. Se han publicado numerosos trabajos de evaluación del rendimiento en forraje.

Di Nucci *et al.* (2004) evaluaron la producción de materia seca de 6 cultivares de triticale y 4 líneas experimentales del INTA Bordenave y la Universidad Nacional de Río Cuarto (Córdoba) en Paraná y Concepción del Uruguay. En Paraná, el promedio fue de 6,7 tn ha<sup>-1</sup> en el 2000 y 7,5 tn ha<sup>-1</sup> en 2001, mientras que en Concepción del Uruguay el promedio de ambos años fue de 4,3 tn ha<sup>-1</sup>.

Amigone *et al.* (2006) evaluaron triticales en 2002, 2003 y 2004 en la Estación Experimental Agropecuaria de Marcos Juárez y obtuvieron un rendimiento promedio de materia seca de 5839 kg ha<sup>-1</sup>.

Grassi *et al.* (2008) evaluaron la materia seca de 10 líneas experimentales de triticale forrajero de la Universidad Nacional de Río Cuarto, cuatro cultivares (Genú-UNRC, Quiñé, Tizné-UNRC y Yagán-INTA) y una línea de tricepiro en 2004 a 2007. El promedio general fue de 3810 kg ha<sup>-1</sup>. Los cultivares Quiñé-UNRC y Yagán-INTA resultaron ser los más estables en la producción de forraje.

Tomaso (2008) registró un promedio de materia seca de 5400 kg ha<sup>-1</sup> en tres años de ensayo en Bordenave (Buenos Aires).

En la producción de grano fue ampliamente evaluado en la región semiárida central. Cardozo *et al.* (2005) registraron el rendimiento de 39 introducciones de triticale y seis testigos en Río Cuarto (Córdoba). La proyección del testigo de

mayor rendimiento fue de 1055 kg ha<sup>-1</sup> mientras que el de menor rendimiento fue de 400 kg ha<sup>-1</sup>. En ensayos previos, estos cultivares rindieron entre 2000 y 3000 kg ha<sup>-1</sup> (Grassi *et al.*, 2003, 2004).

Di Santo *et al.* (2005) analizaron cinco cultivares de la Universidad Nacional de Río Cuarto (Cayú, Genú, Ñincá, Quiñé y Tizné) durante 2004 y 2005. Como promedio general, obtuvieron 231,67 (120,12 a 310,6) espigas por m<sup>2</sup> y 1670 kg ha<sup>-1</sup> en el rendimiento de grano.

Ramacciotti *et al.* (2010) en Córdoba, obtuvieron un rendimiento promedio de grano en triticales forrajeros de 1551 kg ha<sup>-1</sup> y 2508 kg ha<sup>-1</sup> para triticales con uso granífero.

Denaro *et al.*, (2010) analizaron en Río Cuarto la producción de grano y estabilidad de 23 líneas experimentales de triticale durante 2004, 2007, 2008 y 2009 conjuntamente con Santa Rosa (La Pampa) en 2006, 2008 y 2009. El promedio fue de 918,9 kg ha<sup>-1</sup>.

Otra alternativa invernal, mucho más nueva, la constituyen los tricepiros. "Tricepiro" es el nombre vulgar aplicado por Covas (1976) a las combinaciones trigénicas obtenidas a través de cruzamientos entre triticales (*Triticum* L. x *Secale* L.) y trigopiros (*Triticum* L. x *Thinopyrum* Á. Löve). Los tricepiros son motivo de investigación y desarrollo por las potenciales recombinaciones que pueden ofrecer y su rusticidad y productividad (Frecentese y Covas, 1985; Paccapelelo *et al.*, 2004); Pochettino *et al.*, 2007).

Se han logrado nuevos tricepiros y evaluado su producción forrajera. Tosso *et al.* (1997) evaluaron el rendimiento de materia seca de líneas experimentales de tricepiro y encontraron en Santa Rosa un promedio de 1563 kg ha<sup>-1</sup>.

En ensayos realizados desde 1983 a 1995, en localidades de las provincias de La Pampa y Buenos Aires, la producción de materia seca del tricepiro Don René INTA osciló entre los 5000 kg ha<sup>-1</sup> y 6000 kg ha<sup>-1</sup> (Ruiz *et al.*, 2001).

Ruiz *et al.* (2007) evaluaron líneas experimentales de tricepiros en la EEA (INTA) Anguil obteniendo un promedio de 4177 kg MS ha<sup>-1</sup> en secano y 6509 kg MS ha<sup>-1</sup> bajo riego. Los tricepiros fueron intermedios entre el progenitor triticale y el trigopiro.

El tricepiro presenta estabilidad de la producción con un rendimiento mínimo de 3500 kg ha<sup>-1</sup> de materia seca y un comportamiento intermedio entre triticale y trigopiro (Coraglio *et al.* 1998). Mombelli y Spada (1992) en el INTA Manfredi (Córdoba) obtuvieron una producción de materia seca de 2943 kg ha<sup>-1</sup> para tricepiro, como sumatoria de tres cortes y de 4151 kg ha<sup>-1</sup> para triticale.

Se lo ha evaluado en la producción de grano (Ruiz *et al.*, 2007) y se continúa la selección (Scaldeferro *et al.*, 2001; Grassi *et al.*, 2001b; Magnabosco *et al.*, 2001; Funaro *et al.*, 2002).



El objetivo del presente trabajo fue evaluar, en función de la interacción genotipo x año, los rendimientos de forraje y grano de germoplasma experimental de triticale y tricepiro para doble propósito (pasto y grano) con la finalidad de detectar líneas más productivas y estables en ambas producciones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se condujo en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa ubicado a 36° 46' de latitud Sur y 64° 17' longitud Oeste a 210 msnm (metros sobre el nivel del mar) durante 2008, 2009 y 2010. El suelo se caracteriza como un Haplustol éntico, franco-arenoso con una profundidad de 110 cm, debido a la presencia de una costra calcárea (tosca). Los lotes provenían de una rotación de cuatro años con forrajeras gramíneas y leguminosas con un contenido de: 2,5% de Materia Orgánica, 21,7 ppm de Fósforo asimilable y 29,49 ppm de N-NO-3 en los primeros 0,40 m de suelo (Coldeira y Ruggiero, 2011).

## Ensayo para la evaluación de forraje

Los genotipos evaluados se presentan en la tabla 1 en donde se describe su procedencia. La siembra se realizó en un sistema convencional y con máquina de precisión el 15 de marzo (2008), 25 de marzo (2009) y 9 de abril (2010) a razón de 250 semillas viables por m<sup>2</sup> con buen perfil de humedad edáfica en los tres años de evaluación producto de las lluvias de enero, febrero y marzo (figura 1).

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental consistió de siete surcos de 5,50 m de largo y una separación entre surcos de 20 cm (7,70 m<sup>2</sup>) de los cuales se cosecharon los 5 m<sup>2</sup> centrales con motosegadora manual. El forraje cortado en cada parcela se pesó en el campo y se tomó una submuestra que fue secada hasta peso constante para determinar el contenido de materia seca (AOAC, 1990). Los cortes se realizaron a 6 cm del suelo, cada vez que los participantes alcanzaron una altura promedio de 25 cm. Los datos se proyectaron a rendimiento por unidad de superficie (kg ha<sup>-1</sup>).

Genotipo	Especie	Procedencia	Tipo de producción
1.C94/404	Triticale	CIMMYT (México)	Pasto-Grano
2.C94/510	Triticale	CIMMYT (México)	Pasto-Grano
3.C94/528	Triticale	CIMMYT (México)	Pasto-Grano
4.C95/140	Triticale	CIMMYT (México)	Pasto-Grano
5.C95/8	Triticale	CIMMYT (México)	Pasto-Grano
6.C95/28	Triticale	CIMMYT (México)	Pasto-Grano
7.C95/46	Triticale	CIMMYT (México)	Pasto-Grano
8.C95/68	Triticale	CIMMYT (México)	Pasto-Grano
9.C95/88	Triticale	CIMMYT (México)	Pasto-Grano
10.LF65 x Herovitz /2	Tricepiro	CIMMYT (México)	Pasto-Grano
11. LF65 x Herovitz /4	Tricepiro	CIMMYT (México)	Pasto-Grano
12.Lasko x Herovitz /11	Tricepiro	CIMMYT (México)	Pasto-Grano
13.TCP LP 114	Tricepiro	UNLPam (Argentina)	Pasto-Grano
14.TCP LP 117	Tricepiro	UNLPam (Argentina)	Pasto-Grano
15. Genú	Triticale	UNRC (Argentina)	Pasto-Grano
16.Tizne	Triticale	UNRC (Argentina)	Pasto-Grano
17.Yagán	Triticale	UNRC (Argentina)	Pasto-Grano
18.Don René INTA	Tricepiro	INTA Anguil(Argentina)	Pasto-Grano
19.Genú HA	Triticale	UNRC (Argentina)	Pasto-Grano
20. TCP3/40-50	Tricepiro	UNLPam (Argentina)	Pasto-Grano
21.TCP LP 115	Tricepiro	UNLPam (Argentina)	Pasto-Grano
22.TCP LP 116	Tricepiro	UNLPam (Argentina)	Pasto-Grano

Referencias: CIMMYT: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo  
 UNRC: Universidad Nacional de Río Cuarto (Córdoba)  
 UNLPam: Universidad Nacional de La Pampa  
 INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

**Tabla 1.** Procedencia y tipo de producción de líneas de triticales y tricepiros.

**Ensayo para la evaluación de grano**

Los genotipos evaluados y la duración de su ciclo de producción se describen en la tabla 2. Las parcelas fueron de igual tamaño y con el mismo diseño experimental que en el ensayo de forraje. La siembra fue el 20 de junio (2008), 17 de junio (2009) y el 9 de junio (2010) a una densidad de 250 plantas m<sup>-2</sup> con escasa humedad edáfica en 2008 y suficiente para el crecimiento del cultivo en 2009 y 2010, especialmente en éste último año (figura 1). La cosecha se realizó manualmente a madurez comercial.

Se registraron las siguientes variables:

Rendimiento de grano por parcela: sobre una muestra de 5 m<sup>2</sup>. Se proyectó a rendimiento por unidad de superficie (kg ha<sup>-1</sup>).

Número de espigas por metro cuadrado: sobre una muestra de un metro lineal y luego se convirtió a un metro cuadrado.

Número de granos por espiga: sobre una muestra al azar de 10 espigas por repetición.

