

REVISTA DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

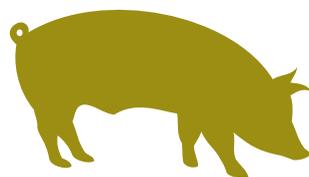
# RIA

ISSN edición impresa 0325-8718  
ISSN en línea 1669-2314  
Vol. 40 N.º 3, Diciembre 2014  
Buenos Aires, Argentina

**INTEGRADOS Y SOSTENIBLES**  
Modelos productivos con beneficios sociales, ambientales y económicos

**TIC Y RURALIDAD**  
Un escenario con nuevos desafíos para los jóvenes

**CIENCIA PARA EL TERRITORIO**  
Entrevista exclusiva con Roberto Salvarezza



**NADA se pierde,  
TODO se TRANSFORMA**  
Sistemas pecuarios sustentables

## 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. 40 N.º 3  
Diciembre 2014, Buenos Aires, Argentina

**Propiedad Intelectual**  
Propiedad Intelectual N.º 5170109 – IMPRESO

#### SEDE EDITORIAL

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

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

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)  
Redalyc.org  
Núcleo Básico  
Thomson Reuters  
Dialnet  
Scielo  
CiteFactor

Errege y asociados  
[erregeyasoc@aol.com](mailto:erregeyasoc@aol.com)  
Carolina Muzilli 5422  
C.P. 1440 - CABA

#### MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL INTA

##### Presidente:

Ing. Agr. Francisco Anglesio

##### Vicepresidente:

Ing. Agr. José Alberto Catalano

##### Consejeros Nacionales:

Méd. Vet. Daniel Gustavo Garello MAGyP

Ing. Agr. Oscar Arellano - Facultades de Agronomía

Ing. Agr. Horacio Abel 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 Sistemas de Información, Comunicación y Calidad

Lic. Juan Manuel Fernández Arocena

DNA de Relaciones Institucionales

Dra. Ana Cipolla

DNA Planificación, Seguimiento y Evaluación

Dra. Susana Mirassou

DNA Organización y RR.HH.

Ing. Agr. Guillermo Semproní

DNA de Desarrollo Organizacional y de las Personas:

Ing. Agr. Julio Elverdín

DNA Administración CPN

Lic. Rosendo Tarsetti

DNA de Innovación

Ing. Agr. Enrique Bedascarrasbure

##### Coordinadores Nacionales:

CN de Transferencia y Extensión

Ing. Ftal. Diego Ramilo

CN de Investigación y Desarrollo

Dra. Norma Pensel

CN de Vinculación Tecnológica

Ing. Adolfo Luis Cerioni

#### COMITÉ EDITORIAL

##### Presidente:

Dr. Carlos Di Bella - INTA - CONICET

##### Vocales:

Ing. Agr. Jorge Mariotti - UNSa

Dr. Ricardo Sager - INTA

Dr. Roberto J. Fernández Aldúncin - UBA-CONICET

Ing. Agr. M.Sc. María Eugenia Beget - INTA

Dr. Miguel Ángel Taboada - INTA-CONICET

#### COMITÉ ASESOR

Ing. Agr. M.Sc. María Di Filippo - INTA

Dra. Luciana Couso - UBA

Dra. Betina Kruk - UBA

Ing. Agr. M.Sc. Alejandro Rago - INTA

Lic. Gabriela Marina Iturrioz - INTA

Lic. Marta Zulema Galván - INTA

Ing. Agr. Martín Durante - INTA

#### STAFF

##### Dirección:

Dra. Norma Pensel

Lic. Máximo Bontempo

##### Coordinación editorial:

Lic. Felicitas Terreno

##### Asistente editorial:

Giselle Miquet

Florencia Castilla

##### Producción Editorial:

Asesores técnicos y de contenido:

Ing. Agr. Cristian Zuchini

Dr. Martín Irurueta

##### Diseño y Edición:

Comunicación Visual, Gerencia de Comunicación e Imagen Institucional

##### Fotografía:

Área Audiovisual, Gerencia de Comunicación e Imagen Institucional

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



Ministerio de  
Agricultura, Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Una actividad más sustentable

El 70 por ciento de la superficie agrícola y el 30 por ciento de la superficie terrestre del mundo están destinados a la producción ganadera. De hecho, esta actividad ocupa el 26 por ciento de la superficie terrestre libre de glaciares del planeta, mientras que el área destinada a la producción de forrajes representa el 33 por ciento del total de tierra cultivable.

Es evidente que, a escala internacional, el sector pecuario reviste una importancia social y política altamente significativa: genera empleo para 1.300 millones de personas y medios de subsistencia para mil millones de personas en situación de pobreza en todo el mundo.

En un contexto global caracterizado por tendencias que anticipan un marcado aumento poblacional, diferentes especialistas también coinciden en que, para el año 2050, la producción mundial de carne se incrementará en más del doble. Así, las previsiones indican que ese sector pasará de las 229 millones de toneladas en 1999/01 a 465 millones de toneladas hacia la mitad del siglo XXI.

De acuerdo con estos pronósticos, están desarrollándose diversas investigaciones con el objetivo de minimizar el impacto ambiental por unidad de producción ganadera, correspondiente con el aumento esperado, para evitar que el nivel de los daños actuales se incrementen. De esta manera, el sector pecuario atraviesa una compleja transformación técnica y geográfica.

Se observa un crecimiento acelerado en la producción de porcinos y aves de corral (por lo general, en unidades industriales) y la desaceleración de la producción de bovinos, ovinos y caprinos que tradicionalmente se criaban de forma extensiva. Hoy, alrededor del 80 por ciento del crecimiento del sector pecuario se da en sistemas industriales. Debido a estos cambios, el ganado compete directamente por las escasas tierras, el agua y otros recursos naturales.

A su vez, el incremento de la población mundial también es un factor crítico con respecto a la problemática de la generación y tratamiento de los residuos agropecuarios y agroindustriales.

El sector ganadero se contrajo en superficie a expensas de una mayor intensificación. Si bien esta situación genera nuevas oportunidades económicas, al mismo tiempo incrementa las posibilidades de impacto

ambiental cuando los excedentes de la producción no son tratados adecuadamente.

La producción porcina nacional ha comenzado a tener un vuelco cualitativo: aunque no se observa un aumento sustancial del número de productores, pero sí se registran cambios en la forma de producir carne. Esto significa que las producciones de pequeña escala comienzan a incorporar mayor tecnología y a aumentar el número de madres productivas, lo cual alienta el paso de sistemas al aire libre a sistemas mixtos.

Este escenario obliga a intensificar las acciones de concientización de los distintos actores sociales, desarrollo de procesos, monitoreos y controles para minimizar el riesgo ambiental que significa el vertido de efluentes dentro o fuera del sistema en forma de sólidos o semi-fluidos o bien manipulados como líquidos que se almacenan en excavaciones precarias (lagunas abiertas), sin aislación con el suelo.

Los productores son conscientes del daño que el inadecuado manejo de los efluentes puede provocar en el ambiente, aún descargando dentro de su mismo predio. Se observa poca iniciativa para modificar esta práctica, ya sea por los costos asociados a la implementación de una nueva tecnología, como por controles escasos del cumplimiento de las normativas vigentes (vinculadas a los límites permitidos de descarga de efluentes al medio físico) que hace que esta situación persista a lo largo del tiempo.

Los efectos de los desechos ganaderos más comunes sobre el ambiente son la degradación del suelo que incrementan los contenidos en nitrógeno que pueden presentar fenómenos de toxicidad como así también el fósforo y el potasio. Otro fenómeno que produce el exceso de estos nutrientes es un desequilibrio con otros macro y micro elementos.

Los sistemas de producción intensivos demandan necesariamente de un manejo integral de los purines generados, los cuales requieren un conjunto de acciones y procedimientos que se encausan para disponer de la mejor forma los desechos generados en la explotación porcina con el fin de mitigar un impacto ambiental negativo.

El trabajo del INTA apunta a mejorar la sustentabilidad económica y ambiental de la producción de carne, optimizando el manejo y la utilización de los efluentes generados.

## Actualidad en I+D

### Editorial

#### 216 Una actividad más sustentable

Mientras se prevé un marcado aumento de la población y la producción mundial de carne para 2050, el sector ganadero investiga cómo minimizar el impacto ambiental.

### Notas

#### 220 Valor que no se desecha

Un manejo adecuado de los efluentes y residuos no sólo disminuye el impacto ambiental negativo sino que permite devolver nutrientes, generar biofertilizantes y energía sustentable.



#### 226 Producción integrada, el desafío del nuevo siglo

Mediante la diversificación productiva, cada vez son más los que buscan el equilibrio entre la productividad y el cuidado de la naturaleza.

#### 232 Jóvenes, ruralidad y nuevas tecnologías

Fundamentales para pensar el trabajo de las generaciones futuras, las tecnologías de información y comunicación también impactan en el sector agropecuario.

#### 238 “Ciencia para el desarrollo del país”

El presidente del CONICET, Roberto Salvarezza, aborda los proyectos de desarrollo tecnológico para generar soluciones innovadoras e impulsar el trabajo interdisciplinario y en equipo.



#### 243 Pastillas

Un breve resumen de las noticias más sobresalientes.

## Trabajos

### Artículos

#### 244 Conservación de mandarina

Bello, F.; Panozzo, M.; Almiron, N.; Vazquez, D.

#### 252 Maíz bajo riego

Saenz, C.A.; Gómez Hermida V.F.; Frigerio, K.L.; Morabito, J.A.; Terenti, O.A.; Cortés M.P.

#### 260 Especies y procedencias de *Cedrela*

Grignola, J.; Acreche, M.; Di Rienzo, J.; Gatto, M.; Fornes, L.

#### 269 Sistemas ganaderos intensivos

Guzmán, M.L.; Veneciano, J.H.; Sager, R.L.

#### 276 Secado de uvas en parrales

Espindola, R.S.; Ferreyra, M.; Pringles, E.; Battistella, M.

#### 281 Pulgon verde en trigo

La Rossa, F.; Vasicek, A.; López, M.; Bosco, N.; Imperiale, P.; Bainotti, C.



#### 290 Fertilización nitrogenada en *Festuca*

Bazzigalupi, O.; Bertín, O.D.

#### 296 Propiedades de polen apícola

Aloisi, P.V.; Ruppel, S.



#### 303 Sustentabilidad económica

Calvi, M.; Rodriguez, M.I

#### 312 Forrajes y el impacto de los gorgojos

Odorizzi, A.; Arolfo, V.; Basigalup, D.



## Efluentes pecuarios: valor que no se desecha

El crecimiento productivo de distintas cadenas agropecuarias en la última década, ocurrió en forma intensificada y concentrada, lo que trajo aparejado una mayor generación de residuos y efluentes que, de no tratarse y manejarse adecuadamente, pueden generar un grave impacto ambiental. Hoy, los sistemas pecuarios sustentables buscan ser más eficientes en el uso de los recursos y aprovechar los residuos para convertirlos en insumos estratégicos.

La contaminación que generan estos efluentes deteriora el ambiente e implica una fuga de energía y de nutrientes que podrían ser aprovechados como recursos para enmiendas orgánicas y como energía alternativa.

(Actualidad en I+D p. 220)



## Producciones integradas

En todo el mundo, 300 millones de hectáreas de tierras productivas están deterioradas en forma irreversible y, de las 1.700 hectáreas restantes, el 60 por ciento presenta procesos degradatarios avanzados. En este escenario surge la necesidad de replantear la actual lógica productiva mercantilista y cortoplacista.

La agroecología, los sistemas silvopastoriles y la cría bovina intensiva representan alternativas viables con equilibrio entre la productividad y el cuidado de la naturaleza, con énfasis en la conservación del suelo. La experiencia de numerosos sistemas productivos integrados, en distintos puntos del país, demuestra que posible ser sustentable y rentable al mismo tiempo.

(Actualidad en I+D p. 226)

## Jóvenes, ruralidad y TIC

Las TIC son herramientas con el potencial para igualar posibilidades entre los productores, en tanto amplían el acceso inmediato a fuentes de información y facilitan el intercambio remoto de datos.

La apropiación social de las TIC y su naturalización en la cultura aceleraron su arribo a los procesos agropecuarios. A la vez, precipitaron la creación de un espacio único e introdujeron cambios en el sujeto, la configuración de un mundo virtual (que condiciona e interactúa con los hechos de la vida cotidiana) y la posibilidad de hacer más urbana la ruralidad. El INTA impulsa una investigación sin antecedentes para determinar el vínculo entre los jóvenes, la ruralidad y las nuevas tecnologías.

(Actualidad en I+D p. 232)

## Ciencia y desarrollo

“Hubo diez años de una política sostenida que se dirigió a valorizar la ciencia y eso hizo que hoy esté instalada en el discurso del Estado”, señaló el presidente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Roberto Salvarezza.

En una entrevista exclusiva con la Revista RIA, el doctor en bioquímica y especializado en nanotecnología, afirmó que el desarrollo tecnológico del país garantiza el agregado de valor en la producción y que es necesario impulsar el trabajo interdisciplinario. A su vez, se refirió a los Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs), una apuesta para innovar en los territorios.

(Actualidad en I+D p. 238)

## Conservación de mandarinas

Los frutos cítricos de maduración temprana son sometidos a un desverdizado y tiempo de atemperado antes de su procesado. Los efectos de la aplicación de etileno y la conservación refrigerada sobre su calidad están documentados. No se conoce la influencia de las condiciones del descanso seguidas de una conservación refrigerada en la calidad de estos frutos. Los investigadores evaluaron mandarinas en distintas condiciones de temperatura, humedad relativa y contenido de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); como así también distintas concentraciones de CO<sub>2</sub> en un almacenamiento refrigerado.

(Actualidad en I+D p. 244)



## Maíz bajo riego

En la provincia Argentina de San Luis, el cultivo de maíz es relevante tanto en secano como bajo riego. El objetivo de los investigadores del INTA y de la Universidad Nacional de Cuyo fue determinar el rendimiento en grano y la eficiencia en el uso del agua con distintos niveles de riego con agua salina y fertilización con nitrógeno y fósforo. Se evaluó el rendimiento con dos niveles de riego y secano; y diferentes niveles de fertilización combinando nitrógeno y fósforo. No se encontró respuesta a la fertilización pero se encontró que se estabilizó el rendimiento regando con agua salina, especialmente en un año seco.

(Actualidad en I+D p. 252)

## Especies y procedencias de *Cedrela*

Se estudió el comportamiento de distintas procedencias de *Cedrela fissilis*, *C. balansae*, *C. saltensis* y el híbrido natural entre estas dos últimas, comparado con testigos comerciales en tres ensayos de campo en sitios ecológicamente contrastantes del NOA. Los resultados resaltan la importancia de considerar el origen de las semillas al momento de realizar un emprendimiento forestal con estas especies dado que la precipitación y la TMA del nuevo destino inciden en el establecimiento del cultivo. El material genético que sobrevivió es muy valioso como base para continuar el programa de domesticación con fines productivos y de conservación. **(Actualidad en I+D p. 260)**

## Secado de uvas en parrales

La escasez relativa de mano de obra y su alto costo determina la búsqueda de tecnologías que aumenten su productividad y estrategias para disminuir costos. El sistema tradicional de producción de pasas de uva consta de: cosecha, tendido, volteo y levantado. Estas etapas pueden reducirse a corte de cargadores y cosecha de pasas con la aplicación del sistema de secado en planta. Sin embargo, la aplicación de este sistema puede provocar una disminución en la vida útil del cultivo. Los objetivos de este estudio fueron evaluar el impacto de esta práctica sobre jornales gastados en cosecha y consecuencias en la productividad del cultivo. **(Actualidad en I+D p. 276)**

## Propiedades de polen apícola

El polen recolectado por las abejas es un producto apícola usado en la dieta humana por su alto valor nutricional y por ser un alimento balanceado. De acuerdo con esta investigación, el polen proveniente de las principales regiones melíferas de la provincia del Chubut constituye un producto apícola de alto valor nutricional y una fuente potencial de antioxidantes naturales cuya incorporación en la dieta humana representaría un beneficio para la salud. Dada la diversidad y complejidad del polen apícola, serán necesarias futuras investigaciones para evaluar estos componentes bioactivos según el origen botánico. **(Actualidad en I+D p. 296)**

## Sistemas ganderos intensivos

Los problemas ambientales que enfrentan los sistemas intensivos de engorde de bovinos se relacionan con el metabolismo animal y la degradación de estiércol, siendo el propósito de este trabajo estudiar el origen de emisiones de compuestos causantes del olor y gases de efecto invernadero además de factores que controlan su producción. Los resultados de producción de gases fueron similares en laboratorio y campo, ya que en ambas situaciones se observó digestión -anaeróbica y aeróbica, dependiendo de las condiciones prevalentes en el momento. Ello sugiere la posibilidad de controlar las emisiones dependiendo del vector ambiental preponderante. **(Actualidad en I+D p. 269)**



## Pulgón verde en trigo

El áfido *Schizaphis graminum* (Rond.) es una plaga clave en cultivos de cereales como el trigo en la Argentina. El objetivo de este trabajo fue analizar la respuesta bio-demográfica del áfido sobre cultivares de trigo. Los ensayos se realizaron en cámara climatizada y se obtuvieron parámetros biológicos y poblacionales a través de la construcción de tablas de vida. Hubo resistencia en seis de los ocho cultivares ensayados, debido a que las cohortes del áfido criadas sobre ellos mostraron tasas de incremento poblacional significativamente más bajas que las que se observaron en un cultivar considerado susceptible. **(Actualidad en I+D p. 281)**

## Sustentabilidad económica

Aquí se integran los conocimientos con un enfoque de sistemas de producción; se incorporan en el análisis los resultados físicos y económicos, el impacto tecnológico, la dimensión del riesgo y la sustentabilidad económica de los sistemas. Al analizar el riesgo, solamente los modelos mejorados de Corrientes mejorarían la sustentabilidad económica, ya que aumenta la media del resultado operativo manteniéndose el coeficiente de variación en el orden del 25% al 30%. Para la provincia de Entre Ríos habría que analizar otro conjunto de tecnologías, tal vez con menos insumos. **(Actualidad en I+D p. 303)**

## Fertilización nitrogenada en Festuca

La festuca alta es la gramínea forrajera perenne más sembrada y de la que se produce más semilla fiscalizada en Argentina. Sin embargo, las recomendaciones de fertilización con nitrógeno no se basan en diagnósticos objetivos, lo cual provoca pérdidas de rentabilidad e incrementa los riesgos ambientales. Para abordar el tema, los investigadores evaluaron los efectos de la dosis de nitrógeno (N) y la forma de aplicación sobre el rendimiento y la calidad de semilla. Así concluyeron que, si se mantiene la relación histórica entre el precio de la semilla y el costo del nitrógeno, la fertilización con N es una práctica rentable. **(Actualidad en I+D p. 290)**

## Forrajes y el impacto de los gorgojos

Obtener poblaciones de alfalfa que posean un sistema radicular ramificado o con alto número de raíces laterales podrían atenuar los daños causados por las larvas de gorgojos. El INTA Manfredi desarrolló varias poblaciones experimentales de diferente grado de reposo invernal y descubrió que el complejo de gorgojos ocasionó daños altos en todos los materiales, sin haberse detectado diferencias entre ellos. En ese contexto, las SIMAs 545 y 614 ocuparon respectivamente el segundo y el tercer lugar en el ranking de severidad de daño, muy cerca de ProINTA Súper Monarca, la más afectada por la plaga. **(Actualidad en I+D p. 312)**



EFLUENTES PECUARIOS

# VALOR que no se desecha

En las producciones pecuarias intensificadas, los efluentes pueden contaminar o integrarse a la cadena. Con un manejo adecuado, los residuos pueden convertirse en insumos para establecimientos rentables que buscan ser más sustentables.

Por Florencia Castilla

“En un sistema cerrado, nada se crea, nada se destruye y todo se transforma”, reza parte de la ley de conservación de la materia, escrita por el químico francés Antoine de Lavoisier a mediados del siglo XVIII. Se trata de una idea que hoy parece servir de base para los sistemas pecuarios sustentables que buscan **ser más eficientes en el uso de los recursos y aprovechar los residuos** para convertirlos en insumos estratégicos.

En los últimos años y en todo el país, la cadena porcina registró un aumento del 6,45 por ciento en cantidad de animales faenados entre 2010 y 2011, mientras que la lechera incrementó su producción de 5,6 millones a 10,3

millones de litros anuales, al tiempo que el consumo de carne avícola se duplicó en una década: pasó de 343 millones en 2001 a 700 en 2011.

El crecimiento de estas producciones ocurrió en forma intensificada y concentrada, lo que trajo aparejado una **mayor generación de residuos y efluentes** que, de no tratarse y manejarse adecuadamente, pueden generar un **grave impacto ambiental**.

“Como sociedad hay una tendencia a priorizar los objetivos productivos y no tanto lo sustentable, asumiendo que eso podía ser procesado por la naturaleza. Si no incorporamos en el sistema productivo los residuos que allí se generan, habrá un proceso directo de

contaminación al ambiente y a la salud humana”, señala el coordinador del programa nacional de Recursos Naturales, Gestión Ambiental y Ecorregiones del INTA, **Néstor Maceira**.

Los residuos generados durante la producción porcina están compuestos por una parte sólida (formada por el estiércol y restos de alimentos) y otra líquida (compuesta por orina, agua de los bebederos, de lluvia y de lavado), ambas son consideradas efluentes contaminantes por su contenido de nutrientes, metales pesados, antibióticos y microorganismos patógenos.

De acuerdo con el investigador del INTA Marcos Juárez, **Darío Panichelli**, “un sistema de producción porcino



en confinamiento genera alrededor de 20 a 25 litros de efluentes diarios por animal. Si se tratara de un criadero con 100 madres que tienen en promedio mensual alrededor de mil animales en el criadero, se generarían unos 20 mil litros de efluentes diarios”.

La **contaminación** que generan estos efluentes **no sólo deteriora el ambiente**, sino que implica una fuga de energía y nutrientes que podrían ser aprovechados como recursos para aplicar enmiendas orgánicas al suelo o generar biocombustibles como energía alternativa.

Para el investigador del INTA Manfredi, **Nicolás Sosa**, hablar de sustentabilidad ambiental implica que “todo lo

que sale del suelo, vuelva al suelo. Si se manejan adecuadamente los residuos pecuarios, se genera **un ciclo cerrado de nutrientes** que permite devolver el nitrógeno, el fósforo y el potasio que los cultivos extraen”.

De acuerdo con estimaciones realizadas por la consultora nacional en ingeniería ambiental, AmbientAgro, establecimientos con 300 madres, mil lechones en recría y dos mil capones en sitios de engorde, generan alrededor de **24.302 kilogramos de nitrógeno** al año y **9.220 de fósforo**, lo que permite fertilizar hasta 138 hectáreas de maíz implantado con la cantidad de nitrógeno recuperada y **ahorrar 30.110 dólares anuales**.

---

**LOS EFLUENTES  
DETERIORAN EL AMBIENTE  
E IMPLICAN UNA FUGA  
DE ENERGÍA Y NUTRIENTES  
QUE PODRÍAN  
SER APROVECHADOS  
COMO RECURSOS.**

---

El gerente de la consultora, **Roberto Maisonnave**, explica que esos valores son los potenciales máximos calculados según la composición química de las excretas frescas de cerdos y advierte que los valores de concentración de nitrógeno y fósforo disminuyen con el paso del tiempo.