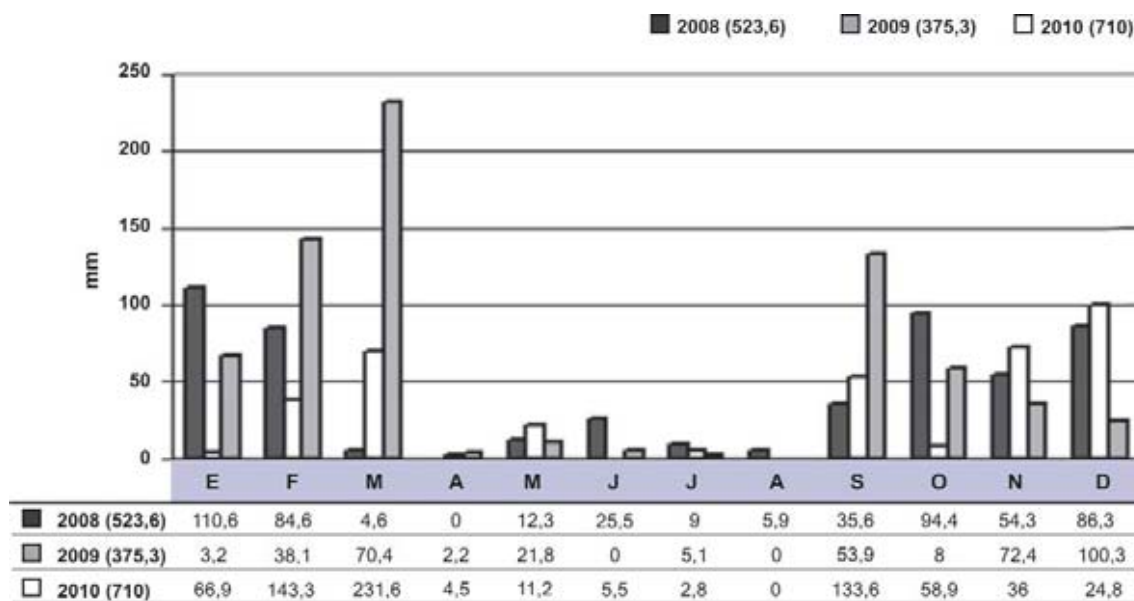


Figura 1. Precipitaciones durante los años 2008 a 2010 en Santa Rosa, La Pampa.

Genotipo	Especie	Procedencia	Duración ciclo evolutivo (días)	
			Siembra-Floración	Floración- Madurez
1. C94/404	Triticale	CIMMYT (México)	139	29
2. C94/510	Triticale	CIMMYT (México)	134	31
3. C94/528	Triticale	CIMMYT (México)	137	38
4. C95/140	Triticale	CIMMYT (México)	139	36
5. C95/8	Triticale	CIMMYT (México)	134	30
6. C95/28	Triticale	CIMMYT (México)	145	36
7. C95/46	Triticale	CIMMYT (México)	136	38
8. C95/68	Triticale	CIMMYT (México)	145	30
9. C95/88	Triticale	CIMMYT (México)	137	34
10. LF65 x Herovitz /2	Tricepiro	CIMMYT (México)	145	30
11. LF65 x Herovitz /4	Tricepiro	CIMMYT (México)	143	30
12. Lasko x Herovitz /11	Tricepiro	CIMMYT (México)	153	30
13. TCP LP 114	Tricepiro	UNLPam (Argentina)	145	33
14. TCP LP 117	Tricepiro	UNLPam (Argentina)	143	34

15. Genú	Triticale	UNRC (Argentina)	145	30
16. Tizne	Triticale	UNRC (Argentina)	145	31
17. Yagán	Triticale	UNRC (Argentina)	145	34

Referencias: CIMMYT: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo  
UNRC: Universidad Nacional de Río Cuarto (Córdoba)  
UNLPam: Universidad Nacional de La Pampa

**Tabla 2.** Procedencia y duración del ciclo productivo de líneas de triticales y tricepiros.

Peso de 1000 granos (g): promedio de 10 muestras de 100 granos cada una.

Peso Hectolítrico (kg hL<sup>-1</sup>): peso promedio corregido de los granos contenidos en una probeta de 100 mililitros sobre cinco repeticiones.

Se analizó la interacción genotipo x ambiente y la separación de medias utilizando la prueba de Diferencias Mínimas Significativas al 0,05%. Se realizó un análisis de componentes principales con los valores de las variables de producción de forraje y grano y se describió un biplot con los genotipos evaluados utilizando el software Infostat (2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3 se detalla la significancia estadística del análisis de varianza conjunto. Los coeficientes de variación no resultaron altos para investigación realizada a campo lo que indicaría que no hay variaciones importantes en las variables analizadas.

### Evaluación de la producción de forraje

La falta de significancia estadística para la materia seca total del ciclo productivo (kg ha<sup>-1</sup>) indicaría que las diferencias de los rendimientos de las líneas experimentales en los tres años se mantienen y se pueden caracterizar con su valor promedio.

La tabla 4 muestra los rendimientos de materia seca (kg MS ha<sup>-1</sup>) de los participantes. El promedio del rendimiento de los triticales fue un 25% superior al de los tricepiros (2508,7 vs. 2007,3 kg ha<sup>-1</sup>). Las líneas C95/46, C95/68,

Genú HA, C94/404, C95/88 y C95/8 superaron al testigo de mayor rendimiento (Tizné-UNRC) mientras que en los tricepiros la línea 3/40-50 y Lasko x Horovitz/4 superaron al testigo Don René INTA.

El promedio de materia seca obtenido en los triticales resultó inferior a los registrados en otras regiones del país. Así se desprende de los resultados obtenidos en la provincia de Córdoba (Amigone *et al.*, 2006; Grassi *et al.*, 2008), en Buenos Aires (Tomaso, 2008) y Entre Ríos (Di Nuccci *et al.*, 2006).

El promedio obtenido en los tricepiros fue superior a una evaluación previa en Santa Rosa (Tosso *et al.*, 1997) pero inferior a las evaluaciones realizadas en Anguil (Ruiz *et al.*, 2001; 2007).

El análisis comparativo de la producción de forraje de ambos cereales en este estudio coincide con publicaciones previas en las que la producción de materia seca total de los triticales aventaja a la de los tricepiros.

### Evaluación de la producción de grano

La existencia de interacción genotipo x ambiente indicaría que las diferencias entre participantes no se mantienen en los años evaluados y amerita un análisis para cada año. En las tablas 5, 6 y 7 se muestran los valores registrados en las campañas 2008, 2009 y 2010, respectivamente.

En el número de espigas por m<sup>2</sup> sólo la línea 3 superó el promedio para los tres años de evaluación. Para grano por espiga las líneas 3, 4, 7 y 9 resultaron estadísticamente superiores en 2009 y 2010. En el peso de 1000 granos las líneas 1 y 11 superaron al promedio en los tres años

Variables	Interacción genotipo por año	Genotipos	Años	Coefficiente de Variación (%)
Espigas m <sup>-2</sup>	1,97 **	1,51 ns	136 **	24,7
Granos por espiga	2,21**	4,71**	71 **	23,6
Peso 1000 granos	2,26 **	6,37 ns	367**	14,0
Peso Hectolítrico (kg hL <sup>-1</sup> )	2,45 **	9,76 **	67 **	6,7
Rendimiento de grano(kg ha <sup>-1</sup> )	2,27**	5,07**	543**	21,0
Rendimiento de materia seca (kg ha <sup>-1</sup> )	1,40 ns	1,01 ns	255**	22,9

n.s.: no significativa    \*: significativa (p<0,05)    \*\*: altamente significativa (p<0,01)

**Tabla 3.** Significancia estadística de la evaluación de triticales y tricepiros en Santa Rosa de 2008 a 2010.



Genotipo	Materia Seca (kg ha <sup>-1</sup> )			
	Primer corte	Segundo corte	Tercer corte	Total
<i>Triticales</i>				
1.C94/404	1384,2 ab	973,2 ab	508,9	2866,2 ab
2.C94/510	1150,6 ab	751,3 ab	451,3	2353,2 ab
3.C94/528	970,2 ab	276,5 c	491,2	1737,9 abc
4.C95/140	969,3 ab	1109,8 a	479,2	2558,3 ab
5.C95/8	1349,8 a	931,9 ab	440,3	2722,0 ab
6.C95/28	892,6 ab	960,0 ab	359,0	2211,6 ab
7.C95/46	1429,0 a	1039,0 ab	497,0	2965,0 a
8.C95/68	1415,4 a	976,0 ab	551,0	2942,4 a
9.C95/88	1117,0 ab	1059,0 ab	506,0	2682,0 ab
15. Genú	1054,0 ab	731,0 ab	367,0	2152,0 abc
16.Tizne	972,0 ab	1242,0 a	386,0	2600,0 ab
17.Yagán	800,0 abc	780,0 ab	469,0	2049,0 abc
19.Genú HA	1034,0 ab	1176,0 a	668,0	2878,0 a
<b>Promedio</b>	<b>1110,0</b>	<b>923,5</b>	<b>474,9</b>	<b>2508,4</b>
<b>Desvío estándar</b>	<b>219,5</b>	<b>105,3</b>	<b>82,0</b>	<b>396,4</b>
<i>Tricepiros</i>				
10.LF65 x Herovitz /2	716,6 abc	834,6 ab	483,1	2034,3 abc
11. LF65 x Herovitz /4	1069,0 ab	726,0 ab	389,0	2184,0 ab
12.Lasko x Herovitz /11	815,0 ab	698,0 abc	442,0	1955,0 abc
13.TCP LP 114	713,8 abc	725,0 ab	422,0	1860,8 abc
14.TCP LP 117	848,6 abc	714,0 ab	449,0	2011,6 abc
18.Don René INTA	635,0 c	919,0 ab	509,0	2063,0 abc
20. TCP3/40-50	758,0 abc	781,0 ab	660,0	2199,0 ab
21.TCP LP 115	833,0 abc	734,0 ab	440,0	2007,0 bc
22.TCP LP 116	533,0 c	684,0 abc	535,0	1752,0 c
<b>Promedio</b>	<b>769,1</b>	<b>757,2</b>	<b>481,0</b>	<b>2007,3</b>
<b>Desvío estándar</b>	<b>150,8</b>	<b>75,8</b>	<b>80,5</b>	<b>163,0</b>

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas DMS ( $p < 0,05$ )

Tabla 4. Rendimiento de materia seca (kg ha<sup>-1</sup>) de triticales y tricepiros evaluados en Santa Rosa (La Pampa) durante 2008-2010.

Genotipo	Número de Espigas por m <sup>2</sup>	Número de Granos por espiga	Peso 1000 granos (g)	Rendimiento Grano (kg ha <sup>-1</sup> )	Peso hectolitrico (kg hL <sup>-1</sup> )
1- C 94/404	169,3	38,0 bc	28,6	1151,2 ab	68,3 ab
2- C94/510	140,8	35,1 bcd	25,3	979,6 abcde	70,3 ab
3-C 94/528	183,9	36,3 bcd	27,3	891,7 abcde	71,6 ab
4- C 95/140	154,1	30,5 cd	28,6	836,6 abcde	69,0 ab
5- C 95/8	136,7	28,8 de	26,0	652,1 bcde	55,9 bc
6- C 95/28	123,4	35,8 bcd	30,3	1093,7 ab	74,9 a
7- C 95/46	151,7	34,4 cd	25,3	1186,2 a	64,4 ab
8- C 95/68	170,8	35,9 bcd	18,0	861,7 bcde	58,4 bc
9- C 95/88	117,9	36,6 bcd	24,0	649,6 bcde	66,3 ab
10- LF 65 X HOROVITZ/2	194,6	44,8 ab	21,3	755,8 abcde	59,4 bc
11- LF 65 X HOROVITZ/4	173,7	32,4 cd	24,0	870,8 abcde	61,6 ab
12- LASKO X HOROVITZ/11	141,2	39,0 bc	12,6	380,4 bcde	54,4 bc
13- TCP LP 114	185,8	30,4 cd	20,0	435,0 bcde	58,0 bc
14- TCP LP 117	145,0	33,9 cd	20,6	560,8 bcde	54,7 bc
15- GENÚ-UNRC	196,2	47,1 a	18,0	718,8 abcde	64,1 ab
16- TIZNÉ-UNRC	167,5	35,2 bcd	24,0	1049,2 abc	56,4 bc

<b>17- YAGÁN-INTA</b>	192,9	26,1 de	18,6		1145,3 ab	42,7 cd
<b>Promedio</b>	161,5	35,3	22,9		951,3	61,79
<b>Promedio general</b>					775,9	
<b>Desvío estándar</b>	24,9	5,0	4,8		252,4	8,0

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas DMS ( $p < 0,05$ )

**Tabla 5.** Rendimiento de grano y componentes en Triticales y Tricepiros en Santa Rosa (La Pampa) durante el ciclo 2008.

evaluados. En el peso hectolítrico sólo la línea 6 tuvo una ventaja estadística en los tres años.

El rendimiento de grano en la campaña 2008 muestra que las líneas 7, 1, Yagán-UNRC, 6, Tizné-UNRC, 2, 3, 11, 4, 10 y Genú-UNRC presentaron superioridad estadística. Los triticales superaron en un 58% el rendimiento de los tricepiros. Las escasas precipitaciones influyeron en el cultivo desde el momento de la siembra afectando el crecimiento y, aún cuando las lluvias de octubre fueron importantes, no alcanzó a compensar el déficit de los meses previos (tabla 5).

Para el ciclo 2009 el rendimiento promedio de grano de triticale sólo fue un 4% mayor que el de tricepiro. Se destacaron la línea 4 de triticale y 10 y 11 de tricepiros. Al igual que el año anterior, el déficit hídrico afectó el desarrollo del cultivo (tabla 6).

La tabla 7 muestra para la campaña 2010 que en el rendimiento de grano las líneas 3, 2, 4, 5, 7, 9 y 11 superaron estadísticamente al resto. El rendimiento promedio de triticale fue un 36% mayor al promedio de tricepiro. Las condiciones hídricas fueron muy buenas permitiendo un

crecimiento óptimo del cultivo y también durante el desarrollo de los granos y llenado de los mismos, lo cual permitió manifestar un elevado potencial productivo en los participantes.

Los valores de rendimiento de grano de triticale y tricepiro en este estudio muestran un amplio rango de variación acorde a las precipitaciones ocurridas durante el ciclo de cultivo. Los valores publicados en la localidad de Río Cuarto (Córdoba) para el rendimiento de grano en líneas de mejoramiento de triticale, entre las que se encontraban las incorporadas en el presente estudio, fueron similares a las determinadas en Santa Rosa (Grassi *et al.*, 2003,2004; Cardozo *et al.*, 2005; Denaro *et al.*, 2010). En Córdoba se mencionan rendimientos de grano en líneas seleccionadas por aptitud granífera inferiores a las obtenidas en este estudio para años de buena disponibilidad hídrica (Ramacciotti *et al.*, 2010).

#### Análisis de componentes principales

En la tabla 8 se muestra el aporte de las variables analizadas para las dos primeras componentes principales. La Componente Principal 1 (CP1) estaría definida por Grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), Peso Hec-

Genotipo	Número de Espigas por $\text{m}^2$	Número de Granos por espiga	Peso 1000 granos (g)	Rendimiento Grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Peso hectolítrico ( $\text{kg hL}^{-1}$ )
1- C 94/404	137,0	12,7 hij	22,8	410,0 ghij	62,1 cdef
2- C94/510	178,3	25,0 bcdef	15,3	711,6 defgh	64,1 bcde
3- C 94/528	225,0	31,5 abcd	14,6	915,0 cdef	64,2 bcd
4- C 95/140	215,0	34,8 abc	17,1	1196,6 abc	65,9 bc
5- C 95/8	125,0	27,0 bcdefg	14,6	476,6 fghij	60,5 defg
6- C 95/28	196,7	17,7 fghi	23,6	805,0 cdefg	71,9 a
7- C 95/46	185,0	34,0 abc	15,5	973,3 cde	65,5 bc
8- C 95/68	110,0	20,1 efgh	21,9	476,6 fghij	58,2 fgh
9- C 95/88	155,0	34,8 abc	16,5	846,6 cdefg	65,7 bc
10- LF 65 X HOROVITZ/2	161,7	22,0 defgh	23,5	1015,0 abcd	59,1 fgh
11- LF 65 X HOROVITZ/4	215,0	37,1 a	20,7	1656,6 a	65,2 bc
12- LASKO X HOROVITZ/11	140,0	16,2 ij	13,8	150,0 ij	56,0 h
13- TCP LP 114	140,0	20,2 ij	14,1	130,0 ij	60,0 efgh
14- TCP LP 117	126,7	16,2 ghij	15,5	320,0 hij	57,1 gh
15- GENÚ-UNRC	155,0	20,6 defgh	16,3	526,6 efghij	66,0 bc
16- TIZNÉ-UNRC	100,0	29,0 abcde	22,4	653,3 defgh	63,5 cde
17- YAGÁN-INTA	105,0	5,33 j	15,2	175,0 ij	56,0 h
<b>Promedio</b>	162,1	23,8	20,6	680,5	62,9
<b>Promedio general</b>				667,5	
<b>Desvío estándar</b>	49,2	11,2	5,3	466,3	4,5

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas DMS ( $p < 0,05$ )

**Tabla 6.** Rendimiento de grano y componentes en triticales y tricepiros en Santa Rosa (La Pampa) durante el ciclo 2009.

Genotipo	Número de Espigas por m <sup>2</sup>	Número de Granos por espiga	Peso 1000 granos (g)	Rendimiento Grano (kg ha <sup>-1</sup> )		Peso hectolitrico (kg hL <sup>-1</sup> )
1- C 94/404	316,6	39,8 cde	39,4	3813,1 bcdefg		71,4 bcdef
2- C94/510	276,7	35,1 de	36,1	4880,5 abc		75,5 ab
3-C 94/528	343,3	46,0 abcd	44,4	5563,9 a		73,8 abc
4- C 95/140	310,0	45,3 abcd	38,3	4780,5 abcd		74,8 ab
5- C 95/8	293,3	54,2 a	40,6	4627,7 abcde		73,6 abc
6- C 95/28	303,3	38,6 de	38,7	4477,8 abcdef		76,8 a
7- C 95/46	330,0	44,8 abcd	31,3	4591,6 abcdef		67,0 fghi
8- C 95/68	321,6	39,6 de	33,4	3823,6 bcdefgh		69,5 cdefgh
9- C 95/88	301,6	51,2 abc	36,2	4236,1 abcdef		68,5 defgh
10- LF 65 X HOROVITZ/2	255,0	34,5 de	36,2	2538,9 gh		70,3 cdefg
11- LF 65 X HOROVITZ/4	250,0	41,6 bcde	39,5	4091,7 abcdefg		69,9 cdefgh
12- LASKO X HOROVITZ/11	415,0	32,5 e	31,1	3026,3 fgh		66,0 ghi
13- TCP LP 114	355,0	32,2 e	33,5	2498,8 h		68,4 defghi
14- TCP LP 117	285,0	40,0 cde	39,3	3212,5 defgh		69,2 defghi
15- GENÚ-UNRC	220,0	42,2 bcde	34	3286,1 defgh		72,3 bcd
16- TIZNÉ-UNRC	231,6	34,7 de	37,9	3189,4 efgh		61,8 defghi
17- YAGÁN-INTA	375,0	39,3 cde	33,4	3179,1 efgh		73,8 abc
Promedio				4204,1	3073,6	
Promedio general	307,9	41,3	35,8	3638,8		70,3
Desvio estándar	79,5	7,8	4,4	1178,5		3,9

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas DMS (p < 0,05)

Tabla 7. Rendimiento de grano y componentes en triticales y tricepiros en Santa Rosa (La Pampa) durante 2010.

Variable	CP1	CP2
Grano (kg ha <sup>-1</sup> )	-0,94	0,05
MS (kg ha <sup>-1</sup> )	-0,17	-0,73
Espigas m <sup>2</sup>	-0,11	0,76
Granos espiga	-0,80	-0,30
Peso 1000 (g)	-0,80	0,03
PH (kg hL <sup>-1</sup> )	-0,89	0,23

Tabla 8. Correlaciones de los autovectores con las variables originales de líneas experimentales de triticales y tricepiros en Santa Rosa (La Pampa) de 2008 a 2010.

tolítrico, Granos por espiga, y Peso 1000 granos en forma negativa. La Componente Principal 2 (CP2) en forma positiva por Espigas m<sup>2</sup> y Materia Seca (kg ha<sup>-1</sup>) en forma negativa.

En la figura 2 se muestra el biplot correspondiente al análisis de componentes principales. El plano conformado por las dos primeras componentes principales explica un 73% de la variabilidad total. Se considera un porcentaje adecuado como para representar confiablemente las relaciones entre los casos y las variables analizadas (Arroyo *et al.*, 2005).

Respecto a la ubicación de los genotipos en el biplot se observa que la línea 5 de triticales se asocia a la variable Materia Seca (kg ha<sup>-1</sup>) mientras que las líneas 2 (triticales) y 11 (tricepiro) lo hacen a Rendimiento de Grano (kg ha<sup>-1</sup>) y las líneas 6 y 4 a Peso Hectolítrico (kg hL<sup>-1</sup>).

Las líneas 7 y 1 aportarían buen rendimiento de forraje y grano simultáneamente y por ello serían candidatas a seleccionarse. En la figura se ubican entre ambas variables de producción.

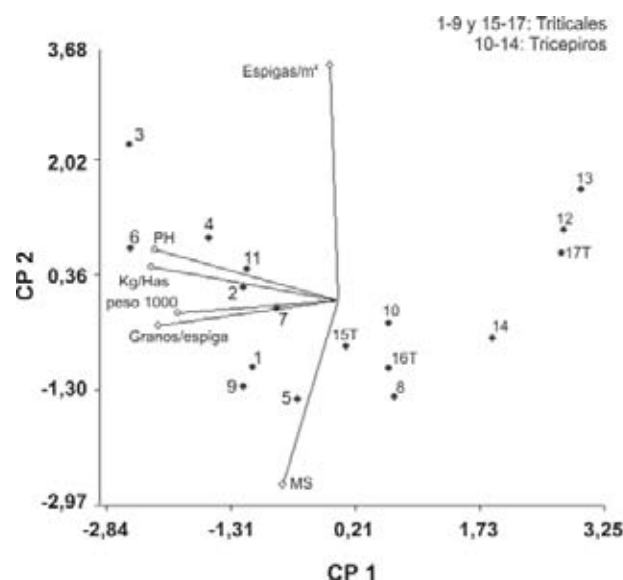


Figura 2. Biplot para los dos primeros componentes principales de triticales y tricepiros en Santa Rosa (La Pampa) durante los ciclos de cultivo 2008-2010.



## CONCLUSIONES

Para los materiales evaluados se evidenció una mayor estabilidad en los rendimientos de forraje que en la producción de granos. La mejora genética habría sido más efectiva en triticales. No obstante, se han detectado líneas de tricepiro con rendimientos similares a triticales.

La selección destinada a un aprovechamiento forrajero de los triticales y tricepiros, pudo haber limitado en una primera instancia su potencial granífero. Sin embargo, la tendencia actual a la estabulación de los animales bovinos hace necesario formular objetivos de mejoramiento que contemplen la elección de materiales graníferos.