“Mediante un correcto diseño de sistemas de captación, conducción, tratamiento y almacenamiento de las excretas, **se puede obtener un subproducto amigable con el ambiente** que conserve sus cualidades productivas en los valores máximos posibles”, señala Maisonnave.

#### Conocer el manejo para no contaminar

Hasta la década del 90, la mayoría de las producciones porcinas nacionales

eran sistemas a campo, con lo cual los desechos eran absorbidos o utilizados como abono orgánico sin representar un problema para las explotaciones.

“La aplicación de **enmiendas orgánicas** al suelo es una práctica antigua pero sucede que cuando se aplican dosis excesivas de residuos orgánicos hay un desconocimiento de la composición y eso puede repercutir en **la eficiencia del uso de nutrientes** que contienen”, explica Sosa.

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), **los principales contaminantes de los efluentes** son el nitrógeno (N), el fósforo (P) y los metales pesados. Volcados en cantidades excesivas en el suelo, forman costras superficiales que reducen su permeabilidad al aire y al agua, como así también acumulan

sales que tienen efectos negativos en la estructura y la calidad del suelo.

En los últimos años hubo un **proceso de transformación** de los sistemas de pequeña y mediana escala productiva (aquellos que cuentan con 10 a 200 madres) que confinaron parte o todos sus animales.

De acuerdo con el área Porcinos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, se estima que el 32 por ciento de los sistemas a producción porcina se realizan en confinamiento, el 22 por ciento a campo y un 46 por ciento en mixtos.

En estos casos, **la tecnificación y el aumento del stock en áreas confinadas incrementa el volumen de residuos**, lo que hace necesario elaborar un **plan de gestión** y biotransformación de los efluentes de la producción.

**“EL DESTINO FINAL MÁS ECONÓMICO PARA REPONER NUTRIENTES ES LA APLICACIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS AL SUELO” (N. SOSA).**

#### UN EMPRENDIMIENTO RENTABLE Y SUSTENTABLE

Como resultado de un proyecto de la Asociación de Cooperativas Argentinas que nuclea a 50 mil productores de la región pampeana, se creó el criadero porcino “Yanquetruz” que transforma los efluentes en biogás, genera alimento balanceado y produce unos tres mil kilos por madre al año.

El criadero se constituyó, a escala nacional e internacional, en una planta modelo de generación de energía en base a efluentes de un sistema de producción intensivo de cerdos –entre 20 y 35 metros cúbicos gas/ton sustrato– y cultivos energéticos.

En la actualidad, la población es de 1.300 cerdas madres y 18.500 cerdos y el total de la energía generada a partir del purín se utiliza para autoabastecer el establecimiento completo. Una vez terminadas todas las etapas del proyecto, además de purín de cerdos, se procesará en los biodigestores silaje de maíz y/o sorgo y el total de energía generada será suficiente para autoabastecer su demanda de electricidad y entregar el resto al Sistema Integrado Nacional.

En un futuro cercano, se prevé que el criadero albergue 5.200 cerdas madres y una población total del orden de 74 mil animales para abastecer el frigorífico Alimentos Magros S.A., que también pertenece al movimiento cooperativo, ubicado en Justiniano Posse, Córdoba.



En el caso específico de los **cerdos**, sólo el 33 por ciento de los gramos de proteína consumida es utilizada para la formación de tejido (carne) en el animal, el resto se elimina en forma de subproductos como macro nutrientes que pueden aprovecharse como compostaje.

“El destino final más económico para **reponer nutrientes** es su aplicación al suelo. De esa forma, **los productores reducirían notablemente el costo de las aplicaciones de fertilizantes minerales**”, estima Sosa.

Sin embargo, el especialista advierte que es importante **realizar un adecuado tratamiento de los efluentes** ya que “en la aplicación agrícola pueden presentarse problemas ambientales como el lavado de nitrato, la volatilización del amoníaco, emisión de malos olores y acumulación de metales pesados en el suelo”.

El manejo tradicional de efluentes contempla un **sistema de lagunas** (anaeróbica y facultativas), cuya finalidad es la estabilización del material y la reducción de su carga orgánica. Los establecimientos que utilizan **tecnología de punta**, incorporan la utilización de un tamiz estático para **separar los residuos sólidos y los líquidos** del sistema para almacenarlos en piletas y aplicarlos posteriormente al campo.

De acuerdo con Panichelli, “si se reduce la carga bacteriana de los sólidos, los productores pueden **agregarle valor y obtener un biofertilizante natural** que tiene un costo económico y que permite recuperar la inversión que implica adecuarse a estas tecnologías”.

**Los efluentes contienen nutrientes** en concentraciones variables que dependen del sistema de manejo, de las categorías de animales y la alimen-





tación, entre otros factores. Por esa razón, es fundamental **caracterizar su composición**, como también los volúmenes que se generan.

Al mismo tiempo, antes de aplicar estos fertilizantes al suelo es necesario realizar un plan de manejo de nutrientes que contemple el análisis de suelo, del efluente y las necesidades del cultivo para incorporar las dosis justas.

#### Una oportunidad para sacar provecho

Hacia el año 2050 se prevé una **disminución de las reservas petroleras** y un aumento de la **necesidad de fuentes de energía alternativas**. En este contexto, el manejo de los residuos es una oportunidad para **minimizar el impacto ambiental** y, a la vez, aprovechar su contenido energético para producir biogás.

Al respecto, la investigadora del INTA Rafaela, **Karina García**, considera que “quizás hoy no se aprovechan totalmente los efluentes generados en los tambos para producir bioenergía debido a que el costo actual de la energía hace que no sea rentable instalar esa tecnología en los establecimientos de escalas típicas en nuestro país”. Sin embargo, afirma que **esa situación puede variar en un futuro cercano**, “ya sea por la tendencia a la intensificación en la lechería o por el costo de la energía, que obligan a fomentar su manejo y a **valorar a los residuos como recursos estratégicos**”.

De acuerdo con la especialista, un **inadecuado manejo** de los efluentes y residuos no sólo produce una pérdida de energía sino que, además,





**genera gases de efecto invernadero** producto de la fermentación de la materia orgánica que contienen. “Con un manejo adecuado, **parte de esos gases podrían ser recuperados, manejados y filtrados para generar un biocombustible** y utilizarlo directamente como gas, o bien transformarlo en energía eléctrica”, explica García.

Ese biogás es captado y tratado para disminuir sus impurezas. Para usarlo como gas, se le extrae el ácido sulfhídrico, y para generar energía eléctrica, se puede aumentar el porcentaje de metano, si se le quitara el dióxido de carbono y el vapor de agua para hacerlo eficiente.

El **criadero Yanquetruz** (ver recuadro: “**Un emprendimiento...**”), en la provincia de San Luis, es el resultado de un proyecto desarrollado por la Asociación de Cooperativas Argentinas (ACA) que nuclea a más de 50 mil productores de las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos y La Pampa.

Se trata de una **planta modelo de generación de energía en base a efluentes** de un sistema de producción intensivo de cerdos y cultivos energéticos.

Cuenta con 1.300 madres y 18.500 cerdos que generan efluentes para producir biogás, electricidad (**8.000 megavatios de energía anuales**) y energía térmica para calefaccionar el criadero. Al mismo tiempo, Yanquetruz **produce biofertilizante para distribuirlo en 2.200 hectáreas** al año con nitrógeno y 1.800 con potasio y fósforo, respectivamente.

El objetivo, es hacer de la gestión ambiental una cuestión transversal al circuito productivo. “Cuando los residuos son mirados con inteligencia dejan de tener esa categoría y empiezan a ser un recurso distinto para no ser más un problema”, asegura Panichelli.

El primer paso es **dejar de pensar en los efluentes como residuos que carecen de valor** suficiente para retenerlos. Lo que sigue, es empezar a trabajar en su manejo para **convertirlo en un insumo estratégico**, en un ciclo donde nada se pierde y todo se transforma.

**Más información:**

Nicolás Sosa  
Dario Panichelli

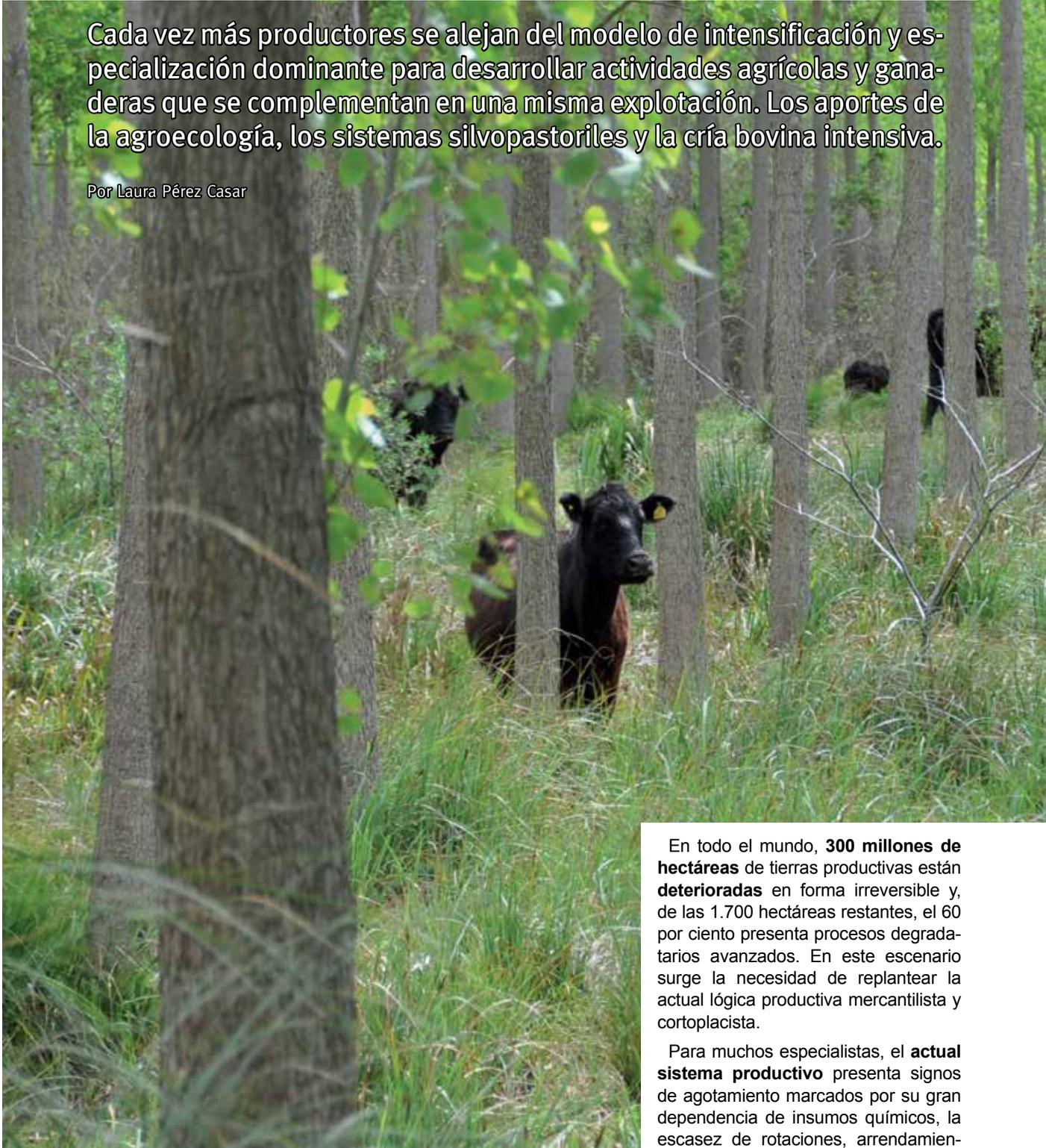
**“LA INTENSIFICACIÓN  
EN LA LECHERÍA OBLIGA  
A VALORAR  
A LOS RESIDUOS  
COMO RECURSOS  
ESTRATÉGICOS”  
(K. GARCÍA).**

## BENEFICIOS SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS

# Producción integrada, el desafío del nuevo siglo

Cada vez más productores se alejan del modelo de intensificación y especialización dominante para desarrollar actividades agrícolas y ganaderas que se complementan en una misma explotación. Los aportes de la agroecología, los sistemas silvopastoriles y la cría bovina intensiva.

Por Laura Pérez Casar



En todo el mundo, **300 millones de hectáreas** de tierras productivas están **deterioradas** en forma irreversible y, de las 1.700 hectáreas restantes, el 60 por ciento presenta procesos degradatorios avanzados. En este escenario surge la necesidad de replantear la actual lógica productiva mercantilista y cortoplacista.

Para muchos especialistas, el **actual sistema productivo** presenta signos de agotamiento marcados por su gran dependencia de insumos químicos, la escasez de rotaciones, arrendamien-



tos de corta duración y la ausencia de monitoreos. Pero no todo está perdido: mediante la adopción de un **manejo agroecológico**, que permite **integrar diversas actividades productivas y complementarias**, se puede cambiar el rumbo agropecuario.

Mitos sobre la agroecología, abundan. Uno de ellos sostiene que es imposible ser productivo y, al mismo tiempo, sustentable. Así lo asegura **Rodolfo Tula**, extensionista del INTA Benito Juárez, en Buenos Aires, quien destaca la importancia de encontrar el “**justo equili-**

**brio**” entre la productividad y el cuidado de la naturaleza.

Los resultados obtenidos en el establecimiento La Aurora, en Benito Juárez, lo confirman. Tras **14 años de un manejo agroecológico en un sistema mixto** de ciclo completo se disminuyó el uso de productos sintéticos y energía, se aumentó la fertilidad de los suelos, se fijó carbono y nitrógeno, e incrementó la biodiversidad y la productividad de carne y granos.

“Quiero dejarle a mis nietos un campo sano y transmitirles el **respeto por**

**la naturaleza**”, asegura **Juan Kiehr**, productor con descendencia danesa y propietario de La Aurora, que se reconoce “entusiasmado y convencido de que **la preservación del suelo es el mejor camino**”.

Asesorado por el INTA y Eduardo Cerdá, un especialista privado, **fortaleció la rotación en las 605 hectáreas** que componen al establecimiento mediante la asociación de cultivos invernales y estivales con leguminosas. Este manejo, a su vez, **aumentó la fijación de nitrógeno y carbono**, lo que permitió el



aporte de rastrojos para mejorar el contenido de materia orgánica del suelo.

Para Kiehr la receta es simple: “Siembro trigo y trébol rojo durante dos o tres años, luego roto con sorgo y, más tarde, vuelvo con el trigo y pasturas. De vez en cuando cultivo avena y cebada que me proveen de granos para mi campo”. A fin de compensar la falta de fósforo y el balance de nutrientes, incorpora expeller de trigo a la alimentación de sus más de **600 animales**, lo que **elimina el uso de fertilizantes y de energías no renovables**.

“Una **producción agroecológica** entiende de tiempos biológicos y los fortalece para producir sanamente y, al mismo tiempo, busca la rentabilidad. Pensamos en **un sistema equilibrado y estable** ante la variabilidad natural de los eventos climáticos, plagas y enfermedades”, explica Tula.

#### **Integrados y diversos, nuevos modelos productivos**

A fin de apartarse del modelo de intensificación y especialización productiva dominante, **cada vez más productores desarrollan actividades agrícolas y ganaderas en una misma explotación**. De este modo, integran producciones que **se com-**

**plementan y obtienen amplios beneficios sociales, ambientales y económicos.**

En este sentido, **la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas** (FAO, por sus siglas en inglés) insta a las poblaciones a “iniciar cambios estructurales en el estilo de desarrollo, que permitan que las poblaciones vivan dentro de la capacidad de carga de los ecosistemas” y enfatiza en la **necesidad de un desa-**

**rollo sostenible** de los recursos naturales en solidaridad hacia las actuales y futuras generaciones.

En línea con esta idea, surge **la agroecología**. Una **disciplina científica** basada en la aplicación de los principios de la ecología al diseño, desarrollo y gestión de sistemas agrícolas sostenibles que **promueve la conservación de los recursos naturales** elementales para la obtención de alimentos: suelo, agua y biodiversidad.

## **LA AGROECOLOGÍA EN LOS TERRITORIOS**

Con el objetivo de analizar los conflictos generados por los modelos de desarrollo industrial en base a economías formales, el INTA creó la REDAE. Se trata de una Red de Agroecología que articula la generación de conocimientos dentro y fuera del organismo, con el consecuente aporte a la innovación en los territorios.

Son numerosos los logros del INTA en términos de investigación y extensión en materia agroecológica. Entre ellos, diversos casos exitosos de sistemas de producción extensiva e intensiva, con módulos demostrativos de diseño propio y en acción participativa en campos de productores. Este trabajo interdisciplinario genera herramientas que tienen al ser humano como el centro del sistema y permiten diseñar agroecosistemas sostenibles y sustentables que aportan al desarrollo integral de las comunidades.

Para **Natalia Carrasco**, especialista del INTA Barrow, la agroecología busca “generar un **manejo ecológico de los recursos naturales** con el foco tanto en el eje productivo como en el social y ambiental, para generar una alternativa al actual modelo de manejo industrial”.

“Este enfoque **prioriza la optimización de los procesos ecosistémicos** tales como el reciclado de nutrientes y el control biológico para garantizar la preservación del ecosistema y su productividad a largo plazo, lo que asegura **la calidad de vida de la familia productora y de las futuras generaciones**”, afirma.

Y agrega que “el enfoque agroecológico estimula prácticas que buscan **disminuir la dependencia de insumos externos**, asegurar la generación de **alimentos sanos**, lo que favorece la permanencia de los productores familiares”.

#### Que el árbol no tape al ganado

Alternativas de diversificación productiva sobran. Una opción viable es la implementación de un **sistema silvopastoril**, que combina forestación y ganadería y que, según estudios del INTA, **permite cuadruplicar los rendimientos**, entre otras numerosas ventajas para el productor y el ambiente.

De acuerdo con **Pablo Laclau**, técnico del INTA Balcarce, combinar ár-

boles, ganado y forrajeras “redunda en beneficios para el productor” que puede cuadruplicar el rendimiento y **pasar de obtener entre 50 y 100 kilogramos de carne por hectárea** por año a **unos 200 a 400**, según ensayos en campos naturales de sierras del sudeste provincial. A este incremento ganadero hay que sumarle las **ganancias de la venta de la madera**, cuya producción puede arrojar de 100 a 300 metros cúbicos de madera rolliza por hectárea en un ciclo de 20 años.

Entre las **ventajas del sistema silvopastoril**, el especialista pondera la “combinación espacial” en la que los animales aprovechan la producción de pasto y los efectos de los árboles a través del sombreado y la protección microclimática. Además, los árboles crecen más libres por ser plantados a baja densidad y el pasto aprovecha la sombra para que surjan especies forrajeras de mayor calidad y más palatables.

En cuanto a la **producción forestal**, Laclau subraya la **calidad de la madera** obtenida al informar que “una condición necesaria de manejo forestal en los sistemas silvopastoriles son las podas frecuentes ya que evitan el sombreado excesivo y mejoran la forma del tronco. Esto produce una proporción importante de madera libre de nudos, de mejor calidad y precio”.

Puntualmente, la estancia El Puma de la localidad Árbol Blanco, a 90 kiló-

---

**EN EL MUNDO HAY 300 MILLONES DE HECTÁREAS DE TIERRAS PRODUCTIVAS DETERIORADAS EN FORMA IRREVERSIBLE.**

---





**EN LA ARGENTINA,  
60 MILLONES DE  
HECTÁREAS ESTÁN  
AFECTADAS  
POR PROCESOS  
DE EROSIÓN HÍDRICA  
Y EÓLICA.**



metros de Quimilí, Santiago del Estero, posee nueve mil vacas de cría de raza Angus y Braford y una densidad de plantación de 200 árboles por hectárea. Su administrador y productor, **Tomás Dragell**, asegura que “con el sistema silvopastoril **producimos hasta un 30 por ciento más**”. Desde hace ocho años y con el asesoramiento del INTA, trabaja en esta modalidad y se muestra “convencido de sus resultados positivos tanto en ganadería, forestación y pasturas”.

#### **Sistemas mixtos: volver a los orígenes**

Conocido como Cría Bovina Intensiva (CBI), el **sistema mixto agrícola-ganadero** permite integrar la producción agrícola y la intensificación con ganadería pastoril y, así, aumentar la carga animal por hectárea, obtener mayor cantidad de carne de buena calidad, mejorar las propiedades físico-químicas del suelo y multiplicar los rindes de soja y maíz.

“Es volver a los orígenes”, asegura el especialista en CBI, **Martín Correa Luna**, jefe del INTA Venado Tuerto.

Desde ya varios años, explica, los monocultivos “expulsaron” a las vacas de la zona núcleo maicera-sojera, junto con su valiosa capacidad de mantener al equilibrio de nutrientes y fertilidad en cada lote.

De acuerdo con el especialista santafecino, el **desafío** es “expresar el **potencial productivo de los rodeos de cría en ambientes netamente agrícolas**, con base en la rotación del suelo, e incluir a la agricultura en un 80 por ciento y pasturas para ganadería en un 20 por ciento”.

Para esto, recomienda “sumar pasturas base alfalfa a los rastrojos que dejan el maíz y la soja. Esto permite **mantener una carga de cinco vacas por hectárea** sobre pasturas durante primavera-verano y más de una cabeza sobre los rastrojos de cosecha gruesa en otoño-invierno”.

Esta intensificación otorga un mejor balance nutricional en los lotes. “Mientras las plantas toman del suelo calcio, fósforo, potasio y sodio, entre los minerales más destacados, el ganado, al alimentarse y recorrer el lote, devuelve una buena parte de lo que extrajo”, in-

dica Correa Luna, quien también aclara que en los lugares por donde pasó el animal se observa un mejor crecimiento del forraje.

Entre los campos CBI, se destaca el establecimiento mixto El Casco, de Chañar Ladeado, en el sur de Santa Fe. Su propietario, **Raúl Blúa**, logró aumentar y mantener los rindes en maíz y soja, además de llegar a seis cabezas por hectárea. **“Este esquema aporta estabilidad al sistema.** En años secos se mantiene la producción y la rentabilidad, además de **bajar los riesgos** de la producción por la diversificación de actividades”, explica.

### Suelo: eso que tenemos y no valoramos

Aún no se comprende que la vida sobre la tierra depende, en gran medida, de las diferentes funciones cumplidas por la delgada capa de suelos: provisión de alimentos, uso sustentable del agua, conservación de la biodiversidad y control del clima global. Así lo advierte **Roberto Casas**, director del Centro para la Promoción de la Conservación del Suelo y del Agua (PROSA).

Según asegura, “el avance del **monocultivo**, en reemplazo de las rotaciones tradicionales, tiene un **impacto desfavorable sobre las funciones del suelo** y la sustentabilidad del agroecosistema” y destaca que “en la Argentina sólo se repone, aproximadamente, la tercera parte del total de los nutrientes extraídos por los granos”.

Según datos del Centro de Investigación de Recursos Naturales del INTA (CIRN), un **20 por ciento del territorio argentino está afectado por procesos de erosión hídrica y eólica**, que representan unas 60 millones de hectáreas. Asimismo, las regiones áridas y semiáridas del país, que cubren el 75 por ciento de la Argentina, poseen **ecosistemas frágiles** proclives a la desertificación.

Para aumentar la producción nacional y **prevenir el deterioro de la salud del suelo**, desde el CIRN recomiendan controlar los procesos erosivos, reponer los nutrientes extraídos y mantener un elevado flujo de carbono a través de las rotaciones.

#### Más información:

*Martín Correa Luna – jefe del INTA Venado Tuerto, Santa Fe.*



**LA DIVERSIFICACIÓN  
PRODUCTIVA REDUNDA  
EN BENEFICIOS SOCIALES,  
AMBIENTALES  
Y ECONÓMICOS.**



## INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN EL SIGLO XXI



# Jóvenes, ruralidad y nuevas tecnologías en la era digital

En la Argentina, el 95 por ciento de los adolescentes sostiene que las Tecnologías de la Información y Comunicación transforman su comunidad, sin distinguir entre el campo y la ciudad. Para el INTA, son fundamentales para pensar el trabajo de las generaciones futuras en el sector.

Por Daniela Novelli

Cuando Graham Bell logró la **primera comunicación telefónica**, en 1876, marcó el inicio de la cultura mediática basada en la oralidad. En la Nochebuena de 1906, se realizó la **primera emisión de radio**. Hablar, oír, discar, decir: eran las acciones que le dieron ritmo a las relaciones interpersonales y a la vida cotidiana. Hasta que irrumpió la imagen.

En 1927, la BBC efectuó las **primeras emisiones televisivas** en Inglaterra y, a partir de ese momento, estallaron las pantallas. Puesto en el centro de la escena familiar, el televisor ocupaba el salón de la casa y su programación congregaba hasta los vecinos. Tres décadas después, algunas ideas preludivan la posibilidad de generar una red planetaria de computadoras.

Después de varios años de experimentación, en 1991 se creó la **World Wide Web** (más conocida por su sigla

WWW), un medio que permitía el **intercambio global de datos** mediante máquinas conectadas a la red. Con una propuesta que transformaba la lógica tradicional, Internet recuperaba los lenguajes del ver y el decir, al tiempo que hacía una nueva síntesis.

Tras el lanzamiento del iPhone en 2007, **Internet pasó de ser fijo a móvil** y, junto con los nuevos sistemas operativos, hizo prosperar la invención de las aplicaciones web, programas utilizados para optimizar procesos. Como resultado de esa evolución histórica, la información se consolidó como un bien preciado y terminó por coronar la emergencia de la **Sociedad del Conocimiento**.

**Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)** son herramientas que potencialmente permiten igualar posibilidades entre los productores, en tanto amplían el acceso inmediato



a fuentes de información y facilitan el intercambio remoto de datos. Esto agiliza la toma de decisiones y, al mismo tiempo, podría **mejorar la competitividad de los pequeños productores**.

Además, las TIC establecen un **punte generacional** entre los adultos y los jóvenes, socializados en la era digital. De acuerdo con un estudio del INTA (ver recuadro: “Un estudio...”), el **95 por ciento de los adolescentes sostiene que las TIC llegaron para modificar su comunidad**, mientras el 99 por ciento que desea trabajar en el sector utiliza algún dispositivo tecnológico.

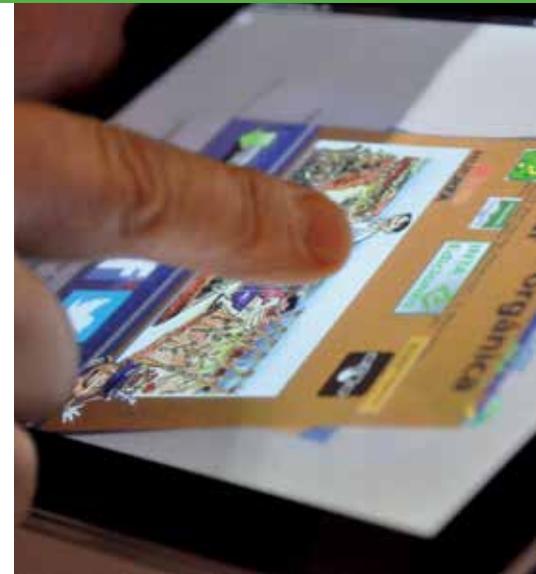
“Como futuros decisores del agro, es fundamental comenzar a pensar contenidos y nuevas vías para acceder a la información”, asegura el responsable del área Nuevas Tecnologías de la Dirección Nacional de Sistemas de Información, Comunicación y Calidad del INTA, **Alejandro Crisafulli**.

Internet le planteó a los sujetos un **nuevo lenguaje** (multimedia y basado en la escritura y la lectura) y otra lógica, ya no secuencial sino más bien de **simultaneidad**. La computadora de escritorio se afincó en los hogares y la conectividad consumió la ruptura de tiempo y espacio, acentuada por el advenimiento de las tecnologías inalámbricas.

“La creación de **Internet** determinó la consolidación de un **único ecosistema cultural mediático, envolvente y global**, que comprende a todos aquellos sujetos que mantienen un vínculo con los diversos medios de comunicación”, afirma el doctor en comunicación social y miembro de la Academia Nacional de Educación, **Roberto Igarza**.

En esa línea, explica que **los medios y las TIC le permiten al individuo relacionarse con el sistema cultural**, lo cual desmitifica la división entre un espacio urbano y otro rural. “Las bre-

**“MÁS ALLÁ DE QUE UN ADULTO PUEDA APRENDER A UTILIZARLAS, EL JOVEN YA VISUALIZA EN LAS TIC UN DISPOSITIVO CAPAZ DE AYUDARLO EN SU TRABAJO Y SU VIDA” (S. BRICCHI).**



**“COMO FUTUROS  
DECISORES DEL AGRO,  
ES FUNDAMENTAL  
COMENZAR A PENSAR  
CONTENIDOS Y NUEVAS  
VÍAS PARA ACCEDER A LA  
INFORMACIÓN”  
(A. CRISAFULLI).**

chas que existen están vinculadas con la forma en que los sujetos se apropian de las tecnologías y con su nivel socioeconómico, pero no con los lugares donde habitan”, apunta.

Así, **la apropiación social de las TIC y su naturalización en la cultura aceleraron su arribo a los procesos agropecuarios.** A la vez, precipitaron la creación de un espacio único e introdujeron cambios en el sujeto, la configuración de un mundo virtual (que condiciona e interactúa con los hechos de la vida cotidiana) y la posibilidad de hacer más urbana la ruralidad.

#### La metamorfosis

“Desde la década del 60, el uso de maquinarias de mayor potencia, biotecnologías y semillas transgénicas provocó **un cambio en la actividad productiva y en el estilo de vida de los productores**”, afirma el doctor en humanidades e investigador de la Universidad Nacional de Rosario y Conicet, **Marcos Urcola.**

En el marco de una investigación, el especialista buscó explorar la apropiación de las TIC por parte de algunos productores de Bigand, un pueblo ubicado a 70 km de Rosario, en Santa Fe. Al principio, su trabajo intentó conocer el impacto de las tecnologías productivas más modernas, pero, en el transcurso, comenzó a vislumbrarse **la importancia del uso de las TIC.**

“Así como las innovaciones en maquinaria y genética transforman las relaciones sociales de producción, la

incorporación de las TIC ha aumentado las posibilidades de dividir el trabajo agrícola en todas sus dimensiones hasta establecerse como los soportes del cambio socioproductivo en el sector rural pampeano”, describe Urcola en su hipótesis.

En esa línea, asegura que estas tecnologías trajeron aparejados **diferentes cambios en la esfera productiva, administrativa y comercial.** La primera alude a la capacidad que tienen las herramientas para facilitar la interacción entre los actores y, de esta forma, otorgarle **mayor eficiencia y velocidad** a los procesos productivos.

“El **celular** le permitió al productor resolver muchos inconvenientes de la vida rural diaria en menos tiempo y de manera más simple, potenciar las relaciones interpersonales y estar en permanente contacto con algunos actores fundamentales en la producción”, indica.

Por su parte, la segunda esfera comprende el **intercambio de información** mediante correo electrónico o del mismo teléfono. “En el caso de los grandes productores, esta tarea es realizada por equipos especializados de ingenieros, contadores e informáticos, mientras que, entre los pequeños productores, suele ser delegada a los jóvenes de la familia”, explica.

Con relación a la tercera, el académico dijo que la mayoría de los productores recibía la cotización de los granos mediante mensajes de texto o la consultaba en los sitios especializados en agronegocios. “Antes debían dirigirse



a la cooperativa o mirar el diario para conseguir esa información. Hoy la pueden disponer de una forma mucho más sencilla”, señala Urcola.

Según un estudio de Target Group Index (TGI), **5 de cada 10 personas elige la Web para informarse**, es decir, el 56 por ciento de la población consultada (10.000 casos). Esto la posiciona como **una fuente primordial de información** por sobre los diarios y la de mayor expansión en la última década, debido a que estaba en el último lugar en el año 2000.

La definición de lo rural opuesto a lo urbano responde a una lógica dicotómica que parece haber quedado extinta. “Aunque cada territorio tiene sus particularidades, **las TIC permiten crear un único espacio**, en el que las **fronteras entre el campo y la ciudad pierden nitidez**, debido al uso tecnológico y a las prácticas digitales que impulsan nuevas formas de sociabilización”, afirma la especialista en comunicación del INTA Rosario, **Soledad Bricchi**.

Esta mirada basada en la **integración** coincide con un momento de revisión del campo de la sociología rural latinoamericana. En un ensayo escrito por Luis Llambí y Edelmira Pérez (2006), los autores proponen “**superar la dicotomía** de una ciencia social abocada a lo ‘lo rural’ versus otra concentrada en ‘las ciudades’ y **sustituirla por un enfoque territorial**”.

“Esta tendencia de lo tecnológico atrae a los jóvenes y le da otro estatus a lo agropecuario, al alejarlo de esa

## UN ESTUDIO SIN ANTECEDENTES

“Desde el INTA se investiga algo que no se abordó antes: el vínculo entre los jóvenes, la ruralidad y las nuevas tecnologías”, dice la especialista en comunicación de INTA Rosario, Soledad Bricchi. El estudio apunta a comprender cómo los jóvenes, socializados en la época digital, adoptan las TIC en el ámbito rural.

“El principal objetivo es conocer las distintas realidades que viven los jóvenes del sector agropecuario y los usos y prácticas devenidos de la apropiación de las TIC para elaborar proyecciones que permitan diseñar líneas de acción transformadoras”, observa.

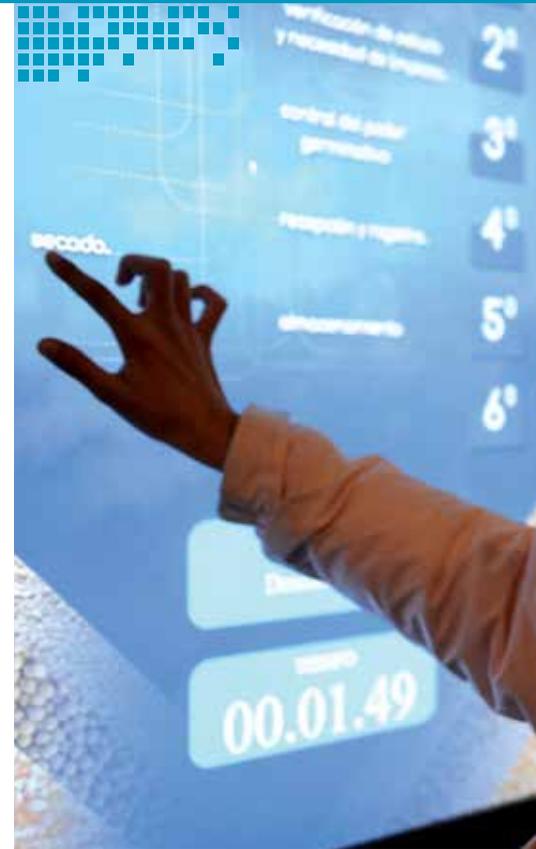
Con el apoyo de la Universidad Nacional de La Plata y de la asociación Fundación Ruta 40, la investigación comenzó en 2012 y se extendió durante 2013. “Este último relevamiento incluyó a 717 adolescentes de todas las macrorregiones del país (NOA, NEA, Centro, Cuyo y Patagonia) que asisten a escuelas rurales y agrotécnicas”, detalla.

Entre los principales resultados, el 54 por ciento de la población proyecta trabajar en el agro, mientras el 99 por ciento de esos jóvenes utiliza algún dispositivo tecnológico. Asimismo, el 57 por ciento vive en la ciudad, aunque considera trabajar en el campo y el 48 por ciento de los que residen en una zona rural planea desempeñarse en el sector agropecuario.

No obstante, se prevé que este estudio continúe hasta 2015, con el desafío de ampliar la muestra de población en virtud de obtener datos que sean representativos del país. La ruralidad y las TIC (identificada como una temática estratégica por la CEPAL, la FAO y el IICA) constituye un área de vacancia que requiere ser abordada para definir el contexto social actual.

idea de ‘austeridad y sacrificio’ asociada con ‘el que está en el campo es un bruto’”, observa Urcola, al tiempo que explica que “los hijos de productores encuentran más interesante el **nuevo modelo agrícola** por sus posibilidades económicas y por el vínculo que pueden establecer con las ‘tecnologías de punta’ y con la Sociedad del Conocimiento”.

Igarza también sostiene que **las TIC le impregnan a la ruralidad cierto “estatus urbano”**, en tanto éste implique una forma de relacionarse con el sistema mediático similar a la que se registra en los espacios urbanos. “Este tipo de vínculo se caracteriza por dos fenómenos principales: el **noma-**



**“LA INCORPORACIÓN DE LAS TIC AUMENTÓ LAS POSIBILIDADES DE DIVIDIR EL TRABAJO AGRÍCOLA EN TODAS SUS DIMENSIONES” (M. URCOLA).**

**dismo tecnológico y la mediatización de las relaciones”,** indica.

En cuanto al primero, señala que la conjunción entre los avances inalámbricos (derivados de Internet móvil) y la convergencia digital permitió que **el sujeto se desplace y lleve consigo las tecnologías.** Por su parte, el hecho de que estas herramientas parezcan “naturales” en la vida cotidiana acelera su **proceso de apropiación y arraigo en la experiencia diaria** (mediatización).

“Si hubo un **salto de paradigma,** se produjo cuando se encontraron Internet y los dispositivos móviles”, señala Igarza y agrega que “esta situación profundiza la dislocación entre lugar y espacio, acentúa la desterritorialización de los consumos y de los vínculos e **instaura nuevas formas de generar, compartir y difundir contenidos**”.

Desde el punto de vista del sujeto, “se está produciendo un fenómeno al que Clay Shirky denomina el **‘excedente cognitivo’**, una idea que des-

taca el valor de las mediatizaciones y la creciente cesión de operaciones cognitivas por parte del sujeto hacia las tecnologías”, analiza.

De acuerdo con un estudio de la consultora Cisco, **se estima que en 2015 habrá 25 mil millones de dispositivos conectados** a escala global, mientras esa cifra se duplicará a 50 mil millones para el 2020, lo cual **superaría a la población mundial.** A medida que el tiempo avanza, **las TIC disminuyen su tamaño y su costo y concentran cada vez más funciones.**

“Este último factor se conoce como **convergencia digital** y alude a la interconexión de diferentes herramientas, plataformas y medios”, describe la investigación realizada por el INTA Rosario. Entre las distintas TIC, el informe destaca que las **tecnologías más utilizadas** son los **smartphones, la net-book del programa Conectar Igualdad** y la computadora de escritorio.

Así, “el acceso a las TIC incide en el cambio a futuro, ya que hoy es impo-



sible estar ajeno a esta situación de avance tecnológico”, asegura la antropóloga rural de la Universidad Nacional de La Plata, **Silvia Attademo**. En esa línea, remarca la importancia de que “todos los productores, aún los más relegados, pudieran aprovecharlas para insertarse de una nueva forma en el territorio”.

### Jóvenes, la clave para el futuro

Si bien la edad no significa un obstáculo para acercarse a las TIC, **los jóvenes** crecidos a partir de la década del 90 **son más permeables ante los cambios**. “Más allá de que un adulto pueda aprender a utilizarlas, el joven ya visualiza un dispositivo capaz de ayudarlo en su trabajo y su vida”, apunta Bricchi.

Incluso podría pensarse que, debido a su paulatina expansión, **estas tecnologías favorecerían el arraigo de los jóvenes en los territorios rurales**. En esa línea, la especialista explica que “las TIC permiten establecer un contacto más inmediato, interactuar, trabajar con otros en simultáneo y hasta **estudiar a distancia**, lo cual evitaría que muchos jóvenes abandonen sus casas”.

Al respecto, Igarza agrega que “**las nuevas tecnologías son susceptibles de cambiar el estado actual de las brechas** culturales, técnicas y vinculadas con la adquisición de competencias profesionales, debido a que facilitan el acceso al conocimiento, promueven su circulación e impulsan ciclos de capacitación y educación virtuales”.

Por su parte, Crisafulli señala que, desde el INTA, se priorizan **dos líneas de acción**: por un lado, el diseño de **cursos de formación** y, por otro, el desarrollo de **aplicaciones móviles**.

Con relación a los cursos, que se dictarán mediante el **Programa de Educación a Distancia**, el primero está dirigido a concientizar sobre el buen uso de las redes sociales (especialmente el manejo de la identidad digital) y el segundo, a incentivar el uso de herramientas como Google Docs, Dropbox

(para almacenamiento de datos en la nube) y Evernote, un anotador digital, entre otras.

En cuanto a las **aplicaciones**, “son pequeños programas que permiten mejorar, facilitar o hacer una tarea rutinaria de forma más rápida y eficiente”, observa Crisafulli, quien además anticipa que “a futuro, el **desafío** es armar una **biblioteca de aplicaciones móviles, en la que se concentren todos los desarrollos del instituto**”.

Según comentó, en general, los sistemas diseñados “apuntan a transmitir información hacia el público, ya que constituye un insumo básico para cualquier industria”. En esa línea, “si un productor dispone de los datos pertinentes en el momento justo, la toma de decisiones resulta más sencilla y muy diferente respecto de hacerla en la incertidumbre absoluta”.

Las TIC equiparan las **posibilidades** entre los productores, en tanto **amplían el acceso** a información estratégica para los procesos del agro. “De cara al futuro”, concluye Bricchi, “**el INTA deberá pensar en nuevas formas de comunicación**, porque los jóvenes no esperarán a las instituciones y ellos ya se perfilan como los próximos decisores del sector”.

### Más información:

*Roberto Igarza – Doctor en Comunicación Social por la Universidad Austral y miembro de la Academia Nacional de Educación, donde preside la comisión de Educación y Medios.*

*Marcos Urcola – Doctor en Humanidades, investigador del Conicet y docente en la Universidad Nacional de Rosario.*

*Silvia Attademo – Antropóloga, docente e investigadora del Centro de Investigación Sociohistórica de la Facultad de Humanidades (UNLP).*

*Alejandro Crisafulli – Responsable del área Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación, Dirección Nacional Asistente de Sistemas de Información, Comunicación y Calidad (INTA).*

*crisafulli.alejandro@inta.gov.ar*

*María Soledad Bricchi – Especialista en Comunicación Social, Dirección Nacional Asistente de Sistemas de Información, Comunicación y Calidad (INTA Rosario).*

*bricchi.maria@inta.gov.ar*

## PROYECTOS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO Y SOCIAL

# “La ciencia es un insumo más para avanzar en el desarrollo del país”

En una entrevista exclusiva, el presidente del CONICET, Roberto Salvarezza, se refiere a un profundo cambio cultural en el trabajo científico para resolver las problemáticas del territorio, potenciar el desarrollo del país e impulsar proyectos interdisciplinarios.

Por Daniela Novelli

*“Uno crea o potencia un sistema científico para apoyar el desarrollo de toda la sociedad”.*

Los Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs) son una apuesta de las instituciones de Ciencia y Técnica para generar innovación orientada a resolver las problemáticas de los territorios. Además de motorizar la transferencia de conocimiento, este tipo de proyectos introduce una nueva forma de evaluación que desafía el método bibliométrico tradicional.

“Hubo diez años de una política sostenida que se dirigió a valorizar la ciencia y eso hizo que hoy esté instalada en el discurso del Estado”, señala, en exclusiva a la Revista RIA, el presidente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Roberto Salvarezza, al tiempo que resalta que “todos los científicos estamos en la búsqueda de una Argentina mejor”.

Así, afirma que el desarrollo tecnológico garantiza el agregado de valor

en la producción y que es clave para que “el país transforme su histórico rol secundario y pasivo”. De acuerdo con Salvarezza, es necesario impulsar el trabajo interdisciplinario y en equipo, “ya que cuanto más compleja sea la pregunta para resolver, más serán los actores y los conocimientos necesarios para abordarla”.

## ¿Considera que la ciencia de hoy es distinta a la de años anteriores?

Lo importante es que hubo diez años de una política de inversiones sostenida, que se dirigió a valorizar la ciencia. Hoy día, está instalada en el discurso del Estado y **todos los científicos estamos en la búsqueda de una Argentina mejor**. En otra época, el tema era “andate rápido, porque no te vamos a pagar el sueldo” y la gente se iba.

Pero ese tipo de definiciones están vinculadas con el tipo de país que uno quiere. Si uno quiere un país que prefiera vivir de los servicios financieros y de la explotación intensiva de los re-

ursos y que genere una producción sin innovación, el sistema científico no importa.

Ahora bien, cuando un país define que quiere fabricar sus radares, generar baterías de litio para no venderlo como materia prima o diseñar tecnologías sustentables con el ambiente, necesita hacer ciencia, promover la innovación, los convenios de transferencia, la federalización del conocimiento, todo. Entonces, **la definición pasa por elegir qué país queremos** y el 2015 será clave para eso.

## ¿Y qué país quiere usted?

Entré en el CONICET en el año 1977 y estudié durante el proceso militar. Después de haber trabajado 30 años en el sistema científico, conocí varios modelos de políticas. Al margen de que podamos discutir aspectos puntuales, este modelo de país es **inclusivo** y más atractivo que el de los 90: apuesta a **generar tecnologías** y **agregado de valor** para la producción primaria y busca darle a la Argentina



**otro horizonte**, diferente a su histórico rol secundario y pasivo.

**¿Considera que estamos es un momento adecuado para generar proyectos tecnológicos con una mirada social?**

En la última década, el presupuesto del CONICET se **duplicó** y la mayoría de las instituciones de Ciencia y Técnica del país recibieron más subsidios. Este esfuerzo del Estado está vinculado con una necesidad: **todos los países consideran al conocimiento como un insumo más**. Se habla de la Sociedad del Conocimiento y ya no tanto de la del Capital, con lo cual uno crea o potencia un sistema científico para apoyar el desarrollo de toda la sociedad.

Este Estado definió que **la ciencia es un insumo más para avanzar en el desarrollo del país** y, por ende, es parte de nuestra obligación responder a sus demandas. No obstante, también dejamos un espacio para satisfacer la curiosidad de los investigadores.

**¿Qué son los Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social?**

En el marco de las acciones de transferencia, los **Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs)** suelen involucrar a varios actores y siempre cuentan con la figura de un **aceptor**, es decir, de una empresa o institución que demanda un proyecto de gestión de conocimiento y que lo financia para obtener un desarrollo tecnológico.

Además de la transferencia, este tipo de iniciativas permitió introducir **otra óptica en el sistema de evaluación del CONICET**. Los investigadores que participan pueden elegir cómo ser evaluados de acuerdo con dos alternativas: el método clásico, basado en la cantidad de papers producidos en su trayectoria académica, o mediante **informes que den cuenta del progreso del proyecto**.