## BIBLIOGRAFÍA

- AMIGONE, M.A.; KLOSTER, A.M.; BERTRAM, N. 2006. Producción de forraje en el área de Marcos Juárez. (www.engormix.com. Verificado: 05 de abril de 2006).
- AMIGONE M.A.; TOMASO, J.C. 2007. Principales características de especies y cultivares de verdeos invernales. Información para Extensión. N.º 103 INTA Marcos Juárez 11 p.
- AOAC, 1990. Official methods of analysis (15th Ed). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA.
- ARROYO, A.; BALZARINI, M.; BRUNO, C.; DI RIENZO, J. 2005. Árboles de expansión mínimos: ayudas para una mejor interpretación de ordenaciones en bancos de germoplasma. Inter-ciencia. ISSN 0378-1844 Vol. 30 N.º 9:550-554.
- CARDOZO, M.; GRASSI, E.; SZPINIAK, B.; FERREIRA, V. 2005. Selección de introducciones de triticale para doble propósito. Rev. UNRC. 25(2):109-123.
- COLDEIRA, A. S.; RUGGIERO, A. C. 2011. Relación entre la morfología de trigo pan (*Triticum aestivum* L.) en floración y el rendimiento de grano. Tesis de Grado. En: Biblioteca de la Facultad de Agronomía de la UNLPam.
- CORAGLIO, J.C.; VIERYRA, C.A.; CASANOVES, F.; CAPONI, L. 1998. Estabilidad de la producción de triticale, tricepiro y trigo-piro en el centro de la provincia de Córdoba. Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 18. Sup. 1. Pág. 132.
- COVAS, G. 1975. Triticales y trigopiros para la región semiárida pampeana. Informativo Técnico Agropecuario para la Región Semiárida Pampeana. 65:6-8.
- COVAS, G. 1976. Tricepiro, un nuevo verdeo sintético que involucra al trigo, centeno y agropiro. Informativo Técnico Agropecuario para la Región Semiárida Pampeana. 68:5
- DENARO, F.; FERREIRA, A.; CASTILLO, E.; GRASSI, E.; PACCAPELO, H.; FERREIRA, V. 2010. Producción de grano forrajero y estabilidad en líneas de triticale. Jornadas de Mejoramiento Genético de Forrajeras. Llavallol, 9 y 10 de septiembre de 2010. Libro de Actas. Pág. 118.
- DI NUCCI DE BEDENDO, E.; DE BATTISTA, J.; DÍAZ, M.; COSTA, M.; FORMENTO, N. 2004. Evaluación de genotipos de triticale en dos localidades de Entre Ríos. VI Cong. Nac. Trigo y IV Simp. Nac. de Cereales de siembra otoño-invernal. Actas en CD.
- DI SANTO, H.; POCHETTINO, C.; GRASSI, E.; SZPINIAK, B.; FERREIRA, V. 2005. Efecto del cultivar, densidad de siembra y fertilización nitrogenada sobre la producción de semilla de triticale forrajero. 28.º Congreso de Producción Animal. Bahía Blanca, 19 al 21 de octubre.
- FRECENTESE, M. Y COVAS, G. 1985. Comportamiento de nuevos verdeos en la región pampeana semiárida. Informativo de Tecnología Agrop. para la Reg. Semiár. Pampeana 82:2-4.
- FUNARO, D.O.; MELIS, O.A.; PACCAPELO, H.A. 2002. Evaluación de genotipos de triticales y tricepiros en Santa Rosa (La Pampa). VIII Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales. Actas: 123-125. Santa Rosa.
- GRASSI, E.; CROATTO, D.; MAGNOBOSCO, G.; REYNOSO, L.; SZPINIAK, B.; FERREIRA, V. 2001b. Rendimiento de materia seca en líneas de tricepiro en Río Cuarto, Córdoba. V Cong. de Trigo / III Simp. Nacional Cereales de Siembra Otoño-Invernal. Actas s/ paginar Panel 26. Carlos Paz, Córdoba.
- GRASSI, E.; REYNOSO L.; ODORIZZI, A.; SZPINIAK, B.; FERREIRA, V. 2003. Producción de semilla en triticales forrajeros con riego suplementario en Río Cuarto, Córdoba. Rev. UNR-Cuarto 23 (1-2):49-57.
- GRASSI, E.; ODORIZZI, A.; REYNOSO, L.; SZPINIAK, B.; FERREIRA, V. 2004. Producción de semilla en triticales forrajeros. Efecto de diferentes prácticas agronómicas. Rev. de la UNRC. 24(1-2):43-56.
- GRASSI, E.; FERREIRA, A.; CASTILLO, E.; GANUM GORRIZ, M. J.; FERREIRA, V. 2008. VII Congreso Nacional de Trigo. V Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño Invernal. Santa Rosa (La Pampa). 2-4 de Julio. Actas en CD.
- INDEC, 2002. Encuesta Nacional Agropecuaria 2001. Min. Economía, B. Aires.
- INFOSTAT. 2002. versión 1.1. Manual del usuario. Grupo Infostat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba.
- MAGNOBOSCO, G.; SZPINIAK, B.; GRASSI, E.; FERREIRA, V. 2001. Avance por selección de la fertilidad en cruza de triticale x tricepiro. XXX Cong. Arg. Genética / IV Jorn. Argentino Uruguayas de Genética. JBAG 14 (2) Supplement:197. Mar del Plata, Argentina.
- MOMBELLI, J.C.; SPADA, M.C. 1992. ¿Cuánto rinden los verdeos de invierno?. Hoja Informativa para Ganaderos N.º 577. INTA Manfredi. Pág. 8 y 9.
- PACCAPELO, H. A.; FUNARO, D. O.; MAC CORMICK, T. B.; MELIS, O. A. 2004. Rendimiento de grano y sus componentes en cereales sintéticos (tricepiros y triticales). Revista Facultad de Agronomía de la UNLPam. Vol 15 (1/2): 3-8.
- POCHETTINO, C.; GRASSI, E.; FERREIRA, V. 2007. Variación fenotípica y elección de líneas en tricepiro. XXXVI Congreso de la Soc. Arg. de Genética, Pergamino.
- RAMACCIOTTI, J.; RAMPO, M.; SARTORI, J.; MAICH, R. H. 2010. Triticale para grano, opción de bajo costo en ambientes con poco agua. La voz del campo. Córdoba. (www.lavoz.com.ar. Verificado: 02 de julio de 2010).
- RUIZ, M. DE LOS A.; PACCAPELO, H. A.; COVAS, G. F. 2001. Tricepiro: una planta con múltiples aplicaciones. Boletín de divulgación técnica 71: 28-34.
- RUIZ, M. DE LOS A.; GOLBERG, A. D.; MARTINEZ, O. 2007. Limitación hídrica y producción de forraje y semilla de variedades de tricepiro, triticale y trigopiro. Revista Argentina de Producción Animal. Vol 27 Supl. 1. 188-189.
- SCALDAFERRO, M. 2001. Citogenética y fertilidad en tricepiro (triticale x trigopiro). Trabajo Final Lic. en Genética. Facultad Ciencias Naturales, UN Misiones.
- TOMASO, J. C. 2008. Cereales Forrajeros de invierno: Producción de Materia Seca, Manejo del Cultivo, Curvas de Producción. INTA Bordenave. (www.engormix.com. Verificado: 21 de octubre de 2008).
- TOSSO, H.; PACCAPELO, H. A.; COVAS, G. F. 1997. Caracterización de líneas avanzadas de tricepiro. II. Productividad de forraje, producción de grano y evaluación de componentes de rendimiento. RIA. Vol. 28 (1): 47-54.

# Caracterización taxonómica y análisis de la variabilidad del agente causal del cancro del tallo de la soja en Buenos Aires (2005/2007)

GRIJALBA, P. E.<sup>1</sup>; RIDAO, A. DEL C.<sup>2</sup>; GUILLIN, E.<sup>3</sup>

## RESUMEN

El complejo *Diaporthe/Phomopsis* es un importante grupo de hongos patógenos de la soja. Dentro del mismo, *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* es uno de los agentes causales del cancro del tallo. Veintitrés aislamientos de este hongo, provenientes de diferentes zonas geográficas de la provincia de Buenos Aires, fueron caracterizados morfológicamente y genéticamente. Los criterios morfológicos fueron tipo y color de micelio; formación del teleomorfo y/o del anamorfo. La identificación molecular fue llevada a cabo utilizando una técnica de restricción de fragmentos de amplificación (PCR-RFLP) de la región ITS de ADN ribosomal. Adicionalmente, los productos de amplificación fueron secuenciados y comparados con la información de bancos de datos. Los aislamientos presentaron características morfológicas y patogénicas propias de la variedad, y los patrones de restricción con la enzima Alu I fueron concordantes con la identificación morfológica y con la información de secuencias disponibles. Las reconstrucciones filogenéticas apoyan la idea de que *D. meridionalis* y *D. caulivora* son entidades biológicamente aisladas. Los resultados obtenidos confirmaron la utilidad del uso del método de PCR-RFLP para la identificación precisa y rápida de *D. caulivora*. Por sus características, este método puede ser implementado para análisis de rutina en laboratorios de pequeña y mediana escala.

**Palabras clave:** *Glycine max*, *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*, PCR-RFLP, ITS.

## ABSTRACT

*Diaporthe/Phomopsis* is an important group of soybean pathogens. *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* is one of the causal agents of stem canker. Twenty three isolates from different regions from the Province of Buenos Aires were morphologically and genetically characterized and assigned to different taxa within the *Diaporthe/Phomopsis* complex; diagnostic morphological traits were: mycelium type and color, teleomorph/anamorph occurrence. Molecular characterization was carried out using RFLP analyses of PCR-amplified DNA (PCR-RFLP) for the Internal Transcribed Spacer (ITS) of the ribosomal DNA (rDNA) region. PCR products were additionally sequenced and compared with information available. All isolates were morphologically assigned to *D. phaseolorum* var. *caulivora*; PCR-RFLP patterns with restriction enzyme Alu I were coincident with morphological identification and sequence information. Phylogenetic reconstructions supported the idea that *D. caulivora* and *D. meridionalis* constitute biologically isolated entities. Our results validated the use of a single enzyme PCR-RFLP method for fast and accurate identification of *D. caulivora*. This technique resulted appropriated for routine analysis in small/medium throughput laboratories.

**Keywords:** *Glycine max*, *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*, PCR-RFLP, ITS.

1.- Facultad de Agronomía (UBA).

2.- Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP) Argentina

3.- Instituto de Genética, CNIA – INTA Castelar. e-mail: eguillin@cnia.inta.gov.ar

Recibido 05 de enero de 2011 // Aceptado 30 de agosto de 2011 // Publicado online 09 de noviembre de 2011

## INTRODUCCIÓN

El complejo *Diaporthe/Phomopsis* (D/P) constituye un importante grupo de hongos patógenos del cultivo de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) (Morgan Jones, 1989). Comprenden al mismo, *Diaporthe phaseolorum* (Cooke & Ellis) Sacc., anamorfo *Phomopsis phaseoli* (Desmaz.) Sacc.; *D. phaseolorum* var. *meridionalis* (Dpm) Fernández and Hanlin, y *D. phaseolorum* var. *caulivora* (Dpc), K.L. Athow and R.M. Caldwell, citados como agentes causales del cancro del tallo de la soja (CTS) (Fernández y Hanlin, 1996; Hartman *et al.*, 1999).