En este último caso, tanto el director como el investigador y el aceptor deben elaborar reportes que indiquen lo realizado y el estado general de las actividades. El objetivo apunta a que

**“LOS INVESTIGADORES QUE PARTICIPAN PUEDEN ELEGIR CÓMO SER EVALUADOS”.**



**“AUNQUE LA INTENCIÓN  
SEA PROMOVER LA  
GESTIÓN DE PROYECTOS  
DE TRANSFERENCIA,  
NADIE CORTA  
LA POSIBILIDAD DE  
TRABAJAR CON LIBERTAD”.**

los investigadores puedan trabajar más tranquilos y sin estar pendientes de la cantidad de artículos que necesitan publicar.

**¿Es una alternativa de evaluación que suelen preferir los investigadores?**

Están mirando. Esta forma de trabajo comenzó el año pasado y hoy cuenta con la participación de 500 investigadores del sistema científico. En particular, el CONICET registró cerca de 40 proyectos en los que intervienen 150 “tecnólogos”.

No obstante, lo importante es que, en la medida que un investigador lo necesite, existe una forma alternativa de evaluación que **facilita la tarea de aquellos científicos dedicados a la producción de tecnologías**. Esto lo pensamos porque sabíamos de las dificultades que tenían algunos para trabajar en proyectos tecnológicos, debido a que no podían publicar esos informes.

**¿Los 150 tecnólogos eligieron ser evaluados de esa manera?**

No, porque si bien un tecnólogo puede ser aquel que publica *papers* sobre tecnología, nosotros, desde el sistema científico, quisimos darle **protección**

a aquellos que llevan a cabo proyectos de **transferencia**. Eso significa que los proyectos deben tener una contraparte, que los reciba y los utilice. Pero no siempre ocurre. Una parte de la comunidad científica investiga o produce tecnologías por su interés a escala internacional o por la propia inquietud del investigador y no tienen un demandante.

Aunque la búsqueda sea proteger la gestión de proyectos de transferencia, nadie corta la posibilidad de trabajar con libertad. Muchos investigadores pueden hacer ambas cosas si lo quisieran: trabajar en un proyecto de desarrollo tecnológico o publicar y continuar con sus becarios. Lo importante es que tengan cobertura, en el caso de que no pudieran llevar adelante ambas actividades.

**Hablamos de transferencia, de proyectos, de trabajo articulado. ¿Estaríamos hablando de hacer ciencia en equipo? ¿Cómo sería eso?**

Hoy **la ciencia se financia con proyectos**, es decir, con propuestas que permitan resolver un problema o responder una pregunta. En este sentido, tratamos de impulsar el **trabajo interdisciplinario y en equipo**, ya que



cuanto más compleja sea la pregunta para resolver, más serán los actores y los conocimientos de otras áreas necesarios para abordarla.

Los PDTs son iniciativas complejas, porque hay que llegar a un producto que, en general, requiere de ingenieros electrónicos, físicos, químicos, biólogos. Son **integradores de conocimientos**, por lo cual se trabaja en equipo o no se trabaja.

En esa línea, hubo un profundo **cambio cultural en el esquema de trabajo científico**. Quedó atrás la imagen del investigador encerrado con sus becarios en un laboratorio, propia de la visión de los años 70 u 80 y comenzó a aparecer una concepción más moderna que alentó el trabajo en equipo. No obstante, hay una parte de la comunidad científica que aún tiene su espacio, su oficina o su laboratorio. Pero es un cambio cultural y como tal tiene avances, retrocesos y fricciones.

**“TODOS LOS CIENTÍFICOS  
ESTAMOS EN LA  
BÚSQUEDA DE UNA  
ARGENTINA MEJOR”.**

## EL CONICET HOY

- 31 es el puesto de la Argentina entre los países productores de conocimiento científico.
- 50 está en el ranking mundial de países innovadores, debido a la calidad de sus universidades.
- 4.800 instituciones de Ciencia y Técnica hay en el mundo.
- 79 es el lugar que ocupa el CONICET en la producción científica a escala global.
- 50 por ciento de la producción científica nacional surge de esa institución.
- 16 veces aumentó su presupuesto entre 2003 y 2014.
- 4 mil millones de pesos ejecuta en la actualidad.
- Más de 20 países mantienen convenios de cooperación con el CONICET.
- 8.500 investigadores trabajan allí.
- 2.500 profesionales y técnicos de apoyo participan de la producción de conocimiento.
- 9.500 son los estudiantes de doctorado y postdoctorado becados por el CONICET.
- 1.200 becarios alcanzan su doctorado cada año.
- 14 Centros Científicos y Tecnológicos (CCT), 2 Centros Multidisciplinarios y 8 Centros de Investigaciones y Transferencia (CIT) en todo el país.
- 225 institutos y centros de investigación conforman la red institucional federal para resolver las problemáticas locales.



**“HUBO 10 AÑOS DE UNA POLÍTICA SOSTENIDA QUE SE DIRIGIÓ A VALORIZAR LA CIENCIA Y ESO HIZO QUE HOY ESTÉ INSTALADA EN EL DISCURSO DEL ESTADO”.**

**Sin embargo, la ciencia nació a partir de compartir el conocimiento.**

Nadie es independiente del conocimiento que se generó en otro lado. Me parece que lo lógico es trabajar en equipo, más allá de aquellos que quieran trabajar solos. Por supuesto que no lo impedimos, pero tratamos de que los investigadores diseñen proyectos de manera colectiva, ya que eso permite aprovechar mejor el financiamiento y la infraestructura y trabajar temas de mayor complejidad. Hace 30 años, había cosas más sencillas por hacer. Ahora, la frontera científica se ha movido a un lugar que **exige equipamiento muy sofisticado, mayor interacción de disciplinas, dinero y proyectos.**

**¿Cómo puede intervenir un investigador en las problemáticas locales?**

La **federalización**, que estamos llevando adelante, apunta a eso. Sería muy triste que en una zona con desertificación no haya gente especializada para resolverla. En ese sentido, el desafío es incentivar la **articulación** entre el CONICET y las universidades de cada región mediante de convenios, en

los cuales las universidades definan las problemáticas y el CONICET genere las becas para trabajarlas. La universidad se define dentro de la sociedad y su misión es producir conocimiento capaz de contribuir con el desarrollo del país.

**¿Significaría pensar a la ciencia como gestora de soluciones?**

Los grandes logros científicos, como la llegada del hombre a la luna, surgieron de proyectos colectivos que utilizaron el **conocimiento para un fin** y que fueron exitosos por el proyecto en sí mismo y no por un paper. En ciencia, no sólo debemos sentir la satisfacción individual por publicar un artículo o por recibir un premio, sino encontrar el placer por los logros colectivos, ya que **la ciencia es un logro colectivo.**

**Más información:**

*Roberto Salvarezza - Presidente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Doctor en Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires, con especialización en nanociencia y nanotecnología. Además se desempeña como investigador visitante en distintas universidades de España y Francia.*

# Pastillas

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

## Repositorios

Luego de la sanción de la ley de acceso libre a la información científica, el INTA creará un repositorio con perfiles de suelos a partir de los relevamientos efectuados por ese organismo desde mediados de los años 60.

El objetivo es preservar en formato digital unas 10 mil fichas edafológicas que corresponden a perfiles de la provincia de Buenos Aires que fueron relevados por el Instituto de Suelos que pertenece al INTA Castelar.

Entre los puntos más importantes de la legislación N.º 26.899 se encuentra la obligatoriedad de dar a conocer los resultados de las investigaciones científico-tecnológicas en forma inmediata.

SERIE:		123	124	125	126	127	128	129
Nº REGISTRO		123	124	125	126	127	128	129
HORIZONTE		A11	A12	A3	B21	B22	B31	B32
PROFUNDIDAD		0-19	19-35	35-44	44-74	74-112	112-150	150-200
MATERIA ORGANICA	C %	14,6	11,4	8,66	8,52	8,35	mit.	mit.
	N %	0,152	0,125	0,090	0,081	0,040	-	-
	C/N	10	9	8	9	9	-	-
AVANCE	< 20	29,2	24,6	27,9	23,5	42,1	30,3	16,0
	20-30	27,9	34,5	30,0	16,5	26,7	35,7	50,4
	30-50	57,6	58,2	55,7	37,0	47,2	59,6	75,2
	50-100	13,4	10,1	10,5	7,4	6,7	2,9	6,8

## Argentina con energías renovadas

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el INTA comprobaron que el 80 por ciento de los recursos forestales de este país constituyen una importante fuente de biomasa energética, una alternativa económica y ambientalmente viable. En un contexto mundial marcado por la dependencia de los combustibles fósiles, cada vez más onerosos y escasos, sumado al aumento del consumo de energía nos llevan a pensar en nuevas alternativas más sustentables y con un menor impacto ambiental. Así, a fin de alcanzar la autosuficiencia y, con ella, el reemplazo de los combustibles fósiles, es que surgen las energías renovables de origen orgánico (biomasa).

## Insectos depredadores

Investigadores del INTA y de la Fundación Miguel Lillo de Tucumán implementaron técnicas de control biológico y lograron reducir el impacto causado por ciertas plagas en cultivos de frutas finas. Para los especialistas, resulta "fundamental" conocer la fauna fitófaga y benéfica asociados a los cultivos a la hora de establecer un sistema de producción integrada y sustentable que asegure sanidad, competitividad y sostenibilidad. Luego de varios estudios relacionados con liberaciones a campo de insectos depredadores, se concluyó que tanto la *Orius insidiosus* (chinche de las flores), como la *Ceraeochrysa claveri* y las Chrysopidae ejercen un efectivo control sobre las poblaciones de trips.



## Secuenciación de Pasto Miel

Mediante un trabajo conjunto entre investigadores de la Argentina y de Australia se logró secuenciar, por primera vez, el genoma funcional de una especie forrajera nativa de nuestro país (pasto miel), y silenciar genes de lignina, que afectan a la digestibilidad de esta gramínea estival. "El resultado del estudio promete impactar fuerte en la productividad ganadera, puesto que cada punto porcentual de reducción de lignina podría significar una mejora de 21 por ciento en la producción de leche o carne", detallaron desde la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA), quien se encargó de realizar las pruebas a campo.

## Girasoles tolerantes a suelos salinos

Científicos argentinos identificaron genotipos que permitirían que la oleaginosa se adapte mejor a tierras con mayor concentración de sales. La investigación, única en la Argentina, fue recientemente publicada en la revista *Plant Biology*. El corrimiento de la frontera agrícola desplazó tanto a la ganadería como a los cultivos tradicionales a zonas marginales, en las que se registra un marcado déficit hídrico y eventos de salinidad. Científicos argentinos buscan identificar genotipos de girasol que resistan mejor a los suelos salinos, lo cual podría favorecer a la extensión de esta oleaginosa a zonas del país que actualmente no son rentables para este cultivo.



# Evaluación de condiciones de proceso y conservación en la calidad de mandarina Satsuma

BELLO, F.<sup>1</sup>; PANOZZO, M.<sup>1</sup>; ALMIRON, N. <sup>1</sup>; VÁZQUEZ, D. <sup>1</sup>

## RESUMEN

Los frutos cítricos de maduración temprana producidos en la Argentina y que son destinados a la exportación, son sometidos a un desverdizado y tiempo de atemperado (descanso) antes de su procesado. Los efectos de la aplicación de etileno y la conservación refrigerada sobre la calidad de los cítricos están bien documentados, sin embargo, no se conoce la influencia de las condiciones del descanso seguidas de una conservación refrigerada en la calidad de estos frutos. En este estudio se evaluaron mandarinas de la variedad Satsuma en distintas condiciones de temperatura, humedad relativa (HR) y contenido de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante el descanso; como así también distintas concentraciones de CO<sub>2</sub> en un almacenamiento refrigerado. El desverdizado se realizó con 1-3 ppm de etileno, durante 72 h a 21 °C y 90% HR. En el descanso se evaluaron condiciones ambientales, 21 °C con y sin control de humedad relativa y frutos envueltos con polietileno a 21 °C. Luego las mandarinas fueron procesadas en una línea de empaque y almacenadas a 5 °C durante 25 días. Para evaluar la influencia del CO<sub>2</sub> en la conservación, los frutos fueron envueltos con polietileno y almacenados a 5 °C con revisiones a los 30 y 60 días. Se determinó que las condiciones en las que se realiza el descanso influyen en la calidad de los cítricos y que dichas alteraciones se mantienen hasta el final de la comercialización. Contenidos elevados de CO<sub>2</sub> durante el descanso no retrasan la evolución del color; sin embargo, los elevados porcentajes de pérdida de peso durante este período provocaron alteraciones en la piel de los frutos luego del almacenamiento refrigerado. Concentraciones altas de CO<sub>2</sub> en la conservación favorecieron la aparición de alteraciones en la piel de los frutos que no son habituales en esta variedad y no se encuentran documentadas.

**Palabras clave:** mandarina Satsuma, desverdizado, descanso, dióxido de carbono, alteraciones fisiológicas.

## ABSTRACT

*The early-season citrus fruit produced in Argentina destined for export is submitted to degreening and tempering before their processing. Although the effects of the degreening and cold storage on quality attributes are well documented, there is no information about the effect of conditions in tempered and cold storage. The aim of this study was to evaluate Satsuma mandarin with different conditions of temperature, relative humidity and CO<sub>2</sub> concentration in tempering processes and study different level of CO<sub>2</sub> in cold storage. Degreening was performed 72 h, with 1-3 ppm ethylene at 21°C and 90% RH, in tempering it was tested: ambient conditions, 21°C with and without humidity control, and fruit wrapped in polythene at 21°C. The fruits were processed on packaging and stored at 5°C for 25 days. The effect of CO<sub>2</sub> on transport was studied in fruits were wrapped*

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Concordia, CC 34 (E3200AQK) Concordia, Entre Ríos, Argentina. Correo electrónico: bello.fernando@inta.gov.ar

in polythene and stored at 5°C during 30 and 60 days. The quality of citrus fruit is affected under tempered parameters and these alterations are maintained until the end of the marketing. High levels of CO<sub>2</sub> in tempered do not delay color development, however high weight loss in tempering can produce undesirable effects in the citrus peel after cold storage. Physiological disorders were higher in cold storage with high levels of CO<sub>2</sub>. In addition, damages are not documented and are not common in this variety.

**Keywords:** degreening, Satsuma, precondition, CO<sub>2</sub>, damage.

## INTRODUCCIÓN

La mandarina Satsuma (*Citrus unshiu*, cv. 'Okitsu') es una variedad de maduración temprana que en la región del Río Uruguay (Argentina) comienza a ser cosechada a mediados del mes de marzo (Anderson, 1996). Sin embargo, esta variedad, como todas aquellas de maduración temprana, presentan la característica que al momento de su cosecha la coloración verde de la piel no es aceptable comercialmente. Por tal motivo, es necesario realizar un proceso de desverdizado, que consiste en la aplicación de etileno exógeno en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa, que permite acelerar el proceso de cambio de color debido a la degradación de la clorofila y simultáneamente la síntesis de carotenoides (Shemer *et al.*, 2008; Matsumoto *et al.*, 2009). No obstante, el desverdizado puede provocar alteraciones fisiológicas en cítricos, como por ejemplo acelerar la caída y ennegrecimiento de los cálices (Navarro *et al.*, 2006; Salvador *et al.*, 2008) y favorecer daños que se producen debido a la exposición a bajas temperaturas durante el almacenamiento (Hatton y Cubbedge, 1981; Yuen *et al.*, 1995), entre otras alteraciones.

En esta zona de producción es una práctica recomendada no procesar los frutos en línea de empaque inmediatamente después de finalizar el desverdizado, por lo que los cítricos se almacenan un tiempo determinado (descanso) en condiciones variables de temperaturas y humedades relativas. Durante este período es importante tener un buen control de las condiciones de almacenamiento debido a que se han documentado daños en la piel de los cítricos asociados a las condiciones previas al almacenamiento refrigerado (Alfárez y Burns, 2004).

Estas variedades de mandarinas de maduración temprana son comercializadas en un gran porcentaje en mercados distantes (Federcitrus, 2012), por lo cual deben ser transportadas largas distancias a bajas temperaturas, condición que podría acentuar las alteraciones asociadas a los procesos de desverdizado y manejo de postcosecha (Sdiri *et al.*, 2012). Diferentes factores pueden inducir similares daños en los frutos, lo que hace difícil determinar el factor preponderante de la alteración (Alfárez *et al.*, 2005). Varios investigadores han informado la influencia de los

contenidos de oxígeno y dióxido de carbono en el desarrollo de daños en la piel de cítricos (Petracek *et al.*, 1998; Tariq *et al.*, 2001). Es por ello que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de distintas condiciones de almacenamiento en el descanso, y luego de la conservación frigorífica en la calidad de mandarinas de la variedad Satsuma que fueron previamente desverdizadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Frutos

Los ensayos se realizaron con mandarinas Satsuma (*Citrus unshiu*, cv. 'Okitsu') provenientes de lotes comerciales de quintas cítricas del departamento Concordia y Federación de la provincia de Entre Ríos. Se tomaron muestras de frutos cosechados en marzo de 2013, previos a su ingreso a las plantas de empaques. Las mandarinas fueron transportadas a los laboratorios de postcosecha de la Estación Experimental Concordia del INTA, donde se seleccionaron y clasificaron frutos homogéneos y libres de daños superficiales.

### 1.º Ensayo. Influencia de las condiciones ambientales en el descanso

Se realizaron tres réplicas de 30 frutos cada uno. Se tomaron al azar 15 frutos por réplica a los cuales se les determinó el peso y el color. Seguidamente todos los frutos recibieron el mismo proceso de desverdizado por un período de 72 horas. El tratamiento se llevó a cabo en una cámara de conservación con inyección discontinua de etileno hasta alcanzar una concentración de entre 1-3 ppm a una temperatura de 21 ± 0,5° C y 95 ± 1% de humedad relativa (HR), con renovaciones de aire discontinuas con un caudal de 12 m<sup>3</sup>/h.

### Temperatura y humedad relativa en el descanso

Para evaluar la influencia de estos parámetros, los frutos fueron expuestos a distintas condiciones de descanso por un período de 72 h, previos a su procesamiento en línea

de empaque. Se estudiaron tres condiciones de descanso sin la aplicación externa de etileno. Cámara 1: condiciones de humedad, temperatura y renovación de aire similares al desverdizado. Cámara 2: condiciones de temperatura y renovación de aire similares al desverdizado sin control de humedad. Galpón: condiciones ambientales en galpón sin control de temperatura y humedad. En la figura 1 se pueden observar los registros ambientales de humedad relativa y temperatura correspondientes al período durante el cual se mantuvieron los frutos en Galpón. Se puede apreciar que la temperatura media fue de  $23,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con registros mayores de  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante esos días; y la humedad relativa media cercana al 80%.

### Concentración de $\text{CO}_2$ en el descanso

Para evaluar la influencia de  $\text{CO}_2$  generado por la fruta en un descanso de 72 h se procedió dejando los frutos de las tres réplicas de un tratamiento envueltos con polietileno de  $200\text{ }\mu\text{m}$  de espesor y colocado en condiciones similares al tratamiento descrito anteriormente.

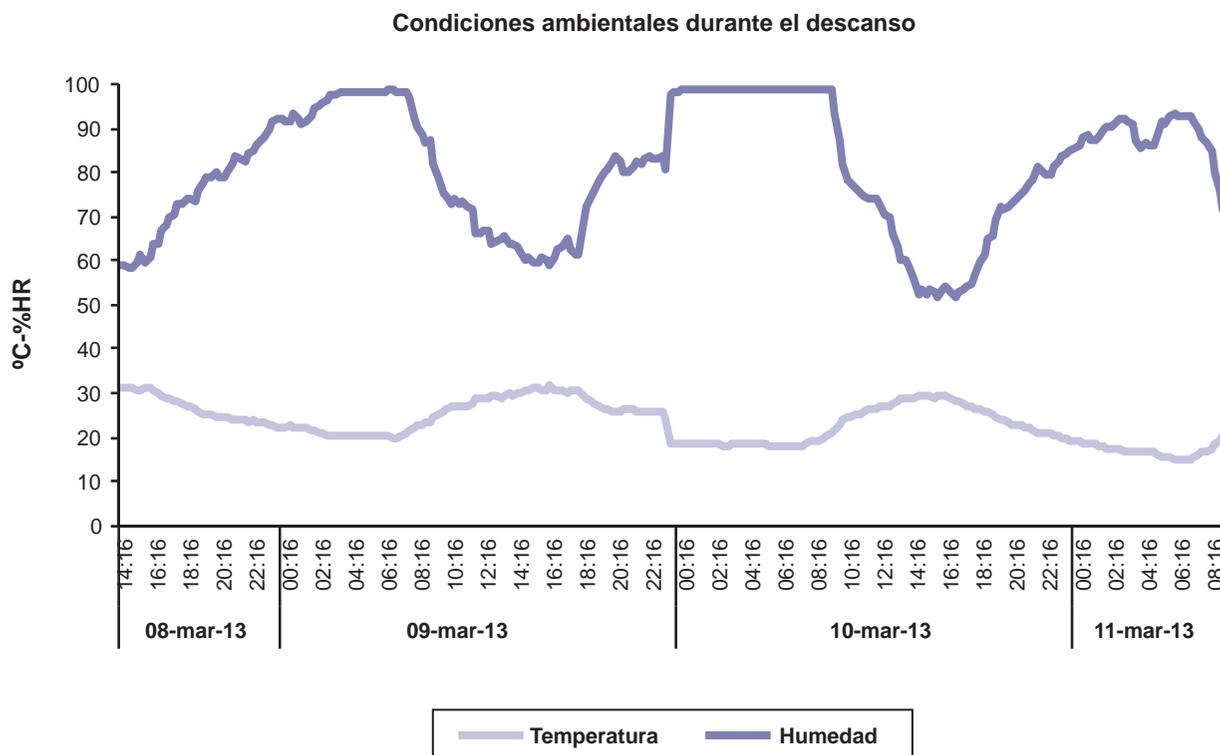
Luego del período de descanso, las mandarinas fueron procesadas en una línea de empaque semicomercial donde los frutos fueron lavados con detergente neutro y cepillos rodantes, enjuagados, secados y encerados con cera de polietileno con un contenido del 18% de sólidos. Posteriormente, los frutos fueron almacenados en cámaras de conservación a una temperatura de  $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  y  $90 \pm 1\%$  de humedad, por un período de 25 días. Seguidamente, los

frutos se almacenaron a  $20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  simulando las condiciones de comercialización.

La pérdida de peso se evaluó a la salida de desverdizado, descanso, conservación y comercialización, mientras que el índice de color se determinó en las tres primeras salidas. El porcentaje de frutos dañados fue evaluado a la salida de conservación y comercialización.