En la Argentina, la enfermedad alcanzó características epidémicas durante la campaña 1996/97 (Ploper, *et al.*, 1997; Grijalba y Marino, 2001). En ese momento el agente causal fue identificado como *D. phaseolorum* var. *meridionalis*. Como consecuencia de la incorporación de genes de resistencia al patógeno, en los cultivares de soja la prevalencia e intensidad del CTS disminuyó (Ploper, 2004). Sin embargo, la enfermedad reapareció nuevamente con características epidémicas a partir de la campaña 2005. A diferencia del brote anterior, esta vez el agente causal prevalente del CTS fue *Dpc*, y la zona donde se concentró la epifitía fue el área sur de la región sojera de la Argentina (Grijalba y Guillín, 2005 y 2007; Pioli *et al.*, 2005; Ridao y Lago, 2007; Lago, 2010). *Dpc* fue citado por primera vez en Argentina en 2001 (Pioli *et al.*, 2001); desde entonces el patógeno se ha extendido a diferentes áreas del país, principalmente dentro la provincia de Buenos Aires (Grijalba y Guillín, 2005; Ridao *et al.*, 2005; Lago *et al.*, 2007). Durante el ciclo agrícola 2006/07 en el centro y sudeste bonaerense, la prevalencia fue del 94% y la incidencia observada varió entre 0,5 y 55,5% (Lago, 2010). Como se menciona más arriba, el control de *Dpm* ha sido efectivamente logrado a partir de la introducción de genes de resistencia en los principales cultivares argentinos de soja. Por el contrario, no se han detectado hasta el momento genotipos resistentes a *Dpc* en el acervo genético de la soja como especie biológica (*Glycine max* y *Glycine soja*). Se torna entonces extremadamente importante desde el punto de vista epidemiológico y del manejo del cultivo determinar con claridad cuál es el patógeno prevalente en la actualidad y a futuro. La detección de uno u otro agente patógeno determinará diferentes estrategias a seguir en distintos aspectos de la producción de variedades y las tareas de control de enfermedades en el cultivo de la soja.

La determinación de estos hongos es dificultosa, pues son altamente variables en su morfología y patogenicidad. Tanto *Dpc* como *Dpm* producen síntomas parecidos, lo cual impide su identificación en el campo. En consecuencia, para determinar la variedad del hongo, debe recurrirse al aislamiento y posterior estudio de las características morfológicas en laboratorio (Morgan Jones, 1989). Sin embargo, Yorinori (1991) y Vechiato, *et al.* (2003) han demostrado que el diagnóstico basado en características tales como la pigmentación de la colonia en medio de cultivo, la presencia y el tipo de picnidios debe ser considerado como preliminar. Fernández y Hanlin (1996) también criticaron la identificación morfológica indicando que las variaciones genéticas muchas veces no son tenidas en cuenta, por eso complementaron sus trabajos con métodos moleculares. Un pro-

blema adicional que presenta la identificación morfológica es que el análisis requiere de un período de cultivo *in vitro* de aproximadamente un mes para obtener el total de las estructuras reproductivas características de cada taxón. Este período resulta muchas veces demasiado largo para satisfacer las necesidades del productor que debe tomar decisiones en un tiempo mucho menor. Tomando esto en cuenta, Zhang *et al.* (1997) desarrollaron técnicas moleculares tradicionales (PCR-RFLP) y de PCR en tiempo real para caracterizar e identificar aislamientos del complejo D/P en soja (Zhang *et al.*, 1997; 1999).

El objetivo del presente trabajo ha sido explorar la pertenencia taxonómica y la variabilidad genética de los aislamientos causantes del CTS en la provincia de Buenos Aires (República Argentina) durante tres campañas agrícolas (2005-2007). Se encaró además la determinación taxonómica de los agentes causales del CTS utilizando PCR-RFLP a los efectos de compararla con la identificación tradicional, validarla y ponerla a disposición como una herramienta ágil y sencilla para el diagnóstico rápido de esta patología.

## MATERIALES y MÉTODOS

### Procedencia, obtención y conservación de los aislamientos

Veintitrés aislamientos de *Dpc* fueron obtenidos de plantas con síntomas típicos de cancro de lotes comerciales de soja cultivados en la provincia de Buenos Aires. A partir del margen de las lesiones, se cortaron trocitos de la médula de 2-3 mm de largo y se desinfectaron mediante inmersión en hipoclorito de sodio al 2% durante 1 minuto. Posteriormente, se sembraron en cajas de Petri conteniendo agar papa dextrosado al 2% acidificado con 0,2% de ácido láctico, pH 4.5 (APDA). Se sembraron además: 1 cepa patrón de *Dpc*, 3 cepas de *Dpm* y 3 de *Phomopsis longicolla* (Pl) provenientes de la colección de hongos de la Cátedra de Fitopatología de la Universidad de Buenos Aires (tabla 1).

### Determinación morfológica

Para la caracterización morfológica, los aislamientos se sembraron en el centro de cajas de Petri que contenían APD y APD con el agregado de un trocito de tallo de soja estéril de 4-5 cm de largo (Yorinori, 1996). Las cajas se incubaron durante 15 días a 25 + 2 °C, en oscuridad y, posteriormente, en cámara climática con ciclos de 12/12 h de luz ultravioleta cercana (NUV)/oscuridad a la temperatura indicada anteriormente durante 30-40 días aproximadamente. La determinación taxonómica se realizó teniendo en cuenta la presencia y el tipo de estroma, la coloración y el tipo del micelio, la presencia o ausencia de picnidios, el tipo de conidios (alfa y/o beta), la presencia y el agrupamiento del teleomorfo y la longitud y ancho de ascos y ascosporas.

### Prueba de patogenicidad

La prueba de patogenicidad se efectuó para los aislamientos de *Dpc*. La inoculación se realizó mediante el método del escarbadiante (Young, 1943; Yorinori, 1991) sobre



10 plantas de soja en estado vegetativo V1 (Fehr y Caviness, 1977) del cultivar DM 3700 RR con antecedentes de susceptibilidad al patógeno (Grijalba y Guillín, 2007). La evaluación de la reacción se realizó 14 días después de la inoculación. El hongo se aisló de la periferia de las lesiones después de 30 días de la inoculación mediante el procedimiento antes descrito y fue comparado con las características morfológicas de las colonias originales. Se cumplió así con los postulados de Koch.

### Determinación molecular

Extracción de ADN. El ADN del micelio de los aislamientos se extrajo a partir de colonias de 36 h de crecimiento en APD a 25 °C (Zhang *et al.*, 1999), utilizando un kit comercial (Wizard genomic, Promega Inc.), según protocolo e instrucciones del proveedor.

### Amplificación por PCR de la región ITS

La región del ADN nuclear (figura 1) se amplificó usando los iniciadores ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') e ITS5 (5'-GGAAGTAAAGTCGTAACAAGG-3') (White *et al.*, 1990). Las reacciones de amplificación fueron realizadas con un termociclador Perkin-Elmer (Perkin-Elmer Cetus, Emeryville, CA) de acuerdo con el protocolo de Zhang *et al.* (1997). Las condiciones de reacción fueron las siguientes: 50 mM KCl; 2.5 mM MgCl<sub>2</sub>; 10 mM Tris-HCl a pH 8.3; 0.2 mM de cada dTTP, dATP, dGTP y dCTP; 50 pmol de cada iniciador; 2.5 unidades de Taq polimerasa (Gibco BRL Corp., Grand Island, MD) y 25 ng de ADN genómico en un volumen final de 50 µl. El perfil de la reacción fue: 1 ciclo a 96 °C durante 3 min y 30 ciclos a 94 °C durante 1 min, 55 °C durante 1 min, y 72 °C durante 2 min. Cada experimento incluyó una reacción sin ADN (control negativo) para monitorear la contaminación potencial por ADN exógeno; la amplificación de cada aislamiento se repitió al menos dos veces. Los productos de amplificación se verificaron mediante electroforesis en un gel de agarosa al 1% p/v en TBE 0.5x (0.045 M Trizma base, 0.045 M ácido bórico, 0.001 M EDTA, pH 8.0) y se visualizaron en un transiluminador con fluorescencia UV después de la tinción con bromuro de etidio. Las imágenes de los geles se documentaron usando un procesador de imágenes (Gel Documentation System – ImageStore 5000, UVP, UK) y se almacenaron como archivos TIFF.



**Figura 1.** Región del ADN ribosomal y cebadores (ITS4 e ITS5) utilizados en la determinación taxonómica y en la evaluación de la diversidad genética para el complejo *Diaporthe/Phomopsis*. Las secuencias de los cebadores se indican en el texto. LSU: Subunidad grande del gen del ADNr (Large subunit rDNA gene); SSU: Subunidad pequeña del gen del ADNr (small subunit rDNA gene). ITS1 e ITS2: espaciadores transcritos internos (Internal Transcribed Spacers 1 y 2).

Los productos de PCR de la región ITS del ADNr fueron digeridos con 5 diferentes enzimas de restricción (*AluI*, *MseI*, *HhaI*, *RsaI* y *SacI*, Zhang *et al.*, 1997 y 1999), de acuerdo a las recomendaciones del proveedor (New England Biolabs, Beverly, MA). Se usaron 7 µl de los productos de PCR (aproximadamente 200 a 500 ng de ADN), 1.5 µl de buffer (10x), 6.5 µl de H<sub>2</sub>O<sub>dd</sub> y dos unidades de enzima en cada caso (15 µl volumen final). La digestión se incubó a 37 °C durante 2 a 4 h. El producto de la digestión enzimática fue separado en geles de agarosa al 3% (Gibco BRL Corp.) a 3.5 V/cm durante 45 – 60 minutos. Los geles fueron teñidos con bromuro de etidio y visualizados en un transiluminador UV. Se usó un marcador de peso molecular de doble cadena de 100 bp (Life Technologies). Nuevamente, las imágenes de los geles se documentaron usando un procesador de imágenes (Gel Documentation System – ImageStore 5000, UVP, UK) y se almacenaron como archivos TIFF.

### Análisis de variabilidad

El remanente de los productos de amplificación (Aprox. 43 µl) se purificó con el "QIAquick PCR Purification Kit (50)" (Qiagen Inc., Chatsworth, CA). El ADN purificado fue secuenciado en la Unidad de Genómica del CICVyA (INTA Castelar). A los efectos de minimizar errores de secuenciación, se obtuvieron tanto las cadenas 5' → 3' como las 3' → 5'. Las secuencias consenso fueron ensambladas utilizando el programa GeneTool Life 1.0 (Layon, 2000). Las secuencias obtenidas fueron depositadas en la base de datos del GeneBank; los números de acceso correspondientes están listados en la tabla 1.

### Análisis filogenético

Los datos obtenidos para *Dpc*, *Dpm* y *Pl* fueron analizados utilizando el algoritmo de "Neighbour-net" (NN; Bryant y Moulton, 2004) a los efectos de computar gráficos de partición basados en las distancias no corregidas (p) entre todos los pares de secuencias; el nivel de soporte de las ramas (bootstrap) para el NN se realizó a partir de 5000 pseudorreplacas. NN es un método de construcción de redes filogenéticas exploratorias, derivado del algoritmo de Neighbor-Joining (NJ) de Saitou y Nei (1987). Esta metodología utiliza como entrada una matriz de distancia obtenida a partir de una matriz de caracteres (en este caso, un alineamiento múltiple de secuencias) y provee una apreciación sobre el nivel de conflicto (incongruencia) en el set de datos. Es importante señalar que NN no propone como resultado una hipótesis filogenética explícita, sino más bien una primera visión del nivel de estructuración del set de datos, al tiempo que ofrece una reconstrucción de los agrupamientos que no involucra supuestos previos. El análisis de NN fue realizado utilizando el programa SplitsTrees 4.0 (Huson *et al.*, 2006).