### 2.º Ensayo. Influencia de las condiciones ambientales en la conservación

Se trabajó con frutos provenientes de quintas de productores del departamento de Federación, Entre Ríos. Se definieron dos lotes (1 y 2) que se diferenciaron en el índice de color inicial. Se tomaron al azar 15 frutos por lote a los cuales se les determinó el índice de color y el peso. Las mandarinas fueron colocadas en un ambiente con 1-3 ppm de etileno,  $21 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  y  $90 \pm 1\%$  HR por un período de 72 horas. Seguidamente, se dejó descansar por un período similar sin la aplicación de etileno y manteniendo las demás condiciones constantes. Luego, las mandarinas fueron procesadas en una línea de empaque semicomercial de forma similar al ensayo anteriormente descrito. Posteriormente, los frutos de ambos lotes fueron divididos en dos tratamientos consistentes en tres réplicas de 30 frutos cada uno. Previo al almacenamiento, los frutos de un tratamiento fueron envueltos con polietileno de  $200\text{ }\mu\text{m}$  de



**Figura 1.** Evolución de la temperatura y la humedad relativa ambiental durante los días de descanso en galpón.

espesor para lograr un incremento de la concentración de  $\text{CO}_2$ . Las mandarinas fueron almacenadas 30 y 60 días en cámaras de conservación con una temperatura de  $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$  y  $90 \pm 1\%$  HR. Al finalizar cada período de conservación se evaluaron los tratamientos con y sin envoltura de ambos lotes. Seguidamente, los frutos se almacenaron a  $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$  simulando las condiciones de comercialización, todos sin envolturas. Se realizaron determinaciones de índice de color y pérdida de peso luego del proceso de descanso, conservación y comercialización. Se realizó, además, el recuento de frutos dañados y la determinación del índice de madurez, definida como el cociente del contenido de los sólidos solubles y la acidez.

### Análisis de calidad

Se determinó el color por medio del Índice de Color ICC = 1000a/Lb (Jiménez-Cuesta *et al.*, 1981), con colorímetro triestímulo Minolta modelo CR-300. Para cada fruto se realizaron dos determinaciones en su parte ecuatorial y en puntos equidistantes. Este parámetro se expresó como valor absoluto (ICC) o como la diferencia de ICC entre dos etapas del proceso ( $\Delta$  ICC). La pérdida de peso fue determinada como porcentaje con respecto al peso inicial, se utilizó para ello una balanza Sartorius, modelo LC 1200S. La calidad interna de los frutos se evaluó sobre tres muestras de cinco frutos por tratamiento. El porcentaje de jugo se determinó mediante extracción manual del jugo de tres repeticiones de cinco frutos por cada réplica, como el cociente del volumen (mL) y el peso (g) expresándolo en forma porcentual. Los sólidos solubles se determinaron en el jugo obtenido de cada réplica, se utilizó un refractómetro digital Atago modelo Pocket PAL-1, y se expresó como porcentaje de sólidos disueltos. La acidez se midió por titulación volumétrica del jugo obtenido de tres réplicas de cinco frutos. Se utilizó hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N, utilizando fenolftaleína como indicador y expresando el resultado como mg de ácido cítrico en 100 ml de jugo. El índice de madurez se calculó como el cociente entre los sólidos solubles y la acidez. La concentración de  $\text{CO}_2$  se determinó por medio de tubos colorimétricos con una bomba manual marca Gastec modelo 801.

### Análisis estadísticos

Los procedimientos estadísticos fueron realizados utilizando un software (Statgraphics plus 5.1, Manugistics, Inc., Rockville, MD, USA). Todos los datos fueron sujetos a un análisis de varianza (ANVA), y las medias fueron comparadas usando el test de Tukey para  $P < 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los parámetros internos de calidad de los frutos al iniciar los ensayos. En la misma se puede observar que los valores de porcentaje de jugo son aceptables para los distintos ensayos y que difieren significativamente entre ellos en el índice de madurez. Se debe tener en cuenta que el límite exigido por la legislación (IASCAV, 1993) para la comercialización de esta especie es de 7.

### 1.º Ensayo. Temperatura y humedad relativa en el descanso

Los valores iniciales de índice de color (ICC) para los frutos de este ensayo fueron: Cámara 1:  $-12,5 \pm 1,7$ ; para los frutos en Cámara 2:  $-12,6 \pm 1,8$  y de  $-11,1 \pm 1,9$  para los frutos en Galpón.

Luego del proceso de desverdizado, los distintos tratamientos no presentaron diferencias significativas en el incremento de índice de color ( $\Delta$ ICC) antes y después de este proceso con valores cercanos a 9 (tabla 2). Sin embargo, luego del período de descanso se observa que el tratamiento en Galpón presentó diferencias significativas en la variación de este parámetro con respecto a los demás, lo que podría deberse a la mayor temperatura media a la que fueron expuestos los frutos, con registros superiores a  $30^\circ\text{C}$ . Distintos investigadores encontraron una menor evolución del color en frutos sometidos a temperatura elevadas durante el proceso de desverdizado (Plaza *et al.*, 2004; Tietel *et al.*, 2010). En estudios previos realizados en Concordia, en otras variedades se determinó que la evolución ICC luego del desverdizado a  $21^\circ\text{C}$  y  $28^\circ\text{C}$  fue menor a mayor temperatura (datos no publicados). La temperatura óptima de degradación de clorofila es alrededor de  $28^\circ\text{C}$ , la de síntesis de carotenoides de  $18^\circ\text{C}$  y la de respiración y otros procesos no deseables de  $40^\circ\text{C}$ . A  $30^\circ\text{C}$ , se paraliza completamente la síntesis de carotenoides y se inicia su degradación (Jiménez-Cuesta *et al.*, 1983).

Los ICC a la salida de conservación y comercialización no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, alcanzando valores normales para esta variedad de mandarinas, cercanos a 1,5 y superiores a 2 a la salida de conservación y comercialización, respectivamente. Esto estaría indicando una coloración con tonalidad amarilla muy aceptable para su comercialización. Similares evoluciones de color fueron reportados por otros investigadores (Vázquez *et al.*, 2004; Meier *et al.*, 2008) que realizaron experiencias partiendo de ICC similares.

Ensayo	Porcentaje de jugo	Sólidos solubles	Acidez	Índice de madurez
1º	46,6 +/- 1,1	10,1 +/- 0,4	2,09 +/- 0,10	4,85 +/- 0,3
Lote 1	42,0 +/- 2,8	9,1 +/- 0,2	0,73 +/- 0,06	12,4 +/- 0,8
2º	41,5 +/- 6,3	9,8 +/- 0,2	0,98 +/- 0,10	10,0 +/- 0,9
Lote 2				

Tabla 1. Calidad interna de mandarinas al momento de la cosecha (promedios y desviación estándar).

Tratamiento	$\Delta$ ICC	$\Delta$ ICC
	Desverdizado - Inicial	Descanso - desverdizado
Cámara 1	9,16 +/- 1,26 a	3,17 +/- 0,92 a
Cámara 2	9,13 +/- 1,02 a	3,22 +/- 1,12 a
Galpón	8,59 +/- 1,34 a	2,65 +/- 0,84 b

**Tabla 2.** Incremento del índice de color en los frutos al finalizar los procesos de desverdizado y descanso.

Letras distintas para una misma columna indican diferencias significativas. Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Las pérdidas de peso de los frutos para los distintos tratamientos se pueden observar en la figura 2, se muestra un comportamiento similar al índice de color, siendo los frutos del tratamiento Galpón los que presentaron una mayor pérdida de peso, la cual se mantuvo durante todo el proceso. Estas importantes deshidrataciones producidas en el descanso serían las responsables del elevado porcentaje de frutos con manchas (24,4% +/- 6,9) a su salida de conservación de 25 días a 5 °C. Los mismos presentaron una alteración en la piel características de frutos que sufren una elevada pérdida de peso. Este tratamiento se diferenció significativamente con respecto a la fruta que fue mantenida en cámaras 1 y 2, que alcanzaron porcentajes de frutos manchados de 7,8% +/- 5,1 y 10,0% +/- 3,4, respectivamente.

#### Contenido de CO<sub>2</sub> en el descanso.

Los frutos que fueron recubiertos con polietileno alcanzaron al final del descanso una concentración de CO<sub>2</sub> cercana a los 2.500 ppm. El índice de color no fue afectado por esta concentración de dióxido de carbono luego del descanso ni durante la posterior conservación (figura 3).

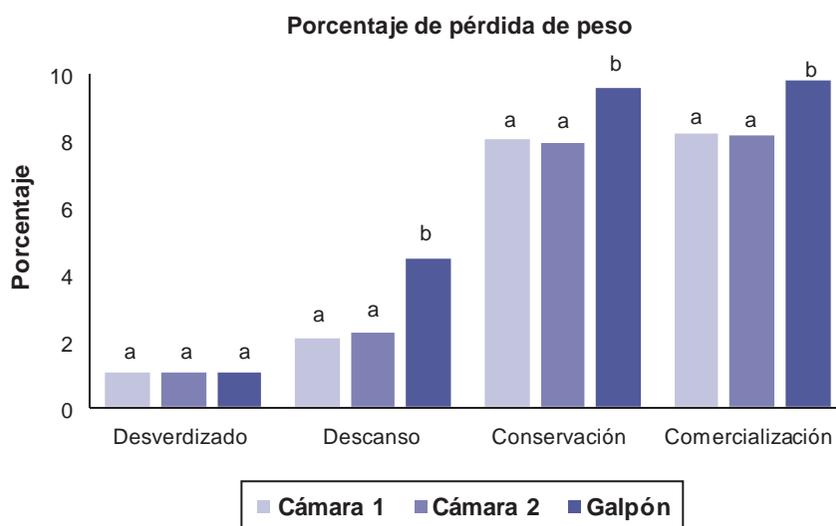
La pérdida de peso de las mandarinas puede observarse en la tabla 3. Las menores pérdidas de peso en los frutos con film presentaron diferencias significativas a partir del descanso. Como consecuencia, este tratamiento logra un menor recuento de daños asociados a la deshidratación al final de la conservación, disminuyendo de 7,8% +/- 5,1 a un 1,1% +/- 1,9 los frutos con daños.

#### 2.º Ensayo. Condiciones ambientales en la conservación

Las mandarinas de los tratamientos que fueron recubiertos con film alcanzaron, en una conservación de 30 días, concentraciones de CO<sub>2</sub> promedio de 6.000 ppm para las tres repeticiones del lote 1 y de 3.500 ppm para el lote 2. Mientras que para una conservación de 60 días, los valores fueron de 10.000 ppm para el lote 1 y de 7.800 ppm para el lote 2.

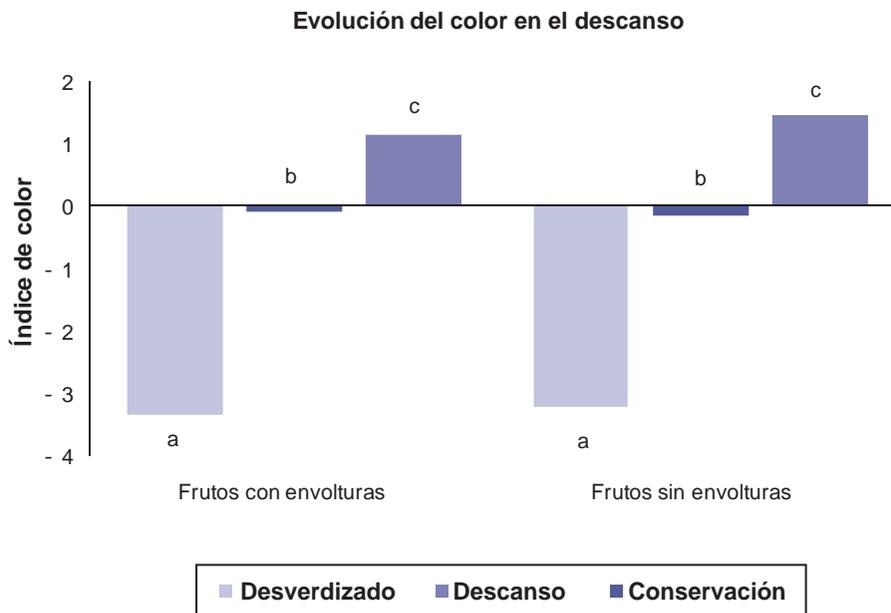
Los frutos del lote 1 iniciaron el ensayo con un rango de índice de color entre -8,9 a -10,8 mientras que para el lote 2 el rango fue de -11,2 a -14,4 (valores que representan colores verdosos en los frutos). Luego de los procesos de desverdizado y descanso, las mandarinas alcanzaron valores cercanos a 0 para el primer lote, y de -1 para el segundo (tonalidades amarillas en los frutos); como puede observarse en las tablas 4 y 5.

El índice de color de las mandarinas, luego de una conservación de 30 días, evolucionó, observándose una diferencia significativa entre tratamientos para los frutos del lote 1 y sin diferencias para el lote 2. Similar comportamiento se puede observar luego del período de comercialización. Si bien estadísticamente se observaron diferencias entre las medidas instrumentales de ICC entre los tratamientos del lote 1, debido a que dichas diferencias



**Figura 2.** Pérdida de peso porcentual de mandarinas durante el ensayo

Letras diferentes dentro de una misma salida presentan diferencias significativas Tukey ( $P \leq 0,05$ ).



**Figura 3.** Evolución del Índice de color en mandarina Satsuma. Letras diferentes para una misma salida presentan diferencias significativas Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Tratamiento	Pérdida de peso			
	Desverdizado	Descanso	30 días	30+7 días
Sin Film	1,00 +/- 0,3 a	2,01 +/- 0,5 b	7,96 +/- 1,4 b	8,05 +/- 1,4 b
Con Film	0,94 +/- 0,2 a	1,29 +/- 0,2 a	6,33 +/- 0,9 a	6,43 +/- 0,8 a

**Tabla 3.** Pérdida de peso en frutos con y sin envoltura plástica. Letras distintas para una misma columna indican diferencias significativas. Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Lote	Tratamiento	Evolución del ICC en una conservación de 30 días		
		Descanso	30 días	30+7 días
Lote 1	Sin Film	0,00 +/- 1,17 a	2,52 +/- 0,94 a	3,27 +/- 0,94 a
	Con Film	- 0,28 +/- 1,17 a	3,24 +/- 0,92 b	4,12 +/- 1,00 b
Lote 2	Sin Film	- 0,62 +/- 1,65 A	3,15 +/- 1,09 A	4,08 +/- 1,12 A
	Con Film	- 1,19 +/- 1,32 A	2,67 +/- 0,98 A	3,70 +/- 1,00 A

**Tabla 4.** Valores de ICC de mandarinas luego del descanso, conservación de 30 días y comercialización. Letras minúsculas distintas para una misma columna y lote indican diferencias significativas. Letras mayúsculas distintas para una misma columna y lote indican diferencias significativas. Tukey ( $P \leq 0,05$ )

son menores a 1 no pueden ser detectadas sensorialmente (Bello *et al.*, 2012).

Luego de una conservación de 60 días no se observan diferencias en el color de los frutos en el lote 1, mientras que en el lote 2 se conservan las diferencias que se desarrollaron en el descanso. No obstante, las mismas no pueden ser detectadas visualmente, sino solo a través de mediciones instrumentales.

Las pérdidas de peso en los tratamientos con conservaciones cortas (30 días) alcanzaron valores cercanos al 3% aproximadamente, en los frutos con y sin envoltura del primer lote, con pesos de mandarinas en un rango de 127 a 155 g. Mientras que para el segundo lote los valores de pérdida de peso fueron del 5% y 11% para los tratamientos con y sin envoltura respectivamente, y con un rango de peso entre 90 a 112 g. En ambos casos, las menores pérdidas de peso se observaron en los fru-

Lote	Tratamiento	Evolución del ICC en una conservación de 60 días		
		Descanso	Conservación	Comercialización
Lote 1	Sin Film	0,06 +/- 1,21 a	4,42 +/- 1,13 a	5,66 +/- 1,25 a
	Con Film	-0,23 +/- 1,28 a	4,74 +/- 1,41 a	6,14 +/- 1,19 a
Lote 2	Sin Film	-0,66 +/- 1,54 A	4,36 +/- 1,15 A	5,95 +/- 1,19 A
	Con Film	-1,63 +/- 1,85 B	4,94 +/- 1,24 B	6,68 +/- 1,11 B

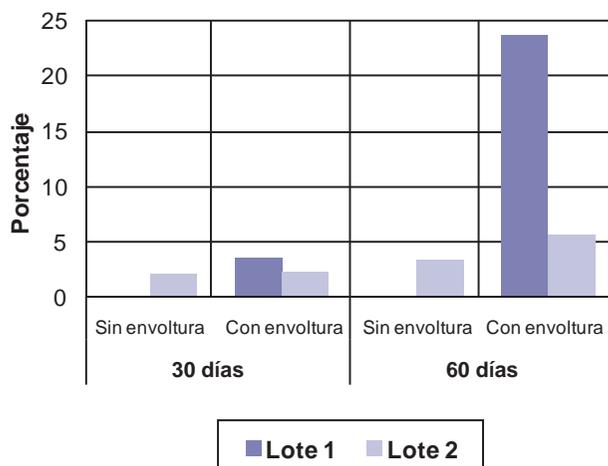
**Tabla 5.** Valores de ICC de mandarinas luego del descanso, conservación de 60 días y comercialización.

Letras minúsculas distintas para una misma columna y lote indican diferencias significativas. Letras mayúsculas distintas para una misma columna y lote indican diferencias significativas. Tukey ( $P \leq 0,05$ )

tos envueltos con polietileno. En frutos sometidos a una conservación de 60 días se observó un comportamiento similar. En el lote 1, frutos con y sin envoltura, alcanzaron valores de 4,2% y 9,9% de pérdida de peso, respectivamente. Mientras que para el segundo lote las pérdidas de peso fueron del 6% y 13%.



**Porcentaje de fruto con daños**



**Figura 4.** Frutos con daños a los distintos tiempos de conservación a 5° C.

Cabe destacar que los frutos en este ensayo no desarrollaron los típicos síntomas de manchado de la piel asociados a deshidratación o daño por frío (picado), sino que los mismos se manifestaron como un daño superficial más o menos extenso de color pardo a oscuro, como se ve en la fotografía. Este daño pudo observarse a los 30 días de conservación con un recuento menor al 5% en frutos envueltos con polietileno provenientes del lote 1; mientras que en el lote 2, se pudo observar en los frutos con y sin envoltura. Por el contrario, a los 60 días de almacenamiento, el recuento de frutos con este tipo de alteración superó el 20% en frutos envueltos proveniente del lote 1, mientras que en el lote 2 los porcentajes fueron de alrededor del 5% (figura 4).

#### Síntoma de daños desarrollados en los frutos de mandarinas Satsumas en conservación a 5 °C durante 60 días.

Diferentes investigadores (Hatton y Cubbedge, 1981; Lafuente *et al.*, 2001; Salvador *et al.*, 2006; Kazuhiro-Edagi *et al.*, 2010) han demostrado que el etileno puede desempeñar un papel importante en el desarrollo de alteraciones en la piel de los frutos, como por ejemplo el daño por frío. En otras regiones de producción (Ghasemnezhad *et al.*, 2008) la variedad Satsuma sin desverdizado previo, al ser almacenada a 2 °C, presentó un daño por frío con características similares a las observadas en nuestros ensayos. En las condiciones de este trabajo no se produjeron síntomas típicos de daño por frío, siendo la temperatura de almacenamiento la de uso frecuente en la conservación de cítricos en la zona. Debido al distinto comportamiento observado en los frutos de ambos lotes se considera que la aparición de este tipo de alteraciones no obedece exclusivamente a las condiciones de manejo y conservación en postcosecha.

#### CONCLUSIONES

Los ensayos realizados indican que las condiciones ambientales a las que son sometidos los frutos durante todo el proceso de desverdizado y almacenamiento pueden alterar significativamente la calidad de los frutos tratados. Se recomienda que el descanso de los frutos, luego del

desverdizado, se realice bajo condiciones de humedad y temperatura controladas para mejorar la evolución del índice de color, minimizar la pérdida de peso de los frutos y las alteraciones fisiológicas asociadas. Se pudo identificar que elevadas concentraciones de dióxido de carbono en cortos períodos de tiempo no alteran la evolución del color en mandarinas Satsuma. Sin embargo, cuando la exposición a altas concentraciones del gas se prolonga en el tiempo, podría favorecerse la aparición de alteraciones fisiológicas en la piel de los frutos de esta variedad. Las alteraciones fisiológicas observadas en el presente trabajo no pueden ser atribuidas exclusivamente a condiciones de manejo postcosecha, no obstante, se ven acentuadas por conservaciones prolongadas y con elevados contenidos de dióxido de carbono.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de Laura Eyman, Mariela Derudder, productores citrícolas y la financiación del Proyecto PNAlyAV-1130043.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALFEREZ, F.; BURNS, J. 2004. Postharvest peel pitting at non-chilling temperatures in grapefruit is promoted by changes from low to high relative humidity during storage. *Postharvest Biology and Technology* 32:79–87.
- ALFEREZ, F.; ZACARIAS, L.; BURNS, J. 2005. Low relative humidity at harvest and before storage at high humidity influence the severity of postharvest peel pitting in citrus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130 (2):225-231.
- ANDERSON, C. 1996. Variedades cultivadas en el área del río Uruguay. En: *Manual para productores de naranjas y mandarinas de la región del río Uruguay*. INTA. Cap. 7:63-92.
- BELLO, F.; VÁZQUEZ, D.; ALMIRÓN, N.; MEIER, G.; COCCO, M. 2012. Sensory analysis as an instrument for colour measurement in Satsuma and Nova mandarin fruits. En: *Proc. Int. Soc. Citriculture*, Valencia, España. p. 362.
- FEDERCITRUS (Federación Argentina del Citrus). 2012. La actividad citrícola Argentina. Anuario estadístico de la citricultura argentina, comprende el período 2011.
- HATTON, T.; CUBBEDGE, R. 1981. Effects of ethylene on chilling injury and subsequent decay of conditioned Early "Marsh" grapefruit during low-temperature storage. *HortScience* 16 (6):783-784.
- GHASEMNEZHAD, M.; MARSH, K.; SHILTON, R.; BABALAR, M.; WOOLF, A. 2008. Effect of hot water treatments on chilling injury and heat damage in 'satsuma' mandarins: Antioxidant enzymes and vacuolar ATPase, and pyrophosphatase. *Postharvest Biology and Technology* 48:364–371.
- KAZUHIRO-EDAGI, F.; LYE JOMORI, M.; KLUGE, R.; PEREIRA, G.; AZEVEDO, R.; SESTARÍ, I. 2010. Inibição da ação do etileno retarda o desenvolvimento de injúrias de frio em tangor 'Murcott'. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.40, n.7, p.1530-1536.
- IASCAV. 1993. Reglamentaciones de Frutas Frescas Cítricas para el Mercado Interno y la Exportación.
- JIMÉNEZ-CUESTA, M.; CUQUERELLA, J.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M. 1981. Determination of a color index for citrus fruit degreening. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 2:750–753.
- JIMÉNEZ-CUESTA, M.; CUQUERELLA, J.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M. 1983. Teoría y práctica de la desverdización de los cítricos. INIA.
- LAFUENTE, M.; ZACARIAS, L.; MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M.; SÁNCHEZ-BALLESTA, DUPILLE, E. 2001. Phenylalanine Ammonia-lyase As Related to Ethylene in the Development of Chilling Symptoms during Cold Storage of Citrus Fruits. *J. Agric. Food Chem.* 49:6020-6025
- MATSUMOTO, H.; IKOMA, Y.; KATO, M.; NAKAJIMA, N.; HOSAGAWA, Y. 2009. Effect of postharvest temperature and ethylene on carotenoid accumulation in the flavedo and juice sacs of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit. *J. Agric. Food Chem.* 57:4724–4732.
- MEIER, G.; COCCO, M.; VÁZQUEZ, D. 2008. Desverdizado de frutos cítricos. Experiencias en naranjas y mandarinas. Serie de Extensión N.º 3. 26 pp.
- NAVARRO, P.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M.; CUQUERELLA, J.; SALVADOR, A.; MONTERDE, A. 2006. Respuesta a la desverdización de nuevas variedades extratempranas de Clementinas. *Levante Agrícola* nº 381:216-221.
- PLAZA, P.; SANBRUNO, A.; USALL, J.; LAMARCA, N.; TORRES, R.; PONS, J.; VIÑAS, I. 2004. Integration of curing treatments with degreening to control the main postharvest diseases of clementine mandarins. *Postharvest Biology and Technology* 34:29–37.
- PETRACEK, P.; DOU, H.; PAO, S. 1998. The influence of applied waxes on postharvest physiological behavior and pitting of grapefruit. *Postharvest Biology and Technology* 14:99–106.
- SALVADOR, A.; CARVALHO, C.P.; MONTERDE, A.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M. 2006. 1-MCP Effect on chilling injury development in 'Nova' and 'Ortanique' mandarins. *Food Science and Technology International* 12:165-170.
- SALVADOR, A.; NAVARRO, P.; MONTERDE, A.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M. 2008. Postharvest application of auxins to control calyx senescence in clementines submitted to degreening treatment. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 11:1377–1382.
- SDIRI, S.; NAVARRO, P.; MONTERDE, A.; BENABDA, J.; SALVADOR, A. 2012. New degreening treatments to improve the quality of citrus fruit combining different periods with and without ethylene exposure. *Postharvest Biology and Technology* 63:25–32.
- SHEMER, T.A.; HARPAZ-SAAD, S.; BELAUSOY, E.; LOVAT, N.; KROKHIN, O.; SPICER, V.; STANDING, K.G.; GOLDSCHMIDT, E.E.; EYAL, Y. 2008. *Citrus chlorophyllase* dynamics at ethylene-induced fruit color-break: a study of chlorophyllase expression, posttranslational processing kinetics, and *in situ* intracellular localization. *Plant Physiol.* 148:108–118.
- TARIQ, M.; TAHIR, F.; ASI, A.; PERVEZ, M. 2001. Effect of Controlled Atmosphere Storage on Damaged Citrus Fruit Quality. *Int. J. Agri. Biol.* 3(1).
- TIETEL, Z.; WEISS, B.; LEWINSOHN, E.; FALLIK, E.; PORAT, R. 2010. Improving taste and peel color of early-season Satsuma mandarins by combining high-temperature conditioning and degreening treatments. *Postharvest Biology and Technology* 57:1–5.
- VÁZQUEZ, D.; MEIER, G.; COCCO, M.; VALLEJOS, E. 2004. Desverdización de mandarinas y naranjas tempranas con destino a los mercados de exportación. Carta Circular RIAC N.º 23 y 24, Poscosecha de cítricos y algunos temas de comercialización, 2-8.
- YUEN, C.M.C.; TRIDJAJA, N.O.; WILLS, R.B.H.; WILD, B.L., 1995. Chilling injury development of 'Tahitian' lime, 'Emperor' mandarin, 'Marsh' grapefruit and 'Valencia' orange. *J. Sci. Food Agric.* 67:335–339.