A fin de complementar el análisis de NN y obtener una hipótesis explícita se realizó la reconstrucción del árbol filogenético más probable utilizando el método de Máxima Verosimilitud (MV), considerando el modelo de evolución molecular de Tiempo General Reversible, y una tasa de sustitución que varía entre sitios con una distribución Gamma con sitios invariantes a lo largo de la secuencia. El

modelo de evolución molecular más probable fue evaluado utilizando el programa Mega 5.0 (Tamura *et al.*, 2007). El análisis de consistencia interna (bootstrap) para el árbol MV se basó en el análisis de 1000 pseudorréplicas. Este análisis se llevó a cabo utilizando el programa Mega 5.0.

El análisis de variabilidad incorporó además de las secuencias generadas en el laboratorio del Instituto de Genética Ewald A. Favret (IGEAF) todas las secuencias de la región del ADNr de *D. phaseolorum* var. *caulivora* y *D. phaseolorum* var. *meridionalis* disponibles en GeneBank al mes de abril de 2011 provenientes de diferentes orígenes geográficos. Se calcularon además las distancias genéticas no corregidas (p) entre cada uno de los grupos de haplotipos analizados (Mega 5.0). A los efectos de corroborar la corres-

pondencia entre los agrupamientos obtenidos y el análisis de PCR-RFLP (pertenencia taxonómica) para las secuencias del GeneBank, éstas fueron analizadas *in silico* utilizando con el programa NEBCutter (<http://tools.neb.com/NEBCutter2/>).

## RESULTADOS

### Determinación taxonómica por morfología

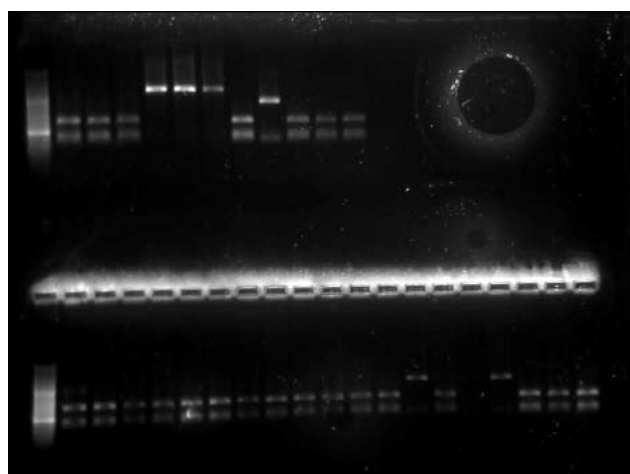
De acuerdo con las características morfológicas en APD y APD con el agregado de tallitos de soja, todos los aislamientos fueron identificados como *Dpc*, *Dpm* y *PI* según lo descripto por Fernández y Hanlin (1996) y Pioli *et al.* (2003), según figura en la tabla 1.

Denominación	Origen	Número Calle (Figura 1)	Número de acceso al GENBANK	Origen aislamiento (1-) o Envío de plantas (2-)
Dpc-05-1	Mar del Plata	6	HM625752	Ing. Pascualini 2
Dpc -05-2	Mar del Plata	7	HM625753	Ing. Pascualini 2
Dpc -05-3	San A de Areco	8	HM625754	Ing. Dufourq 1
Dpc -06-1	Ramallo	3	HM625755	P. Grijalba 1
Dpc -07-1	Gral Rod.	1	HM625756	P. Grijalba 1
Dpc -07-2	Pergamino	2	HM625757	P. Grijalba 1
Dpc -07-3	Trenq. Lauq	4	HM625758	Productor 2
Dpc -07-4	Quequen	9	HM625759	Ing. Carmona 2
Dpc -07-5	Gral Piran	10	HM625760	P. Grijalba 1
Dpc -07-6	Quequen	11	HM625761	P. Grijalba 1
Dpc -07-7	Azul	12	HM625762	Ing. Carmona 2
Dpc -07-8	S. Manuel	13	San Manuel	P. Grijalba 1
PI	S/D	14	-----	P. Grijalba 1
Dpc -07-10	Balcarce	15	HM625762	P. Grijalba 1
Dpc -07-11	Necochea	16	Necochea	P. Grijalba 1
PI	S/D	17	-----	Ing Grijalba 1
Dpc -07-13	Tandil	18	HM625765	P. Grijalba 1
Dpc -07-14	Necochea	19	HM625766	P. Grijalba 1
Dpc -07-15	Necochea	20	HM625767	P. Grijalba 1
Dpc -07-16	Tandil	21	HM625768	P. Grijalba 1
Dpc -07-17	S. Manuel	22	HM625769	P. Grijalba 1
Dpc -07-18	Urdampilleta	26	HM625770	Productor 2
Dpc -07-19	Guamini	28	HM625771	Ing. Gally 2
Dpc -07-20	Loberia	29	HM625772	Ing Carmona 2
Dpc -07-21	San A de Areco	30	HM625773	P. Grijalba 1
Dpc -Patrón	USA	5	-----	Ing. Tozzini 1
Dpm-1	Paraguay	23	HQ130438	Ing. Román 1
Dpm -2	Vdo. Tuerto	24	HQ130439	Ing. Grijalba 1
Dpm -3	Pergamino	25	HQ130440	Ing Grijalba 1
PI-4-11	S/D	27	HQ130441	Ing. Barreto 1

**Tabla 1.** Aislamientos: Denominación, procedencia, número de acceso al GeneBank y fragmentos de restricción (PCR-RFLP, *Alu I*) de la región del ADNr (ITS1, 5.8S e ITS2) de *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* (*Dpc*), *D. phaseolorum* var. *meridionalis* (*Dpm*), *Phomopsis longicolla* (*PI*).

### Determinación taxonómica con marcadores moleculares

Los productos de amplificación obtenidos presentaron un tamaño aproximado de 600 bp. De las enzimas utilizadas en el análisis de restricción de los productos de PCR de la región ITS, sólo *Alu I* (figura 2) arrojó patrones unívocos, distintivos y consistentes con la identificación taxonómica tradicional, de caracteres morfológicos. Este resultado concuerda con lo comunicado por Zhang *et al.* (1997). *Dpc* presentó dos bandas diagnósticas, mientras que para *Dpm* se registró una única banda (no existen sitios de restricción para esta enzima). Los aislamientos de *P. longicolla* presentaron también un patrón diferencial de dos bandas diagnósticas. Las otras enzimas no permitieron diferenciar los tres taxones bajo análisis de manera unívoca, cuando se las utilizó de manera individual (datos no mostrados).



**Figura 2.** Patrones de restricción para la región del ITS del ADNr de *Dpc*, *Dpm* y *Pl* utilizando la enzima *Alu I*. Panel inferior, de izq a der: calles 13 y 16, *Pl*. Calles 1 – 12, 14, 15, 17 – 20, *Dpc*. Panel superior, de izq a der: calles 1 – 3, 7, 9 – 11, *Dpc*; calles 4 – 6, *Dpm*; calle 8: *Pl*.

### Pruebas de patogenicidad

Todos los aislamientos de *Dpc* dieron resultado positivo, manifestado por el desarrollo de un cancro visible y/u oscurecimiento interno de la médula en al menos una de las diez plantas inoculadas.

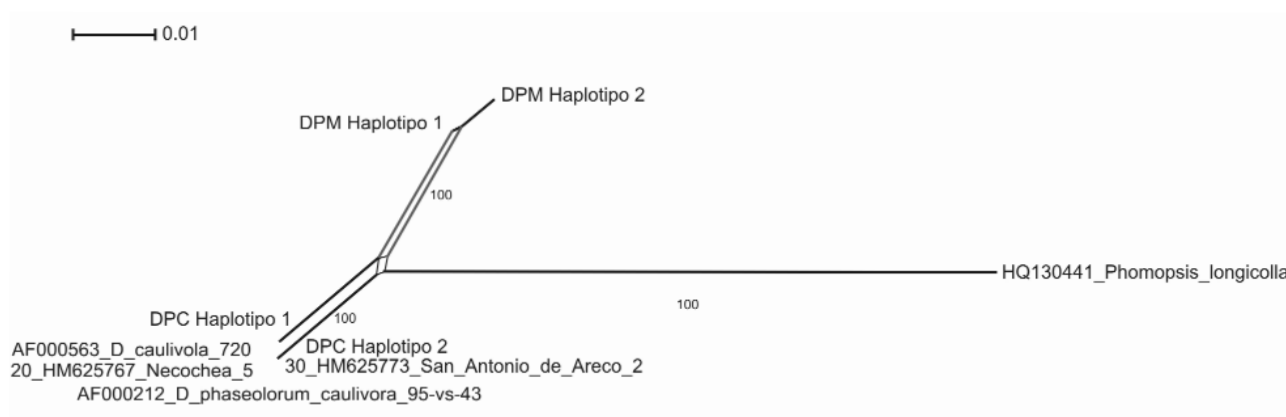
### Análisis de variabilidad

La distancia intragrupo fue de  $0,003 \pm 0,002$  para el cluster de *Dpm* y de  $0,001 \pm 0,001$ , para *Dpc*. La distancia entre clados (*Dpm* y *Dpc*) resultó de  $0,042 \pm 0,013$ , es decir, de un orden de magnitud mayor que la distancia intragrupo. Las diferencias dentro de los grupos vienen dadas principalmente por inserciones o deleciones (in/dels) o bien sustituciones (transiciones o transversiones) puntuales dentro de los grupos. Las diferencias entre grupos resultan de in/dels de mayor tamaño y son los que generan polimorfismos de corte para las enzimas de restricción.

El análisis de Neighbor-Net para la región del ADNr muestra una alto nivel de soporte para la formación de grupos entre *Dpm* y *Dpc*, (figura 3, valor de bootstrap 100% en las ramas que separan los grupos). A su vez, todos los aislamientos de *Dpc* pueden agruparse en seis haplotipos diferentes) cuatro de los cuales (AF00212, USA; AF000563, USA y HM625767, Necochea; HM625773, San Antonio de Areco,) constituyen haplotipos únicos, que se diferencian de los dos grupos principales. Los dos grupos principales de haplotipos incluyen, a su vez, aislamientos de diferentes orígenes geográficos. Lo mismo se verifica para los dos grupos de haplotipos detectados en *Dpm*.