# Rendimiento de grano y eficiencia en el uso del agua en maíz bajo riego complementario con agua salina

SAENZ, C.A.<sup>1</sup>; GÓMEZ HERMIDA, V.F.<sup>2</sup>; FRIGERIO, K.L.<sup>1</sup>; MORÁBITO, J.A.<sup>3</sup>; TERENTI, O.A.<sup>1</sup>; CORTÉS, M.P.<sup>1</sup>

## RESUMEN

En San Luis, Argentina, el cultivo de maíz es relevante con un rendimiento medio de grano de 1.600 kg ha<sup>-1</sup> inferior al potencial con riego complementario (14.000 kg ha<sup>-1</sup>). No siempre se dispone de agua de calidad para riego pero en la región semiárida con suelos permeables se podrían estabilizar los rendimientos con riego complementario con agua salina. El objetivo del trabajo fue determinar el rendimiento en grano y la eficiencia en el uso del agua del cultivo de maíz con distintos niveles de riego con agua salina y fertilización con nitrógeno y fósforo. Durante las campañas agrícolas 2005-06 y 2006-07 se evaluó el rendimiento de maíz con tres niveles de riego, 100% y 50% del requerimiento hídrico y seco; y nueve niveles de fertilización combinando nitrógeno y fósforo. Se regó por aspersión con agua salina con una conductividad de 4,26 dS m<sup>-1</sup>. El diseño estadístico fue anidado. Las dosis de riego fueron determinadas con datos meteorológicos históricos corregidas quincenalmente a través del contenido hídrico del suelo. El rendimiento se determinó mediante la cosecha de dos metros lineales del surco central de cada parcela, calculándose la producción de grano y la eficiencia de uso del agua. Durante el primer año con precipitaciones menores a la media la producción de los tratamientos de riego fue superior al de seco, mientras que en el segundo año con precipitaciones superiores a la media se observaron mayores rendimientos en tratamientos con 50% de riego. No se encontró respuesta a la fertilización nitrogenada ni fosforada en cuanto a rendimiento y EUA durante la primera campaña, aunque se logró estabilizar los rendimientos regando con agua salina. Durante el segundo año los mayores rendimientos se lograron con niveles de fertilización y riego medios, y los tratamientos de seco también lograron un buen desempeño.

**Palabras clave:** irrigación, rendimiento, salinidad.

## ABSTRACT

*In San Luis Province, Argentina, maize is annually cultivated, with an average grain yield of 1,600 kg ha<sup>-1</sup>, by far below of the potential yield with complementary irrigation (15,000 kg ha<sup>-1</sup>). Quality water is not always available for irrigation. However, in semiarid region with permeable soils it is possible to reach stabilize maize yields by using supplementary irrigation with saline water. This work evaluated the yield and water use efficiency of maize crop cultivation under different irrigation levels with saline water and fertilization with nitrogen*

<sup>1</sup>Estación Experimental San Luis, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Rutas Nac. N.º 7 y 8, Villa Mercedes (S.L).

Correo electrónico: saenz.claudio@inta.gob.ar

<sup>2</sup>IPAF Pampeano.

<sup>3</sup>UNCU, INA.

and phosphorus. During two growing seasons (2005-2007) evaluated maize yield with three irrigation levels: 100% and 50% of water crop requirements, and unirrigated land; and nine fertilization treatments which the combination of different levels of nitrogen and phosphorus. The crop was sprinkler irrigated with saline water, conductivity was  $4.26 \text{ dS m}^{-1}$ . The statistic design for fertilization treatment was nested. Irrigation levels were determined on the basis of the historical data, and corrected biweekly by considering the soil water content. Grain yield was measured along two central lineal meters by plot and water use efficiency (WUE) was also measured. During the first year of the study the precipitation was below average, the crop yield were statistically ( $\alpha = 0.05$ ) higher under irrigation than on the un-irrigated treatment. In the second year the precipitation was higher average, crop yield in treatments with 50% of irrigation was significantly higher than in the other ones. This year don't found response to nitrogen and phosphorus fertilization about crop yield and water use efficiency, but saline water irrigation allowed stabilized yields. In second year the higher yields were achieved with average irrigation and fertilization levels, the anirrigated treatment also achieved good performance.

**Keywords:** irrigation, yield, salinity.

## INTRODUCCIÓN

La región semiárida pampeana, comprendida entre las isoyetas de 500 y 700 mm año<sup>-1</sup> se caracteriza por ser una zona mixta de agricultura extensiva con cultivos estivales en secano (Orta, 2006). La agricultura se encuentra en expansión debido a que las precipitaciones se incrementaron a razón de 1,77 mm año<sup>-1</sup> (Echeverría y Kall, 1990).

En San Luis es tradicional el cultivo de maíz en secano, con un rendimiento de grano bajo y variable entre años:  $1.609 \pm 690 \text{ kg ha}^{-1}$  (Veneciano y Frigerio, 2002). Esto se explica por la escasa oferta de nutrientes del suelo y la limitada disponibilidad hídrica (Veneciano *et al.*, 2005).

El rendimiento de maíz en secano es inferior a los 14.000 kg ha<sup>-1</sup> que se puede lograr bajo riego complementario (Garay y Colombino, 2002). En Río Cuarto se han reportado rendimientos bajo riego de 7.252 kg ha<sup>-1</sup> (Puiatti, 1985) y 16.000 kg ha<sup>-1</sup> (Rivetti, 2005).

La eficiencia en el uso del agua para producción de grano varía con las características edafoclimáticas, estimándose en 12 kg mm<sup>-1</sup> (Doorenbos y Kassam, 1979); aunque se han obtenido valores de 10,84 kg mm<sup>-1</sup> (Puiatti *et al.*, 1985), 27 y 29 kg mm<sup>-1</sup> (Rivetti, 2005); y 12,38, 17,66 y 12,36 kg mm<sup>-1</sup> para las campañas 96/97, 97/98 y 98/99, respectivamente (Martellotto *et al.* 1999).

Si bien la calidad de agua es fundamental en un proyecto de riego, en nuestra región no siempre se dispone de agua subterránea de buena calidad, por lo que es importante evaluar el riego complementario con agua salina, tratando de estabilizar los rendimientos.

El riego continuo con agua de baja calidad y manejo inadecuado puede provocar un deterioro en la calidad de los suelos (Prieto y Angueira, 1996). Los principales factores de deterioro son la salinización del suelo que produce un incremento del potencial osmótico en la rizosfera, y la sodificación que reduce la velocidad de infiltración del agua

y un incremento del pH, lo que reduce la disponibilidad de nutrientes y se refleja en una reducción del rendimiento potencial y de la eficiencia en el uso del agua. Es conocida la incidencia de la calidad del agua en zonas áridas, pero en zonas húmedas o subhúmedas con riego complementario, estos efectos son de distinta naturaleza, intensidad, ocurrencia y duración (Génova, 1993).

En la evaluación de agua de riego se pone énfasis en las características químicas, conductividad eléctrica del agua y concentración de aniones y cationes presentes, aunque su efecto también dependerá del suelo, cultivos y condiciones climáticas (Bresler *et al.*, 1982). El rendimiento de un mismo cultivo es diferente en función del ambiente y el manejo, así como condiciones económicas y disponibilidad de agua relativizan una clasificación del agua (Prieto y Angueira, 1996).

Hay escasez de antecedentes en este tema en la región semiárida pampeana, que presenta suelos arenosos, permeables, con una capacidad de intercambio catiónico reducida, y con un aporte de 500 a 700 mm año<sup>-1</sup> de agua de lluvia.

El objetivo del trabajo fue determinar el rendimiento en grano y la eficiencia en el uso del agua del cultivo de maíz con distintos niveles de riego con agua salina y fertilización con nitrógeno y fósforo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un ensayo de rendimiento de maíz bajo riego durante dos campañas agrícolas, 2005-06 y 2006-07, en INTA San Luis (33° 39' 14" S; 65° 24' 58" O). En esta área la fluctuación de la freática es de 0,6 a 2 m de profundidad (Peña Zubiato *et al.*, 2000). El presente estudio se realizó sobre un suelo perteneciente a la serie Villa Reynolds, caracterizado como homogéneo, de perfil poco desarrollado formado por arenas loésicas, presentando carbonatos a

partir de 30 cm de profundidad, moderadamente salinos a partir de los 50 cm. Los suelos de esta serie fueron clasificados como haplustoles ácuicos (Peña Zubiarte *et al.*, 2000) La infiltración básica fue de 78,93 mm h<sup>-1</sup> y la capacidad de almacenaje de agua útil fue de 113 mm m<sup>-1</sup>.

El agua de riego presentó una Conductividad Eléctrica (CE) de 4,26 dS m<sup>-1</sup> y se caracterizó como sulfatada sódica con una restricción de uso severa en cuanto a salinidad y Relación de Absorción de Sodio (RAS), de acuerdo a las directrices de interpretación de calidad de aguas para riego de Ayers y Wescot (1987). El valor de carbonato de sodio residual fue de 1,08, por lo que el agua fue clasificada como "buena" de acuerdo a Wilcox, 1954, siendo escasas las posibilidades de precipitación de carbonatos de calcio y magnesio.

La caracterización climática de la zona se presenta en tabla 1. La evapotranspiración potencial (Eto) mensual se determinó utilizando el método de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998).

Las variables de respuesta medidas fueron rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>) y Eficiencia en el Uso de Agua (EUA) (kg mm<sup>-1</sup>). El rendimiento de grano de cada parcela se determinó mediante la cosecha de dos metros lineales del surco central, eliminando así el efecto bordura y corregido a 13% de humedad. La eficiencia en el uso del agua se calculó como el cociente entre rendimiento en granos y el agua total (precipitaciones y riego) evapotranspirada por el cultivo. La superficie del ensayo fue de 1,30 ha, donde se instaló un sistema de riego por aspersión fijo alimentado con agua subterránea. Los aspersores se ubicaron a 2 m de altura.

El ensayo sufrió variaciones experimentales entre ambas campañas con respecto a los materiales de maíz y a las fuente de fósforo utilizada como fertilizante, por lo que se presenta detallado por separado el diseño experimental utilizado en cada campaña.

El nivel freático se encontró a más de 2 m de profundidad durante los dos periodos de ensayo por lo que el aporte de agua y nutrientes desde la freática no se consideró significativo de acuerdo a Noretto *et al.* 2009.

La lámina de riego a aplicar en cada tratamiento se determinó quincenalmente utilizando la siguiente ecuación:

$$Dr = (Evp * Kc - Pp + (Wc - Wa)) * (1 + RI)$$

Dr = Dosis de riego.

Evp = Evapotranspiración potencial de acuerdo a Penman y Moreith basado en datos históricos locales (Veneciano *et al.*, 2000) (tabla 1).

Kc = Coeficiente de cultivo de acuerdo a Doorenbos y Kassam (FAO, 1979)

Pp = Precipitación.

Wc = Agua almacenable en el perfil en capacidad de campo de acuerdo a la curva de retención hídrica del suelo para 20 kPa.

Wa = Contenido hídrico del suelo.

RI = Fracción de lavado (Ayers y Westcott, 1976).

La lámina calculada se aplicó semanalmente durante todo el ciclo del cultivo.

### Ensayo campaña 2005-06

El ensayo constó de dos parcelas primarias (PPHM) donde se sembraron dos híbridos de maíz resistentes a herbicidas de amplio espectro:

1. Roundup Ready, resistentes al glifosato (G82RR2 DK).
2. Clearfield, resistente a imidazolinonas (AX884IT).

El efecto riego se asignó a las parcelas secundarias que se dispusieron en forma transversal a las parcelas primarias. Los niveles para riego fueron tres, i) recibió la totalidad del requerimiento hídrico del cultivo durante todo el ciclo (100%), ii) recibió la mitad del requerimiento total (50%); e iii) testigo, en seco.

Cada combinación de tratamiento de riego e híbrido tuvo dos aspersores que regaron con una intensidad de 3,6 mm h<sup>-1</sup> y con un coeficiente de uniformidad de Christiansen (CU) de 88%.

El contenido hídrico del suelo (Wa), se determinó quincenalmente mediante gravimetría en los intervalos de profundidad: 0-0,20 m; 0,20-0,40 m; 0,40-0,80 m y 0,80-1,20 m. Para ello se muestrearon y promediaron tres repeticiones por cada híbrido y nivel de riego, tomando cada una de ellas en parcelas correspondientes a los tratamientos de fertilización T1, T5 y T9 cuyas características se detallan en tabla 3. En base a estas determinaciones se aplicaron las dosis de riego (tabla 2).

El tercer efecto a evaluar (tipo de fertilización) se dispuso en el área de cada aspersor, constituyendo las parcelas terciarias (PTF). Los tipos de fertilización fueron nueve, utilizando diferentes combinaciones de dosis de nitrógeno como urea (46% de N), y fósforo como fosfato diamónico (20% P) con tres repeticiones distribuidas al azar (tabla 3). El testigo sin fertilizantes fue T1 y T9 fue el tratamiento para alcanzar

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Precip., mm	98	107	77	69	22	6	10	12	30	36	110	128	705
Eto, mm	218	173	145	98	65	54	45	93	134	170	197	228	1.620
Déf. híd., mm	120	66	68	29	43	48	35	81	104	134	87	100	915

Tabla 1. Caracterización climática de Villa Mercedes, valores medios mensuales, de acuerdo a Veneciano *et al.*, 2000.

Mes	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Precipitaciones (mm)	106	45	92	63	45	10	361
Lamina aplicada (mm) para 100% de requerimiento		27	144	195	95		461
Lamina aplicada (mm) para 50% de requerimiento		14	70	98	49		231

**Tabla 2.** Precipitaciones y lámina de riego aplicada durante el ciclo de cultivo de la campaña 2005-06.

Dosis de fertilizante	N	P	Urea	Fosfato diamónico
	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
T <sub>1</sub>	0	0	0	0
T <sub>2</sub>	100	0	217	0
T <sub>3</sub>	150	0	326	0
T <sub>4</sub>	20	22	0	109
T <sub>5</sub>	100	22	174	109
T <sub>6</sub>	150	22	283	109
T <sub>7</sub>	31	35	0	174
T <sub>8</sub>	100	35	150	174
T <sub>9</sub>	150	35	259	174

**Tabla 3.** Dosis de fertilizante utilizados en las parcelas terciarias durante la campaña 2005-06.

Mes	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Precipitaciones (mm)	96	130	159	113	154	30	682
Lamina aplicada (mm) para 100% de requerimiento		44	48	24	68		184
Lamina aplicada (mm) para 50% de requerimiento		22	24	12	34		92

**Tabla 4.** Precipitaciones y lámina de riego aplicada durante el ciclo de cultivo de la campaña 2006/07.

el rendimiento potencial esperado de 15.000 kg ha<sup>-1</sup> de grano sin limitantes hídricas ni salinas. Los tratamientos restantes fueron intermedios en cuanto a la aplicación de dosis de N y P. Las dimensiones de cada Unidad Experimental (UE) fueron de 3,50 m x 4,30 m de longitud, constituidas por 5 surcos.

El fosfato diamónico se aplicó enterrándolo en la línea de siembra en preemergencia. En los tratamientos con nitrógeno la dosis total de urea se dividió en dos partes iguales y se aplicó en la zona central del entresurco previo a un riego, la primera dosis en postemergencia y la segunda en ocho hojas (V8). En las parcelas en que se había aplicado fosfato diamónico se descontó el aporte de nitrógeno a la dosis de urea.

La combinación de los niveles de los efectos a evaluar (UE) se dispusieron en un arreglo anidado con tres repeticiones. El análisis estadístico se efectuó con SAS V 8.2,

con metodología para modelos mixtos. Los rendimientos promedio para los efectos incluidos se compararon con el Test de Tukey-Kramer, con un  $\alpha = 0,05$ .

### Ensayo campaña 2006-07

Durante esta campaña, por razones operativas, no se pudo continuar evaluando los dos híbridos por lo que se decidió continuar solo con el híbrido Roundup Ready. Por lo tanto, los niveles de riego se dispusieron en la parcela primaria (PPR) con dos repeticiones, correspondientes a dos niveles de riego y un testigo en seco, esto se dispuso al igual que el año anterior pero se modificó el sistema de riego. En dos de estas franjas se armaron sendos sistemas de riego por aspersión fija. Al igual que en la campaña 2005-06 a un sector se le aplicó semanalmente el 100% del requerimiento de riego y al segundo el 50%

Dosis de fertilizante	N	P	Urea	Superfosfato triple de calcio
	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
T <sub>1</sub>	0	0	0	0
T <sub>2</sub>	100	0	217	0
T <sub>3</sub>	150	0	326	0
T <sub>4</sub>	0	22	0	110
T <sub>5</sub>	100	22	217	110
T <sub>6</sub>	150	22	326	110
T <sub>7</sub>	0	35	0	174
T <sub>8</sub>	100	35	217	174
T <sub>9</sub>	150	35	326	174

**Tabla 5.** Dosis de fertilizante utilizados en las parcelas terciarias durante la campaña 2006-07.

durante todo el ciclo del cultivo. Cada sistema de riego constó de seis aspersores dispuestos en marco cuadrangular a 12 x 12 m. La intensidad del riego fue de 4,8 mm h<sup>-1</sup> el CU de 85%.

El contenido hídrico del suelo y la lámina a aplicar en cada caso se determinaron con la misma metodología que en la campaña anterior.

Las dosis de riego aplicadas se detallan en tabla 4. Durante esta campaña las precipitaciones entre noviembre y abril fueron de 682 mm respecto de los 361 mm de la campaña anterior para el mismo periodo. Esto determinó diferencias en las necesidades de riego entre campañas.

Dentro de cada PPR se instalaron las parcelas secundarias (PSF) con nueve niveles de fertilización con tres repeticiones distribuidas al azar. Los niveles de dosis de fertilizantes se detallan en tabla 5. Las dimensiones de cada UE fueron similares a la campaña anterior.

La fuente de fósforo fue superfosfato triple de calcio para evitar aportes de nitrógeno en las aplicaciones sin urea. La

metodología de aplicación de los fertilizantes fue similar a la campaña anterior.

Las variables de respuesta fueron las mismas que la de la campaña anterior, determinándose del mismo modo.

El diseño del ensayo se realizó con un arreglo en parcelas divididas en dos bloques completamente aleatorizados, dentro de cada uno se dispusieron los niveles de riego en parcela principal y los niveles de fertilización en la parcela secundaria.

Para el análisis estadístico (SAS V 8.2) se empleó la metodología para los modelos mixtos. Los rendimientos se compararon con el Test de Tukey-Kramer, un  $\alpha = 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultados de la campaña 2005-06

Las precipitaciones en esta campaña de noviembre a abril (361 mm) estuvieron por debajo de la media histórica del mismo periodo (589 mm).

Efecto	GL(1)	GL(2)	F	Pr > F
Riego	2	101	58	<.0001 ***
Fertilizante	8	101	1	0.5341 ns
Riego*Fertilizante	16	101	1	1
Híbrido	1	101	53	<.0001 ***
Riego*Híbrido	2	101	6	0.0024 **
Híbrido*Fertilizante	8	101	2	0.1544 ns
Riego*Híbrido*Fertilizante	16	101	0	0.9815 ns

**Tabla 6.** Análisis de la varianza mostrando la evaluación de un modelo de efectos principales (híbrido, riego y fertilización) con sus respectivas interacciones dobles y triples.

(1) grados de libertad del numerador; (2)grados de libertad del denominador

\*\*diferencias muy significativas estadísticamente ( $p < 0.1$ ).

\*\*\*diferencias altamente significativas estadísticamente ( $p < 0.1$ ).

ns sin significancia estadística ( $p < 0.1$ )

Híbrido * Riego	Rendimiento, kg ha <sup>-1</sup>	Tukey-Kramer ( $\alpha = 0,05$ )	EUA, kg mm <sup>-1</sup>	Tukey-Kramer ( $\alpha = 0,05$ )
Roundup Ready * 100%	6.261 ± 1.879	A B	7,5 ± 2,28	B
Roundup Ready * 50%	6.466 ± 1.471	A	10,8 ± 2,47	A
Roundup Ready * Secano	2.600 ± 1.645	D	7,3 ± 4,56	B
Clearfield * 100%	4.707 ± 1.637	B C	5,8 ± 1,99	B C
Clearfield * 50%	3.227 ± 1.405	C D	5,4 ± 2,36	C
Clearfield * Secano	1.658 ± 1.209	D	4,4 ± 3,35	C

**Tabla 7.** Rendimiento de grano y Eficiencia en el Uso del Agua para rendimiento de grano (EUA), para cada híbrido en cada nivel de riego para la campaña 2005-06.