### Análisis filogenético

De manera coincidente, la reconstrucción filogenética por el método de máxima verosimilitud agrupó en diferentes clados a todas las secuencias de aislamientos determinados como de *Dpc* y *Dpm*, tanto a partir de la observación mor-

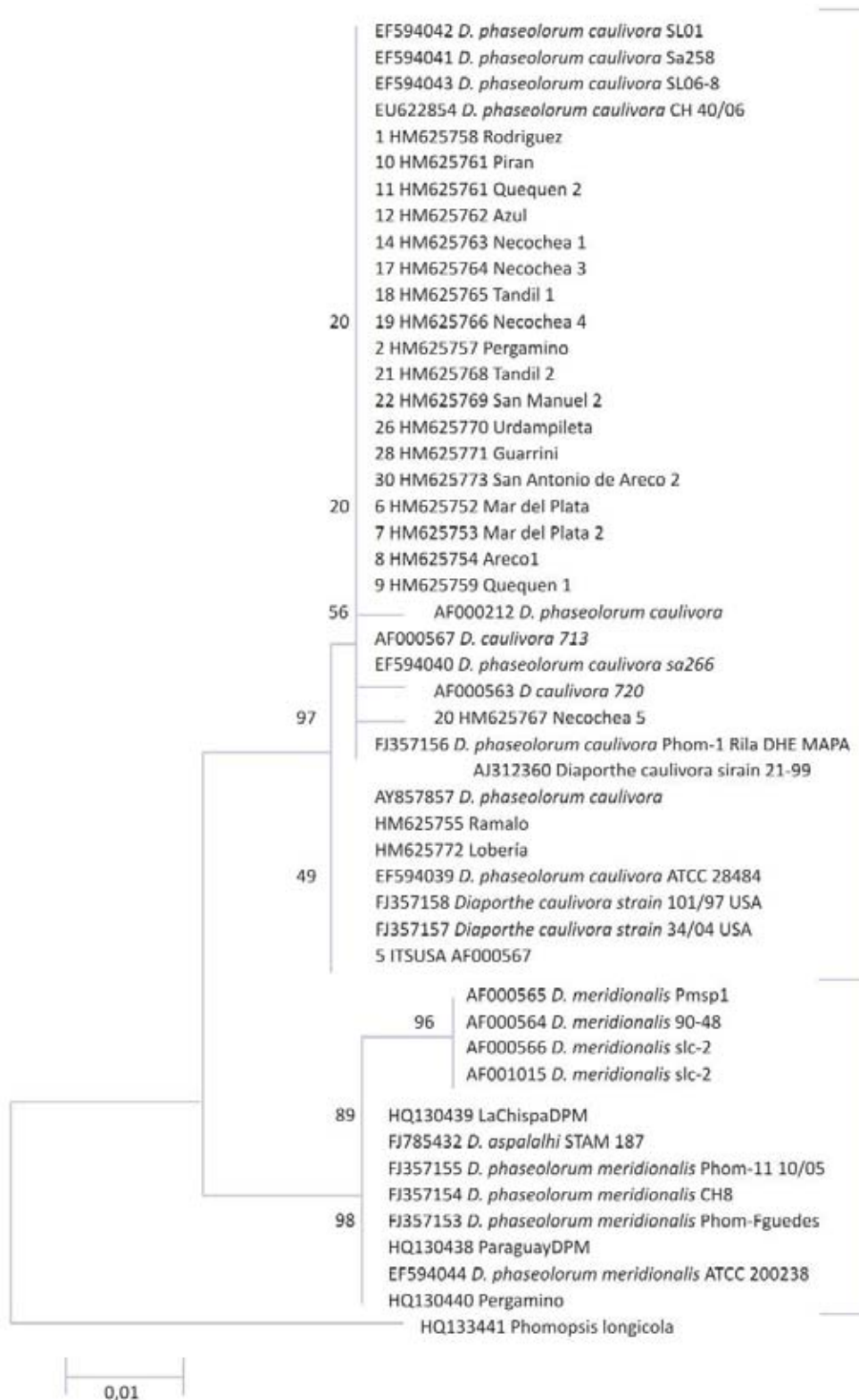


**Figura 3.** Red de haplotipos obtenida a partir del análisis de Neighbor-net (SplitsTree4) de la matriz de distancia obtenida desde el alineamiento de secuencias de la región del ADNr; se observa que el agrupamiento de los distintos haplotipos se corresponde con la determinación taxonómica de las muestras. Se aprecia un soporte de bootstrap de 100% (sobre los ejes) para la separación entre los tres taxa principales. La longitud relativa de cada eje es función de la cantidad de cambio acumulado entre cada agrupamiento. El "LFIT" (nivel de concordancia entre el gráfico y la matriz de distancia) es de 100%, indicando que todos los conflictos del set de datos (ejes paralelos de igual longitud) están realmente representados en el gráfico. Imagen propia, elaborada para la presente edición.



fológica, como del análisis molecular *in vitro* e *in silico* (figura 4). El valor de soporte (bootstrap) para los agrupamientos vuelve a ser cercano a 100 también para la

reconstrucción por MV. La reconstrucción filogenética por MV también reconoce dos subgrupos de haplotipos dentro de *Dpc* y *Dpm*.



**Figura 4.** Reconstrucción filogenética inferida por el método de máxima verosimilitud. Se muestra el árbol con el mayor índice de probabilidad (log likelihood, -946,8307). El árbol está dibujado a escala, con la longitud de los brazos medidas en números de sustituciones por sitio. Pueden observarse dos clados (*Dpc* y *Dpm*) con soporte de bootstrap de 97% y 98%, respectivamente. La determinación taxonómica a partir del análisis de restricción (*in vitro* e *in silico*, derecha) resultó consistente para todos los haplotipos, e independiente de la formación de subgrupos dentro de los clados principales. También pueden verse los tamaños de banda exactos para cada grupo. Outgroup (raíz) *Phomopsis longicola*. Imagen propia, elaborada para la presente edición.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis de restricción de los productos de amplificación (PCR-RFLP) ha sido utilizado para identificar distintas especies de hongos, y también para diferenciar subgrupos dentro de especies (Zhang *et al.*, 1997; Chen *et al.*, 1996; Goodwin, *et al.*, 1989). En el presente trabajo, se corroboró que la utilización de la amplificación de la región ITS, seguida por la restricción con una única enzima (*AluI*) resultó absolutamente consistente con la identificación morfológica para cada uno de los agentes causales del cancro del tallo de la soja.

Como se mencionó anteriormente, la identificación específica de taxones del complejo *Diaporthe/Phomopsis* presenta dificultades; los métodos tradicionales resultan complicados, de mucha duración, y arrojan resultados en ocasiones confusos. La determinación molecular (extracción de ADN, amplificación, restricción con *AluI* y visualización en geles de agarosa bajo luz UV) puede ser completada en un lapso aproximado de 48 horas. Con un cicladador térmico convencional pueden analizarse hasta 96 muestras a la vez. Una vez puesta a punto la metodología, el tiempo promedio de análisis para un lote de muestras es de dos a tres días, en comparación con los 30 a 40 días necesarios para la caracterización morfológica. Adicionalmente, y a diferencia de lo que ocurre con la determinación tradicional donde los caracteres diagnósticos tienen cierto grado de superposición en el rango de sus estados (Fernández y Hanlin, 1996; Yorinori, 1991), los resultados del test de PCR-RFLP son absolutamente unívocos para las diferentes variedades del agente causal de cancro de la soja analizadas, e irrespectivo del haplotipo en cuestión, tal como lo comprueba el análisis *in silico*.

Desde el punto de vista netamente instrumental, el presente trabajo muestra que la amplificación de la región ITS seguida por la restricción con una única enzima (*AluI*) constituye una herramienta unívoca simple, rápida y económica que puede ser utilizada rutinariamente para la diferenciación e identificación de las variantes del complejo *Diaporthe/Phomopsis* en laboratorios de diagnóstico fitopatológico en Argentina. Esta metodología será de gran utilidad para determinar la situación epidemiológica del cancro de la soja en la Argentina y, por consiguiente, cuáles deberán ser las tareas en las que se deberá poner énfasis a corto, mediano y largo plazo en términos de mejoramiento y manejo del cultivo.

En la actualidad existen numerosas tecnologías que se comparan favorablemente con las técnicas tradicionales de PCR (PCR en tiempo real, PCR digital, microarreglos, etc). Sin embargo, la inversión inicial en equipamiento dificulta en gran medida la implementación de estas aproximaciones en laboratorios de diagnóstico individuales. Las características de la aproximación de PCR-RFLP hacen que este tipo de metodologías sean relativamente sencillas de incorporar por parte de laboratorios individuales, o bien grupos de laboratorios o asociaciones de productores en diferentes puntos de la región sojera argentina. El diagnóstico del

complejo *Diaporthe/Phomopsis* en soja representa, en este sentido, un ejemplo de la potencialidad del análisis molecular tanto en fitopatología como en otras áreas del quehacer agronómico.

Los métodos de reconstrucción de relaciones filogenéticas utilizados (NN, MV) muestran un altísimo nivel de soporte para la separación de *Dpm* y *Dpc*. En igual sentido, existe una diferencia muy importante (un orden de magnitud) en los coeficientes de distancia inter e intragrupo para ambos agrupamientos. Estos resultados parecen sumarse al hecho de que dentro del germoplasma de soja se han encontrado genes de resistencia para *Dpm* pero no para *Dpc*; la teoría "gen x gen" (Flor, 1971) propone que para cada gen de virulencia en el patógeno existe un gen de resistencia en el hospedante. Si *Dpm* y *Dpc* fueran entidades de la misma especie, los genes mayores de resistencia a *Dpm* deberían tener algún efecto en el comportamiento de los genotipos de soja frente a al menos algunos aislamientos de *Dpc*. Esta situación no se verifica en absoluto en el germoplasma comercial de soja hasta ahora analizado, y lo observado en todos los lotes de producción en la Argentina (Lago, 2010, Grijalba, 2011).

En conjunto, estos datos apoyan la idea de que *Diaporthe meridionalis* y *Diaporthe caulivora* son entidades biológicamente aisladas y, por lo tanto, debieran considerarse especies separadas tanto a nivel taxonómico como en su nomenclatura. En este momento nuestro laboratorio está llevando adelante estudios complementarios para corroborar y asignar valores de significación estadística a esta hipótesis.

## BIBLIOGRAFÍA

- BRYANT, D.; MOULTON, V., 2004. Neighbor-Net: an agglomerative method for the construction of phylogenetic networks. *Molecular Biology and Evolution* 21, 255–265
- CHEN, W.D.; GRAY, L.E.; GRAU, C.R. 1996. Molecular differentiation of fungi associated with brown stem rot and detection of *Phialophora gregata* in resistant and susceptible soybean cultivars. *Phytopathology* 86:1140-1148.
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. 1977. Stages of soybean development. *Iowa Agr. Exp. Stn. Spec. Rep.* 80. 11 pp.
- FERNÁNDEZ, F.A.; HANLIN, R.T. 1996. Morphological and RAPD analyses of *Diaporthe phaseolorum* from soybean. *Mycologia* 88(3): 425-440.
- FLOR, H.H. 1971. Flor H. H (1971). *Annual Review of Phytopathology* 78, 275-298.
- GOODWIN, P.H.; KIRKPATRICK, B.C., DUNOWAY, J.M. 1989. Cloned DNA probes for identification of *Phytophthora parasitica*. *Phytopathology* 79:716-721.
- GRIJALBA, P.E.; MARINO, S. 2001. Cancro del tallo de la soja: patogenicidad, prueba de algunos cultivares de soja y de hospedantes alternativos. *Revista Facultad de Agronomía* 21(1): 55-59.
- GRIJALBA P.E.; GULLIN E. 2005. *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* en Buenos Aires. En proc.: XIII Congreso Latinoamericano de Fitopatología. Córdoba, Argentina. p. 428.