Tanto para la variable rendimiento en grano como para EUA en esta campaña, el modelo de análisis de la varianza estimó significancia estadística para los efectos principales (híbrido, riego y fertilizante) y las interacciones dobles y triple. La interacción híbrido y nivel de riego fue estadísticamente significativa, por lo tanto las respuestas en rendimiento en grano y en EUA (tabla 6 - ANOVA) se debieron a la combinación de ambos factores (híbrido y riego).

Las medias de rendimiento de grano y de EUA para cada híbrido en cada nivel de riego se presentan en tabla 7. A partir de comparación de medias, se observó que el híbrido Roundup Ready fue superior a Clearfield bajo riego, probablemente esto se deba a diferencias genéticas relacionadas a resistencia a la salinidad. Además, los tratamientos con riego se diferenciaron del testigo en seco.

Para el rendimiento en grano, la interacción riego y fertilización no fue significativa, por lo que no se pudo visualizar una tendencia que indique respuesta al riego ni a la aplicación de N o P. Esto difiere con otros estudios en los que el maíz regado con agua salina ha respondido a la fertilización química, hasta una dosis de 250 kg ha<sup>-1</sup> de N y 100 kg ha<sup>-1</sup> de P como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, con un rendimiento máximo de 5.084 kg ha<sup>-1</sup> de grano (Ortiz Franco y Amado Álvarez, 2001). Sin embargo, distintos trabajos demostraron que la respuesta a la fertilidad en condiciones de salinidad es errática debido al efecto de la fertilidad sobre la resistencia a la salinidad, este efecto puede ser positivo o negativo (Feigin, 1985).

En cuanto a la EUA evapotranspirada se encontró que los valores máximos para cada híbrido y nivel de riego fueron de 10,8 kg mm<sup>-1</sup> y 5,8 kg mm<sup>-1</sup> para los tratamientos Roundup ready – riego 50% y Clearfield – 100% respecti-

vamente. El Híbrido Roundup Ready con 50% de riego fue superior ( $p < 0.10$ ) al resto, siendo también este híbrido más eficiente que Clearfield en seco y 50%. Estos valores son inferiores a los registrados por otros autores sin condiciones de salinidad, 12 kg mm<sup>-1</sup> (Doorenbos y Kassam, 1979); 10,84 kg mm<sup>-1</sup> (Puiatti *et al.*, 1985) y 27 a 29 kg mm<sup>-1</sup> (Rivetti, 2005).

#### Resultados de la campaña 2006-07

En esta campaña las precipitaciones de noviembre a abril fueron de 682 mm, siendo la media de 589 mm. El único material evaluado durante este ciclo fue Roundup Ready. Para el modelo de análisis de la varianza, para establecer inferencia sobre los efectos contempló a los niveles de riego y fertilización y su interacción. Esta última resultó significativa, por lo que la respuesta en rendimiento y EUA estuvo determinada por la combinación de los niveles de riego y de fertilización (tabla 8).

Tanto para rendimiento en grano como para EUA se encontró que la interacción entre ellos fue significativa. En figuras 1 y 2 se presentan la comparación entre las medias de rendimiento en grano y EUA para esta campaña, respectivamente.

La eficiencia en el uso del agua (precipitación + riego) fue superior a la del año anterior, esto probablemente se deba a un menor aporte de agua de riego y sales al agua evapotranspirada por el cultivo. La interacción nivel de riego-fertilización fue significativa. Los tratamientos con el 100% de riego fueron menos eficientes (figura 2), mientras que los tratamientos de riego 50% no se diferenciaron del testigo en seco.

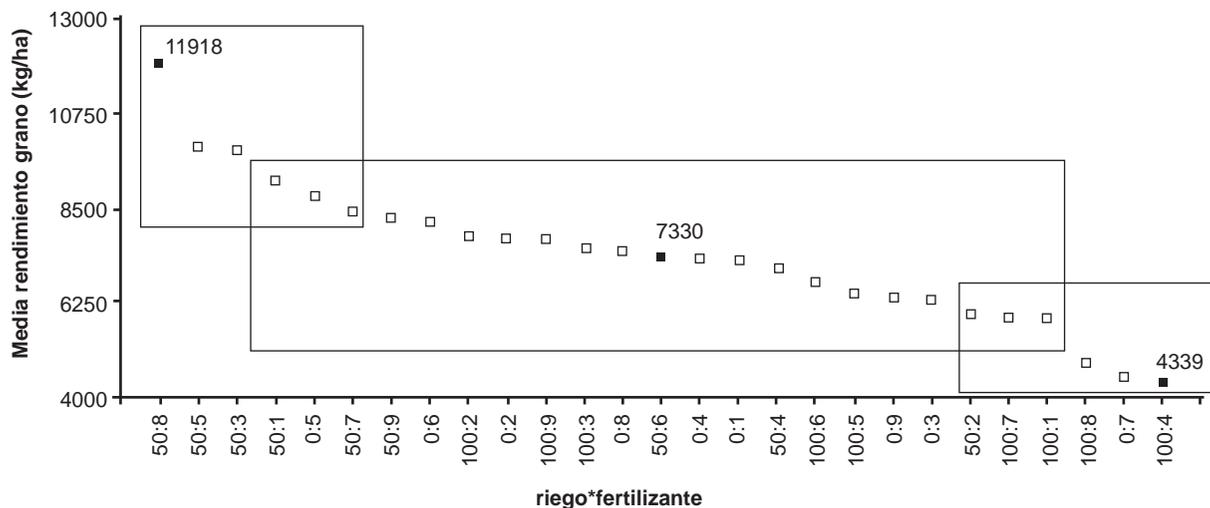
Efecto	GL(1)	GL(2)	F	Pr > F
Riego	2	765	18,6	<.0001***
Fertilizante	8	765	2,73	0.0056*
Riego*Fertilizante	16	765	3,59	<.0001***

**Tabla 8.** Análisis de la varianza mostrando la evaluación de un modelo de efectos principales (riego y fertilización) con su interacción.

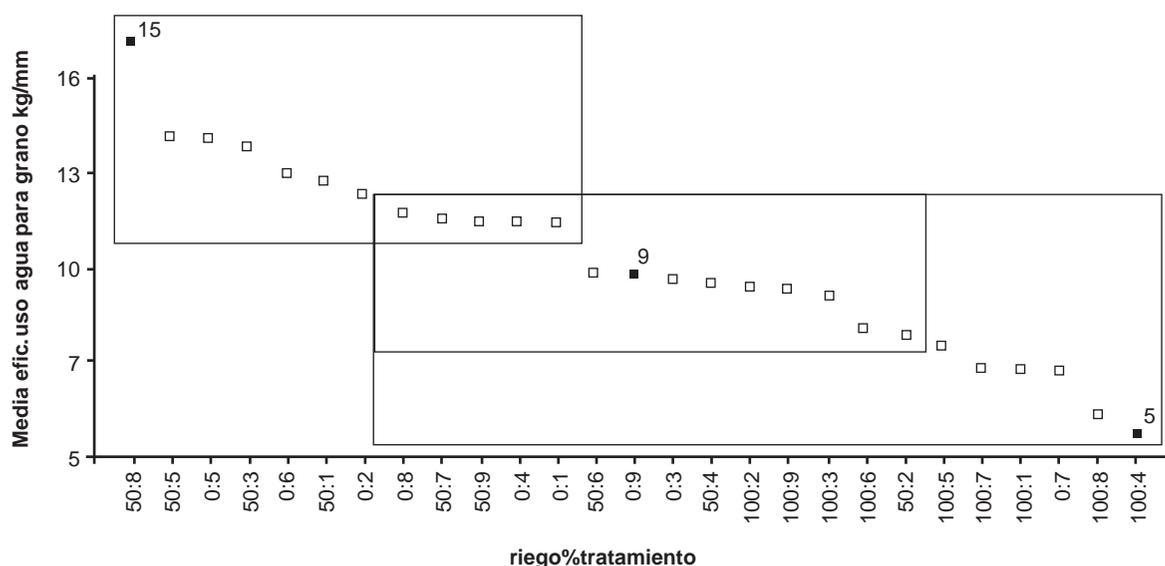
(1) grados de libertad del numerador; (2)grados de libertad del denominador

\*diferencias significativas estadísticamente ( $p < 0.1$ ).

\*\*\*diferencias altamente significativas estadísticamente ( $p < 0.1$ ).



**Figura 1.** Rendimientos de maíz en la campaña 2006-2007. Entre recuadros, grupos de tratamientos de igual significancia para el rendimiento mayor, medio y menor para Tukey-Kramer  $\alpha = 0,05$ .



**Figura 2.** Eficiencia en el uso del agua en la campaña 2006-2007. Entre recuadros, grupos de tratamientos de igual significancia para el rendimiento mayor, medio y menor para Tukey-Kramer  $\alpha = 0,05$ .

Otros autores en condiciones de salinidad llegaron a resultados comparables a los de este trabajo. En Omán, maíz regado por aspersión sobre suelos salinos con una CE de 3,9-4,2 dS  $m^{-1}$  produjo 4.520 kg  $ha^{-1}$  de grano (Esechie *et al.*, 2004). En España los rendimientos máximos fueron de 8.096 y 6.843 kg  $ha^{-1}$  para 2,53 y 4,32 dS  $m^{-1}$  de CE del suelo, respectivamente (Cordero Gracia y Parra Galant, 2004); regando por aspersión con agua de 3,5 dS  $m^{-1}$  produjeron 10.500 kg  $ha^{-1}$  (Isla *et al.*, 2006) y en Italia se obtuvieron rendimientos de 3.130 y 4.430 kg  $ha^{-1}$  regando con agua de 6 y 3 dS  $m^{-1}$  de CE respectivamente (Guelloubi *et al.*, 2005).

## CONCLUSIONES

El presente trabajo abarcó dos ciclos de cultivos diferenciados entre sí por la cantidad de precipitaciones recibidas

en cada uno. Esta situación provocó que las respuestas al riego con agua salina y al aporte de niveles graduales de nitrógeno y fósforo, tanto para rendimiento en grano como para eficiencia en el uso de agua, fueran distintas.

Los mayores rendimientos y eficiencias se presentaron en los tratamientos que recibieron menor cantidad de agua salina y en el año en que las precipitaciones fueron mayores. El agua de lluvia contribuyó, por un lado, al lavado de sales aportadas por el riego y, por otro, a que los tratamientos con dosis medias de fertilizantes potencien las dos variables evaluadas.

El agua salina usada al 100% como riego complementario provocó los menores rendimientos de grano y EUA.

No se encontró respuesta a la fertilización nitrogenada ni fosforada en cuanto a rendimiento y EUA durante la prime-

ra campaña. En un año con precipitación menor a la media se lograron estabilizar los rendimientos regando con agua salina aun que no hubo respuesta a la fertilización.

Durante la segunda campaña, los mayores rendimientos se lograron con niveles de fertilización y riego medios. Al ser un ciclo estival con precipitaciones superiores a la media, los tratamientos de secano también lograron un buen desempeño.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, R.G.; RAES, D.; SMITH, M. 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. Versión digital: <http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e06.htm#chapter%202%20%20%20%20%20penman%20monteith%20equation>, verificado: mayo 2010).
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. 1987. La Calidad del Agua en la Agricultura. Estudio FAO Riego y Drenaje N.º 29. Roma.
- BRESLER, E.; MCNEAL, B.L.; CARTER, D.L. 1982. Saline and sodic soils: Principles-Dynamics-Modeling. Springer-Verlag, Berlín Heidelberg New York. 236 pp.
- CORDERO GRACIA, J.; PARRA GALANT, G. 2004. Aplicación de un Sistema de Información Geográfica en el Estudio y Análisis de los Problemas Derivados de la Salinidad de las Aguas de Riego en la Vega Baja del Río Segura. Revista Internacional de Ciencias de la Tierra. Mapping interactivo. Versión digital ([http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id\\_articulo=772](http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=772), Verificado: mayo 2010)
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and drainage. Paper N.º 33.
- ECHEVERRÍA, J.C.; KALL, G.F. 1990. Las lluvias en Villa Mercedes, San Luis. Información técnica N.º 113. Centro Regional La Pampa – San Luis, EEA San Luis.
- ESECHIE, H.A.; RODRÍGUEZ, V.; AL-ASMI, H. 2004. Comparison of local and exotic maize varieties for stalk lodging components in adersert climate. European Journal of Agronomy. Volume 21, Issue 1, June 2004, Pages 21-30.
- FEIGIN, A. 1985. Fertilization management of crops irrigated with saline water. Biosalinity in Action: Bioproduction with Saline Water. Developments in Plant and Soil Sciences Volume 17, pp 285-299
- GARAY, J.A.; COLOMBINO, M.A. 2002. Guía Técnica para los Cultivos de Maíz y Girasol bajo Condiciones de Riego en la Provincia de San Luis. Información Técnica N.º 158. INTA EEA San Luis – UNSL. 17 pp.
- GÉNOVA, L.J. 1993. Estudio de la degradación de los suelos bajo riego complementario de cultivos extensivos con aguas subterráneas del acuífero pampeano en el norte de Buenos Aires. XIV Congreso Argentino de Ciencia del Suelo, Mendoza 25 al 29 de octubre de 1993, 347-348.
- GUELLOUBI, R.; HAMDY, A.; SARDO, V. 2005. Maize production under supplemental irrigation with saline water in rainfed agriculture. Versión digital ([http://www.iamb.it/iamb2005/conference/proceedings\\_fichiers/topic5/guelloubi.pdf](http://www.iamb.it/iamb2005/conference/proceedings_fichiers/topic5/guelloubi.pdf), verificado: mayo 2010).
- ISLA, R.; ARAGÜES, R.; ROYO, A. 2006. Yield Response of Alfalfa and Maize Sprinkler-Irrigated with Saline Waters: Nocturnal vs. Diurnal Irrigation Effects. Versión electrónica (<http://symp2006.cu.edu.tr/osman%20tekinel/pdf/Isla%20R.pdf>, Verificado: mayo 2010).
- MARTELLOTO, E.; SALAS, P.; LOVERA, E.; SALINAS, A.; MANZINI, P. 1999. Capacitación, experimentación y transferencia de tecnología en riego suplementario. Proyecto de intensificación de granos. INTA Manfredi. Manfredi. Córdoba.
- NOSETTO, M.D.; JOBBÁGY, E.G.; JACKSON, R.B.; SZNAIDER, G.A. 2009. Reciprocal influence of crops and shallow ground water in sandy landscapes of the Inland Pampas. Field Crops Research 113 (2009) 138–148.
- ORTA, J.O. 2006. Aplicación del Modelo CERES-Maize como Herramienta para Evaluar Estrategias de Manejo del Cultivo de Maíz Bajo Riego y secano, en el Área de Villa Mercedes (San Luis). Tesis para optar al grado académico de Magister en Ciencias agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- ORTIZ FRANCO, P.; AMADO ÁLVAREZ, J.P. 2001. Uso del Agua de la Laguna de Bustillos para la Producción de Maíz. TERRA Latinoamericana, abril-junio, año/vol. 19, número 002. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Pp. 183-189.
- PEÑA ZUBIATE, C.A.; D'HIRIART, A.; AGUIRRE, E.R.; DEMMI, M.A.; ELIZONDO, J.D.; GARCIA, S.M.; PASCUARELLI, A.P. 2000. Carta de Suelos de la República Argentina – Hoja Villa Mercedes Provincia de San Luis. INTA – Gobierno de la Provincia de San Luis. 195 pags.
- PRIETO, D.; ANGUERIA, C. 1996. Calidad de agua para riego. Módulo II. En: Curso a distancia de “Métodos de Riego”. INTA-PROCADIS, Programa Clima y agua. 94 pp.
- PUIATTI, J.M.; CRESPI, R.J.; RIVETTI, A.R.; CANTERO, A.; BONADEO, E. 1985. Respuesta al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) al riego y a la fertilización en la zona de Río Cuarto. XII Congreso Nacional del Agua. Tomo II (b): 15-32. Mendoza. Argentina.
- RIVETTI, A.R. 2005. Producción de Maíz Bajo Diferentes Regímenes de Riego Complementario en Río Cuarto – Córdoba – Argentina. Tesis Magister Scientiae en Riego y Drenaje, UNC.
- VENECIANO, J.H.; TERENTI, O.A.; FEDERIGI, M.E. 2000. Villa Mercedes (San Luis): Reseña climática del siglo XX. INTA EEA San Luis, Información Técnica N.º 156.
- VENECIANO, J.H.; FRIGERIO, K.L. 2002. Macronutrientes primarios exportados por los agroecosistemas extensivos de San Luis. INTA San Luis, Inf. técnica 160.
- VENECIANO, J.H.; SAENZ, C.A.; PANZA, A.A. 2005. Las Lluvias y el Cultivo de Maíz en el Centro Este de San Luis. Avances en la Producción Vegetal y Animal del NOA. San Miguel de Tucumán, Abril de 2005. 03 – Cultivos 08.
- WILCOX, L.V.; BLAIR, G.Y.; BOWER, C.A. 1954. Effect of bicarbonate on suitability of water for irrigation. Soil Sciences 77: 259-266.

# Potencialidad de especies y procedencias de *Cedrela* para el establecimiento de plantaciones sustentables en diferentes ambientes del Noroeste Argentino

GRIGNOLA, J.<sup>1</sup>; ACRECHE, M.<sup>1</sup>; DI RIENZO, J.<sup>2</sup>; GATTO, M.<sup>3</sup>; FORNES, L.<sup>1</sup>

## RESUMEN

El género *Cedrela* incluye árboles tropicales y sub-tropicales con madera de alto valor en el mercado. Las especies se distribuyen en un amplio rango de distribución que abarca desde el Sur de México hasta Argentina, donde se las puede encontrar dentro de las Yungas y de la Selva Paranaense. Frente al cambio climático global, la pérdida de biodiversidad, cambios en la dinámica de distribución de las especies a través del tiempo y cómo éstas se comportan en diferentes hábitats, son temas intensamente estudiados actualmente. En este sentido, la evaluación del comportamiento entre y dentro de las distintas procedencias de *Cedrela fissilis*, *C. balansae*, *C. saltensis* y el híbrido natural entre estas dos últimas, comparado con testigos comerciales en diferentes ambientes, ofrece información básica para programas de domesticación y para los planes de producción sustentable y conservación en el marco de la ley nacional 26.331 de ordenamiento territorial. Para esto, se evaluaron tres ensayos de campo ubicados en sitios ecológicamente contrastantes en el NOA. Las especies y procedencias fueron comparadas en términos de crecimiento en altura y supervivencia al tercer año en El Siambón (Tucumán-Selva Montana), La Moraleja (Salta-Umbral al Chaco) y La Fronterita (Tucumán-Pedemonte). El diseño del experimento fue en bloques completamente aleatorizados con 16 repeticiones en La Moraleja y La Fronterita, y 8 repeticiones en El Siambón. Se detectó una interacción significativa a nivel de especies y procedencias con respecto a los sitios de ensayo. En general, la supervivencia fue afectada luego del primer invierno, indicando una alta sensibilidad del género a las bajas temperaturas en el periodo de "establecimiento". Se determinó que las precipitaciones de los sitios de procedencia de las semillas tienen un efecto significativo sobre las variables estudiadas en cada sitio. Así, aquellas poblaciones provenientes de sitios más secos son las que mejor se adaptaron en el sitio La Moraleja y, aquellas provenientes de sitios más húmedos, en El Siambón. Asimismo, la supervivencia aumentó a medida que la temperatura mínima absoluta se incrementó. Los resultados resaltan la importancia de considerar el origen de las semillas al momento de realizar un emprendimiento forestal con estas especies. El material remanente en cada sitio y que logró el mayor desarrollo tiene mucho valor y servirá de fuente para continuar el programa de domesticación con fines productivos y de rescate del material genético con fines de conservación.

**Palabras claves:** *Cedrela*, ensayos de procedencias, interacción genotipo por ambiente, plasticidad, crecimiento, conservación.

<sup>1</sup>INTA-EEA Famaillá, Ruta 301–Km 32, C.P.:4132 Famaillá, Tucumán. Argentina.

Correo electrónico: grignola.josefina@inta.gov.ar; fornes.luis@inta.gov.ar; acreche@correo.inta.gov.ar.

<sup>2</sup>Cátedra de Estadística y Biometría, Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNC. C.P.:5000 Córdoba. Argentina.

<sup>3</sup>Instituto de Protección Vegetal. Facultad de Ciencias Forestales. UNSE. C.P.:4200 Santiago del Estero. Argentina.

Recibido 03 de abril de 2014 // Aceptado 26 de agosto de 2014 // Publicado online 17 de septiembre de 2014

## ABSTRACT

The genus *Cedrela* includes tropical and sub-tropical trees with high value timber on the market. The species are distributed in a range that extends from southern Mexico to Argentina, where they can be found within the Yungas and Paranaense Rainforest. Face of global climate change, biodiversity loss, changes in the dynamics of species distributions over time and how they behave in different habitats are currently intensively studied topics. In this regard, the evaluation of behavior between and within the different provenances of *Cedrela fissilis*, *C. balansae*, *C. saltensis* and natural hybrid between these last two, compared to commercial standards checks in different environments, provides basic information for domestication programs and plans for sustainable production and conservation in the context of national law 26.331 of land administration. For this reason three field trials located in ecologically contrasting sites were evaluated in the NOA. Species and provenances were compared in terms of height growth and survival until the third year in the Siambón (Tucumán-Selva Montana La Moraleja (Salta-Umbral al Chaco) and The Fronterita (Tucumán-Pedemonte). The experiment was conducted in a complete randomized block design with 16 replications in La Moraleja and La Fronterita, and eight repetitions in El Siambón. A significant interaction among species provenances, and the test site was found. Survival was affected after the first winter, revealing a high sensitivity to low temperatures of this genus in the period of "establishment". Results also revealed that precipitations on the sites from which the seeds come have a significant effect on the variables studied in each evaluation site. Those populations from drier sites were best adapted to the La Moraleja and those from wetter sites performed best in El Siambón. In addition, the survival of populations increased as the absolute minimum temperature increased. This study emphasizes the importance of considering the origin of the seeds for a forestry project involving these species. The material remaining in each site and achieved the highest development is very valuable and will serve as a source for further domestication program for productive purposes and rescue the genetic material for conservation.

**Keywords:** *Cedrela*, provenances trials, genetic by environmental interaction, plasticity, growth, conservation.

## INTRODUCCIÓN

En la Argentina se encuentran la Selva Tucumano-Oranense o Yungas y la Selva Paranaense, dos selvas subtropicales que si bien representan solo el 2% del territorio continental, albergan más del 50% de la biodiversidad general del país (Brown y Kappelle, 2001).