- GRIJALBA, P.E.; GUILLIN, E. 2007. Occurrence of soybean stem canker caused by *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* in the southern part of Buenos Aires province, Argentina. *Australian Plant Disease Notes*. 2: 65-66.
- GRIJALBA, P.E. 2011. Variabilidad morfológica, genética y patológica de *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* causante del cancro del tallo de la soja en la provincia de Buenos Aires. Tesis Magister Scientiae en Producción Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 66 p.
- HARTMAN, G.L.; SINCLAIR, J.B.; RUPE, J.C. (EDS.). 1999. 4th. Ed. *Compendium Soybean Diseases*. APS Press. Inc., St. Paul, MN, 100 pp.
- HUSON D. H.; BRYANT D. 2006. Application of Phylogenetic Networks in Evolutionary Studies, *Mol. Biol. Evol.*, 23(2):254-267 (<http://www.splitstree.org/> Verificado: 20 de abril de 2011)
- LAGO M.E. 2010. Etiología y Aspectos Epidemiológicos del Cancro del Tallo de la Soja en el Centro y Sudeste Bonaerense. Tesis Magister Scientiae en Producción Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 87 p.
- LAGO, M. E.; RIDAO, A. DEL C.; SANMARTINO, S. 2007. Prevalencia e incidencia del cancro del tallo de la soja en el SE de la provincia de Buenos Aires., Argentina. *Fitopatología Brasileira* 32. Suplemento pp. 311.
- LAYON M. 2000. GeneTool 1.0. *Biotech Software and Internet Report* 1 (6): 261-264.
- MORGAN JONES, G. 1989. The *Diaporthe/Phomopsis* Complex: Taxonomic considerations. En: *Actas IV Conf. Mundial de Investig. en soja, Bs. As., Argentina*. 1699-1715.
- PIOLI, R.N.; MORANDI, E.N.; BISARO, V. 2001. First report of soybean stem canker caused by *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* in Argentina. *Plant Disease* 85(1): 95.
- PIOLI R.N.; MORANDI E.N.; MARTINEZ M.; TOZZINI A.; BISARO V.; HOPP E. 2003 Morphologic, molecular, and pathogenic characterization of *Diaporthe phaseolorum* variability in the core soybean-producing area of Argenti *Current Microbiology* na. *Phytopathology* 93: 136-146.
- PIOLI, R.N.; CAIRO, C.; MORANDI, E.N. 2005. Prevalence of *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* as causal agent of soybean stem canker in Argentina. *Biocell* 29 (1): 141.
- PLOPER, L.D. 2004. Economic importance and control strategies for the major soybean diseases in Argentina. *Proceedings VII World Soybean Research Conference. IV International Soybean Processing and Utilization Conference. III Congreso Brasileiro de Soja. Foz do Iguasu. PR, Brazil*. pp. 606-614.
- PLOPER, L.D.; GONZALEZ, V.; SALAS, G.; DEVANI, M. 1997. Cancro del tallo: importante enfermedad de la soja en el noroeste argentino. *Avance Agroindustrial* 69: 3-7.
- RIDAO, A. del C.; PEREYRA IRAOLA, M.; PAGANI, A.; BODEGA, E; AZPEITIA, M.; ROSS, F. 2005. Situación actual de las principales enfermedades de soja en el sudeste de Bs As. Resúmenes XIII Congreso Latinoamericano de Fitopatología y III Taller de la AAF. Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina. pp.456.
- RIDAO, A. del C.; LAGO M.E. 2007. "Cancro del tallo de la soja". *Visión Rural* XIV (68): 56-57. ISSN 0328-7009.
- SAITOU, N., and NEI, M. 1987. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Mol. Biol. Evol.* 4:406-425.
- TAMURA K.; DUDLEY J.; NEI, M. & KUMAR, S. 2007. MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0. *Molecular Biology and Evolution* 24:1596-1599.
- VECHIATO M.H.; MARINGONI A.C.; MARTINS E.M.F.; KOSHARA E.Y. 2003. Caracterizacáo de aislados de *Diaporthe* spp. e *Diaporthe phaseolorum* var. *meridionalis*. *Arq. Inst. Biol. Sao Paulo*. 70 (2): 159-167.
- WHITE T.J.; BRUNS T.; LEE S.; TAYLOR J.W. 1990 Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: *Innis MA, Gelfand DH, Sninsky JJ, White TJ (Eds.) PCR Protocols: a guide to methods and applications*. New York. Academic Press. pp. 315-322.
- YORINORI, J.T. 1991. Distinction between pod and stem blight and stem canker Phomopsis on soybean seeds by the blotter test. *Fitopatol. Brasil*. 16:37. (In Portuguese.)
- YORINORI, J.T. 1996. Cancro da haste da soja: Epidemiologia e controle. *Circ. Tecnica N.º 14*. Embrapa. Londrina. 75 pp.
- YOUNG H.C. 1943. The toothpick method of inoculating corn for ear and stalk rots. *Phytopathology* 33: 16 (Abstr.).
- ZHANG A.W.; HARTMAN G.L.; RICCIONI L.; CHEN W.D.; MA R.Z.; PEDERSEN W.L. 1997. Using PCR to distinguish *Diaporthe phaseolorum* and *Phomopsis longicolla* from other soybean fungal pathogens and to detect them in soybean tissues. *Plant Disease* 81(10): 1143-1149.
- ZHANG A.W.; HARTMAN G.L.; CURIO-PENNY B.; PEDERSEN W.L.; BECKER K.B. 1999. Molecular detection of *Diaporthe phaseolorum* and *Phomopsis longicolla* from soybean seeds. *Phytopathology* 89(9): 796-804.



# Lista de evaluadores

---

Los directores y el Comité Editorial de la Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA) agradecen el acompañamiento de los siguientes profesionales. Su colaboración es de vital importancia para que la publicación goce de la más alta calidad y prestigio internacional en las disciplinas que publica.

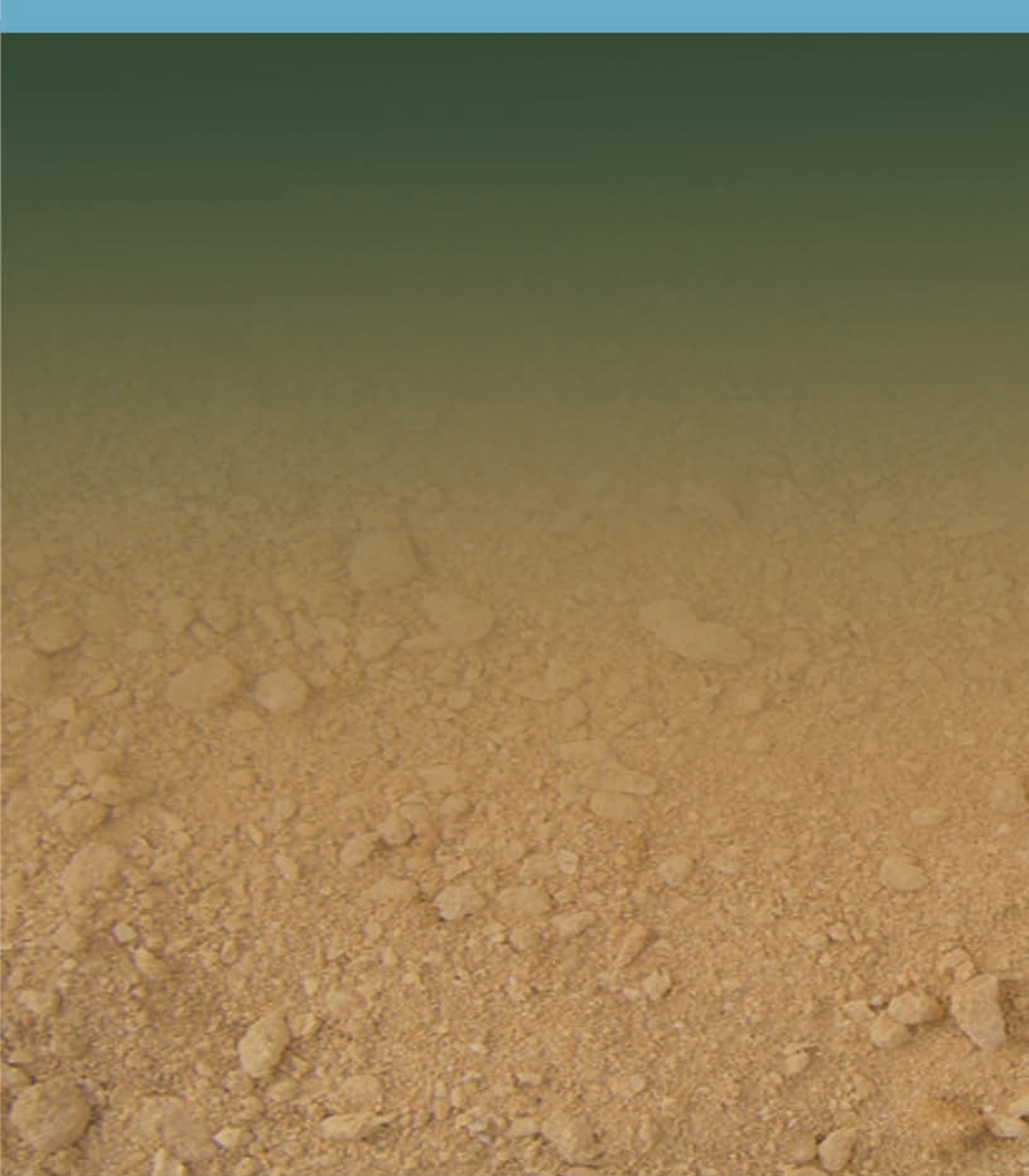
Abelardo de la Vega	José Miguel Basualdo
Adrián Andriulo	Juan Pablo D'Amico
Adriana Saluso	Juan Pedro Bouvet
Agustín Grimoldi	Lidia Giuffrè
Alfredo Calzolari	Lisandro Blanco
Alicia Ávila	Maria Adelaida Correa
Ana María Canal	Maria Eugenia Beget
Andrés Bravo Oviedo	María G. Pacheco
Andrés Linares	María Inés Moyano
Antonio Prataviera	Mariana Pocovi,
Carlos A Sala	Marta Susana Del Toro
Carmen Campos	Matías Daniel Maggi
Clara Linardelli	Miguel Cantamutto
Claudia González	Miguel E. Schmalko
Daniel Diéguez	Mónica Zimmermann
Daniel Kirschbaum	Natalia Damiani
Diego Steinaker	Oscar Pozzolo
Ernesto Viglizzo	Patricio Ros
Federico Letorneau	Pedro Insausti
Fernando Castaño	Ricardo Maich,
Flores Alberto	Roberto Benech Arnold
Gabriel Rua	Roberto Fernandez
Gabriela Posse	Sandra Guerrero
Gustavo Schrauf	Sergio Garrán
Hugo Alvarez	Silvia Mundo
Jorge Frana	Silvia Ratto de Miguez
Jorge Nisi	Silvia Van den Bosch
José Corronca	Virginia López

---

## Fe de errata

En el artículo de Valladares et al., Moscas minadoras del girasol y sus enemigos naturales, RIA 37 (2): se han presentado errores en las ilustraciones, de lo cual los autores se hacen responsables, a saber:

- La figura 3 representa daño de *Calycomyza platyptera* (al igual que la fig. 4).
- En la figura 6 se observa daño de *Liriomyza huidobrensis* en una hoja de *Tropaeolum majus*.



Ministerio de  
Agricultura, Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria  
Rivadavia 1439 (C1033AAE) - Buenos Aires