En ambas selvas, un número considerable de especies forestales nativas se encuentran en estado "vulnerable" o "en peligro" según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés). Las mismas presentan alto valor comercial en el mercado de productos forestales. Un caso destacado dentro de estas especies son las pertenecientes al género *Cedrela*, cuya excelente calidad de madera motivó una intensa explotación selectiva (Minetti, 2006). *Cedrela* se caracteriza por incluir especies de árboles tropicales y sub-tropicales con madera de alto valor. En el Noroeste de la Argentina, este género se ubica en los diferentes pisos altitudinales de las Yungas y es representado por las especies *C. angustifolia* C. DC en el Bosque Montano, *C. balansae* C. DC. en la Selva Pedemontana (SP) y *C. saltensis* en la Selva Montana (Zapater *et al.*, 2004), mientras que en el Noreste, en la Selva Paranaense, se encuentra *C. fissilis* Vell. (Pennington y Styles, 1975).

Desde tiempos coloniales estos ecosistemas, sobre todo la SP, fueron sometidos a procesos muy severos de degra-

dación, principalmente, por el avance de la frontera agropecuaria hacia zonas marginales y el avance tecnológico (Vallejos y Schnake, 2008). Esto llevó a la formación de grandes zonas de transición, desmontadas, en proceso de desertificación o de deterioro ambiental, donde la actividad agrícola no es sustentable a mediano plazo. La cercanía de la SP a centros poblados y rutas de comunicación (caminos, ferrocarril, tendidos eléctricos, gasoductos) ha potenciado su degradación y transformación para actividades agrícolas y ha generado mayor presión de incendios, cacería y obtención de madera en forma no sustentable, incluso de manera ilegal.

Ello ha generado la actual situación en la cual la SP representa el ambiente más amenazado de las Yungas (Brown y Malizia, 2004), y uno de los sistemas forestales más amenazados a nivel nacional (Brown *et al.*, 2006).

Por otra parte, es importante considerar los cambios globales que están sucediendo a nivel climático, los cuales se advierten en el aumento significativo de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> por acción antrópica (Gallo, 2013; IPCC, 2007), produciendo variaciones drásticas de temperatura y humedad, incremento poblacional de las principales plagas y enfermedades que atacan a los cultivos (Régnière *et al.*, 2009).

La búsqueda de genotipos de alto nivel productivo, adaptados a las nuevas condiciones ambientales es, en un

contexto de cambio climático y de búsqueda de sustentabilidad, una prioridad. Una estrategia válida consiste en realizar selecciones a nivel poblacional e individual, y pruebas de plasticidad y tolerancia (Gallo, 2013).

Así, el monitoreo de los factores climáticos relacionados al desarrollo natural de las especies nativas de las selvas sub-tropicales son determinantes para la elección de modelos y sistemas adecuados a diferentes condiciones para la producción forestal y la identificación de zonas con aptitud bio-ecológica para su desarrollo. En este contexto es donde radica la contribución de este trabajo, brindando información básica para la domesticación de estas especies.

En este sentido, la capacidad de superar el período de establecimiento inicial de las plantas en ambientes o sistemas silviculturales diferentes constituye una limitante para el éxito del cultivo del cedro. Esto involucra, fundamentalmente, los tres primeros períodos vegetativos de los plantines a campo, donde son amenazados, principalmente, por factores abióticos. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es la evaluación del comportamiento en términos de crecimiento y supervivencia de distintas especies y procedencias de *Cedrela* dentro y entre diferentes ensayos de campo ubicados en zonas ecológicamente contrastantes en el Noroeste.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se condujeron tres ensayos a campo durante tres años consecutivos (2008, 2009, 2010) en sitios ecológicamente contrastantes del NOA (tabla 1). Para ello, se colectaron semillas de árboles fenotípicamente superiores de poblaciones naturales de *Cedrela fissilis*, *Cedrela balansae*, *Cedrela saltensis*, *Cedrela angustifolia* (ex *Cedrela lilloi*) y de zonas híbridas localizadas entre los 750 y 950 m de altitud. Este trabajo fue enmarcado en el proyecto nacional de "Domesticación de especies de *Cedrela* para su cultivo en las selvas subtropicales argentinas" que llevó a cabo el INTA entre los años 2006 y 2009. La selección de los árboles

que conformaron la población base de mejora se realizó en base a criterios sanitarios y productivos. Así, árboles con sintomatología de alguna enfermedad fueron excluidos y sólo se consideraron aquellos con buena forma en cuanto a rectitud y con una longitud de fuste superior a 7 m. De esta forma, nos asegurarnos indirectamente que tales ejemplares escaparon al ataque de la plaga *H. grandella* en los primeros años de vida. La distancia entre los árboles seleccionados dentro de cada población debía superar los 100 m para intentar minimizar las relaciones de parentesco cercanas (Gillies *et al.*, 1999; Lowe *et al.*, 2003).

Dado que *C. angustifolia* presenta ciclos muy largos de ausencia de producción de frutos (Aschero, 2006), se cosecharon pocos individuos y se juntaron todas estas semillas en un grupo al cual se lo denominó Colecta masal L. A modo de testigos comparativos, se utilizaron semillas comerciales de especies de las familia Meliaceae, *Toona ciliata* y *Cedrela odorata*.

Mediante el uso de marcadores moleculares, combinando ITS (Internal Transcriber Spacer) y AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) (Zelener 2013, comunicación personal), se identificaron los individuos híbridos entre *C. balansae* y *C. saltensis* dentro una misma población.

Las semillas recolectadas se sembraron en bandejas de 25 alveolos de 100 cc cada uno con un compost constituido por una mezcla de perlita expandida de uso agrícola (25%), fibra de coco y turba rubia (75%) y fertilizante de liberación lenta (16-8-12+2MgO+5S+TE). Los plantines se viverizaron en la Estación Experimental Agropecuaria Famaillá del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA Famaillá).

La tabla 2 describe las características de los sitios de donde proceden las semillas de las diferentes especies.

En diciembre de 2008 se llevaron a campo los plantines utilizando un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados con 16 repeticiones en La Moraleja y La Fronterita, y 8 repeticiones en El Siambón.

Sitio	Latitud S	Longitud O	Altitud (m snm)	Temp máx. media anual (°C)	Temp mín. media anual (°C)	Temp. mín. absoluta (°C)	Precip. medias anuales (mm)	N.º de plantas x bloque
La Moraleja (Umbral al Chaco, Salta)	24° 18'	64° 01'	374	34,4	5,9	-4,6	850	100
La Fronterita (Pedemonte, Tucuman)	26° 58'	65° 30'	653	31,3	7,0	-1,5	1400	110
El Siambón (Selva Montana, Tucumán)	26° 43'	65° 26'	1170	30,5	3,5	-5,8	1200	90

**Tabla 1.** Ubicación y características ambientales de los sitios donde se colocaron los ensayos de procedencias y especies del género *Cedrela*.

Especie	Procedencia	Latitud S	Longitud O	Altitud (m)	Temp media anual (°C)	Temp. mín. media anual (°C)	Temp. max. anual (°C)	Precipitación anual (mm)
<i>C. balansae</i>	San Andrés	23°05'	64°40'	400	21,9	16,1	27,7	1000
	Calilegua	23°42'	64°51'	700	17,7	11	24,3	1200
	Ledesma	23°49'	64°47'	400	18	12	25	800
	Pintascayo	22°51'	64°36'	900	21	16	27,7	1300
	Río Seco	22°31'	63°57'	700	23,9	16	31,5	900
<i>C. fissilis</i>	Guaraní	26°55'	54°13'	470	24	8	38	2130
	San Antonio	26°03'	53°46'	500	23,3	7	35,5	2130
Híbrido <i>C. saltensis</i> x <i>C. balansae</i>	Calilegua	23°42'	64°51'	791	17,7	11	24,3	1300
	Pintascayo	22°51'	64°36'	976	21	16	27,7	1400
<i>C. saltensis</i>	San Andrés	23°05'	64°40'	900	21,9	16,1	27,7	1300
	Pintascayo	22°51'	64°36'	836	21	16	27,7	1400
<i>C. angustifolia</i> ( <i>Col_masal_L</i> )					Pool de semillas			
<i>C. odorata</i> ( <i>Testigo_O</i> )					Semillas comerciales			
<i>Toona ciliata</i> ( <i>Testigo_T</i> )					Semillas comerciales			

**Tabla 2.** Especies y procedencias incluidas en los ensayos con datos de latitud-longitud, altitud media, temperatura media anual, temperatura mínima y máxima media anual y precipitación media anual de cada sitio.

En cada sitio, cada especie estuvo representada por un número variable de plantas las cuales fueron identificadas con un código que combina el origen geográfico de la semilla (procedencia) con la especie. Cada planta se ubicó aleatoriamente en los bloques como parcelas mono-árbol, con un distanciamiento entre plantas de tres metros en ambos sentidos. Se realizó una reposición de las fallas al primer y segundo mes posterior a la implantación.

Las variables evaluadas fueron la supervivencia y el crecimiento en altura al tercer año en campo. La altura total (cm) se midió anualmente de forma directa con vara telescópica, desde la base hasta el ápice de cada planta. Esta variable (promediada sobre todos los materiales ensayados) suele utilizarse como indicador de la calidad del sitio. La supervivencia se evaluó, luego de cada invierno, durante los tres años de ensayo, como el número de plantas vivas respecto al número inicial de plantas. Esta variable se modeló teniendo en cuenta el efecto de la temperatura mínima absoluta registrada en cada ensayo. La respuesta de la sobrevida a la temperatura mínima absoluta puede utilizarse como un indicador de la capacidad de adaptación del material a las condiciones ambientales del sitio en especies sensibles a bajas temperaturas (Chambers *et al.*, 1996).

El análisis estadístico de la variable altura total se focalizó en la altura total registrada al tercer año. Se espera que las diferencias iniciales, posteriores a la implantación, hayan sido superadas y la altura al tercer año refleje mejor el comportamiento futuro. A los fines del análisis estadístico, los efectos de especie y sitio se modelaron me-

dante un único factor fijo consistente en la combinación sitio-especie. Esta forma de modelar el efecto de dos factores es una estrategia común cuando existe desbalance de celdas en el diseño (no todas las especies estuvieron presentes en todos los sitios). Además, se incluyeron los siguientes efectos aleatorios para contemplar la estructura de parcela: repetición (bloques), procedencia y familia anidada en procedencia. Para el análisis a nivel de poblaciones, se utilizó la combinación sitio por población como efecto fijo, mientras que la parte aleatoria incluyó el efecto repetición y familia.

Para modelar la variable número de plantas vivas al final del tercer año (sobrevida), se utilizó un modelo lineal generalizado mixto para variables binomiales. Teniendo en cuenta resultados preliminares que relacionan negativamente la sobrevida con las bajas temperaturas, el efecto fijo del sitio se incorporó como una co-variable: la temperatura mínima absoluta (TMA). Asimismo, los efectos fijos incluyeron también a la especie y su interacción con las TMA. Las temperaturas que se utilizaron corresponden a los registros en cada sitio de ensayo a campo (tabla 1). Los efectos aleatorios fueron sitio, que se incorporó a este nivel para contemplar efectos no capturados por la TMA, repetición, procedencia y familia anidada dentro de procedencia. La interacción TMA por especie supone una relación de dependencia de la sobrevida con TMA diferente para cada especie. La idea de la modelación es describir de manera sintética los datos observados. La interacción especie por TMA, supone la inclusión de un gran número de parámetros que permiten estimar pendientes diferentes, una para cada especie. Este no es un

modelo simple por lo que, para reducirlo, se aplicó la técnica "eliminación hacia atrás" (backward elimination).

Para medir el grado de asociación entre supervivencia y altura total promedio de cada población con respecto a su altitud y precipitación en cada sitio de ensayo se calculó el coeficiente de correlación de Pearson.

El ajuste del modelo para altura se realizó utilizando la función lme de la librería nlme (Pinheiro *et al.*, 2013), mientras que para el análisis del número de plantas vivas al tercer año se utilizó la función glmer de la librería lme4 (Bates *et al.*, 2013). Tanto lme como lme4 son librerías del programa R (R Development Core Team, 2013), y se utilizaron mediante la interfaz implementada en InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2013).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las medias para la variable altura total se representan en la figura 1. Las medias rotuladas con letras diferentes difieren significativamente para un nivel de significación del 5% según la prueba de comparaciones múltiples DGC (Di Rienzo *et al.*, 2002). Debido a que las diferencias siguen patrones cambiantes según el ambiente en el que se evalúan, la variable altura total muestra interacción especie por ambiente.

Este tipo de interacción (genotipo por ambiente) posee un interés especial en el mejoramiento genético dado que significa que el rendimiento relativo de familias, procedencias o especies difiere cuando éstas crecen en sitios distintos. Encontrar este tipo de interacción puede resultar de gran utilidad cuando se desea maximizar ganancias en ambientes específicos, pero dicha interacción puede transformarse en una enorme barrera cuando se tratan de obtener líneas de amplia adaptación apropiadas para distintos ambientes.

El sitio La Moraleja, fue el que presentó mayores valores en la variable altura total en el tercer año, seguido por el sitio La Fronterita y, finalmente, por El Siambón, el cual presentó el menor crecimiento promedio de plantas en altura total (figura 1).

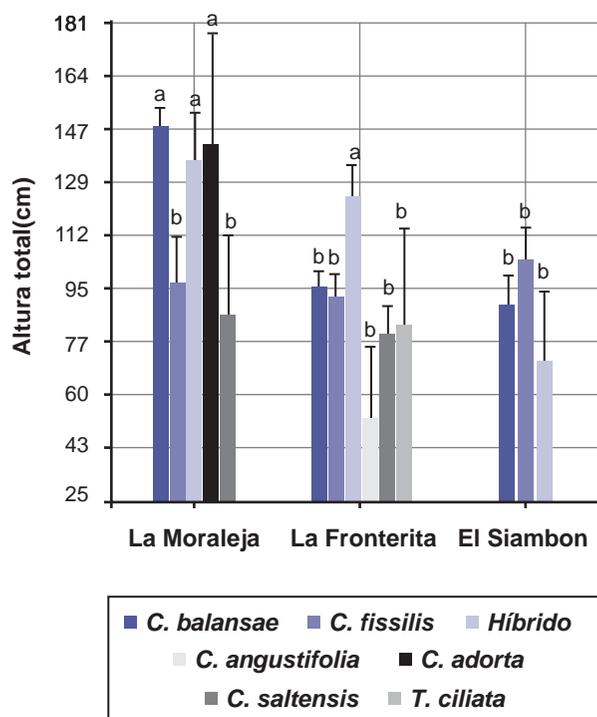
La fuerte interacción genotipo por ambiente resultó en que, para cada ambiente, una especie diferente se destaca del resto. De esta forma, se observa que:

En el sitio La Moraleja la especie que mayor altura total alcanzó fue *C. balansae*, la cual no presentó diferencias estadísticamente significativas con Híbrido ni con *C. odorata*, pero sí fue ampliamente superior a *C. fissilis* y a *C. saltensis* (figura 1).

En el sitio El Siambón, *C. fissilis* alcanzó la mayor altura total (figura 1), aunque no presenta diferencias estadísticamente significativas con respecto al Híbrido y *C. balansae*.

En el sitio La Fronterita, el Híbrido fue superior para la variable altura total presentando diferencias estadísticamente significativas con respecto a las demás especies (figura 1).

El resto de las especies tuvieron valores de altura total sensiblemente inferiores en cada sitio y en algunos casos ausencia de plantas. Por ejemplo:



**Figura 1.** Altura total alcanzada por cada especie del género *Cedrela* en los tres sitios estudiados (La Moraleja, La Fronterita y El Siambón). Las barras verticales asociadas a cada columna representan el error estándar de la media. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

*C. saltensis* sólo se pudo medir en La Moraleja y en La Fronterita, presentando valores de altura total sensiblemente inferiores a *C. balansae* e Híbrido (figura 1).

*C. odorata* sólo se pudo medir en La Moraleja y *C. angustifolia* en el sitio La Fronterita. En el caso de *C. odorata*, si bien presentó un comportamiento destacado para la variable altura total, el CV fue elevado. Lo mismo sucedió con el CV de *C. angustifolia*, en este caso con valores extremadamente inferiores a las demás especies (figura 1).

*T. ciliata* sólo se pudo medir en La Fronterita y su altura total no se diferenció de forma significativa a la mayoría de las especies analizadas, excepto al Híbrido.

Respecto de los componentes aleatorios, es interesante observar que más del 90% de la varianza total se debe a la variabilidad entre plantas, que el porcentaje de varianza explicada por la procedencia es despreciable, que la variabilidad debida a familia dentro de procedencias es del orden del 3%, y que el resto de la variabilidad es explicada por la variación entre repeticiones.

La supervivencia de todas las especies analizadas se vieron sensiblemente influenciadas por la temperatura mínima absoluta registradas en los diferentes sitios (interacción especie por TMA  $p < 0.0001$ ). Esto explica, en parte, que luego de cada temporada invernal, sobre todo al evaluar la supervivencia al primer año, hubo una gran disminución de plantas en todos los ensayos.

Los valores ajustados por el modelo de supervivencia para cada especie en función de temperatura mostró un incremento a medida que la temperatura mínima absoluta

aumentó (figura 2). En este sentido, se distinguen cuatro patrones de comportamiento de las especies ante los cambios en la temperatura mínima absoluta.

Híbrido, *C. fissilis* y *C. balansae* comparten la misma tendencia en cuanto a supervivencia, siendo las especies que mayor sobrevivencia tuvieron cuando las temperaturas fueron muy bajas. Por ejemplo, a  $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  la supervivencia fue de un 32% y a  $-5,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  fue de 20% (figura 2).

*C. saltensis* es la especie que menor supervivencia presentó cuando las temperaturas eran inferiores a  $-4,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, la sobrevivencia aumenta drásticamente a medida que aumenta la temperatura mínima absoluta, llegando a tener 18% de supervivencia a  $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (figura 2).

Meloni *et al.* (2010), estudiaron la sensibilidad a las bajas temperaturas de una población de *C. angustifolia*. La misma mostró ser muy sensible a un estrés severo por bajas temperaturas ( $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante el día y  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante la noche). Esto resulta ser consecuente con lo registrado en los ensayos de campo planteados en este trabajo.

A nivel poblacional (tabla 3), se puede observar que la altitud de la fuente de semilla (procedencia) no explica la variación en la altura total de las plantas a los tres años, aunque se puede advertir que las precipitaciones de los sitios de procedencia tienen un mayor efecto. De esta forma, aquellas poblaciones provenientes de sitios más secos son las que mejor se adaptaron en el sitio La Moraleja, que es el sitio con menor precipitación ( $r = -0,72^{**}$ ). Este ensayo se encuentra ubicado en una zona de transición hacia la zona semiárida (umbral al Chaco) con una precipitación media anual de solo 850 mm y una

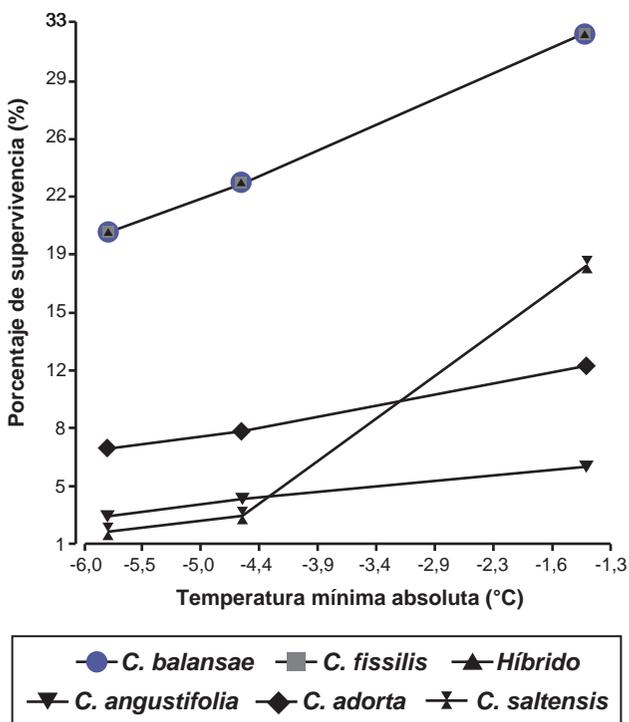


Figura 2. Porcentaje de supervivencia ajustados por el modelo como función de la temperatura mínima absoluta para diferentes especies del género *Cedrela*.

Especie	Poblaciones	Altitud media (m)	Precipitación media anual (mm)	Altura total año 3		
				La Moraleja	La Fronterita	El Siambón
<i>C. balansae</i>	San Andrés_B	400	1000	133,2 ± 9,9 a	95,5 ± 8,4 b	99,7 ± 19,9 b
	Calilegua_B	700	1200	152,0 ± 12,2 a	110,7 ± 10,8 a	91,1 ± 15,5 b
	Ledesma_B	400	800	153,1 ± 8,6 a	83,9 ± 9,1 b	91,4 ± 17,4 b
	Pintascayo_B	900	1300	146,5 ± 31,6 a	92,0 ± 10,6 b	77,5 ± 23,1 b
	Río Seco_B	700	900	152,9 ± 7,4 a	96,3 ± 7,2 b	89,8 ± 15,5 b
Híbrido	San Andrés_H	470	2130	115,4 ± 36,4 a	132,5 ± 20,3 a	97,8 ± 36,6 b
	Calilegua_H	500	2130	137,2 ± 16,7 a	133,3 ± 13,5 a	53,8 ± 28,7 b
	Pintascayo_H	791	1300	212,0 ± 62,9 a	96,5 ± 21,2 b	-
<i>C. saltensis</i>	San Andrés_S	976	1400	81,0 ± 28,6 b	80,7 ± 9,8 b	-
	Pintascayo_S	900	1300	114,0 ± 62,8 a	60,7 ± 25,8 b	-
<i>C. fissilis</i>	Guaraní_F	836	1400	101,9 ± 28,3 b	90,8 ± 13,2 b	91,6 ± 19,1 b
	San Antonio_F	900	1300	93,7 ± 17,9 b	92,8 ± 8,8 b	109,6 ± 12,5 a
<i>C. angustifolia</i>	Colecta_masal_L	Pool de semillas	-	-	50,9 ± 24,0 b	-
<i>T. ciliata</i>	Testigo_T	Semillas comerciales	-	-	82,4 ± 31,5 b	-
<i>C. odorata</i>	Testigo_O	Semillas comerciales	140,3 ± 36,4 a	-	-	-

Tabla 3. Altura total media (cm) alcanzada al tercer año por cada población anidada en especie ajustadas para cada sitio (La Moraleja, La Fronterita y El Siambón). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Especies	Poblaciones	Supervivencia año 3 (%)		
		La Moraleja	La Fronterita	El Siambón
<i>C. balansae</i>	San Andrés_B	33 ± 5 a	36 ± 5 a	12 ± 4 a
	Calilegua_B	20 ± 4 b	24 ± 4 b	27 ± 7 a
	Ledesma_B	36 ± 4 a	26 ± 4 b	13 ± 4 a
	Pintascayo_B	3 ± 1 b	36 ± 6 a	13 ± 5 a
	Río Seco_B	32 ± 4 a	33 ± 4 a	13 ± 4 a
Híbrido	San Andrés_H	9 ± 5 b	25 ± 4 b	17 ± 10 a
	Calilegua_H	18 ± 5 b	28 ± 6 b	19 ± 9 a
	Pintascayo_H	6 ± 6 b	57 ± 14 a	0 b
<i>C. saltensis</i>	San Andrés_S	4 ± 2 b	9 ± 4 b	0 b
	Pintascayo_S	3 ± 3 b	17 ± 7 b	0 b
<i>C. fissilis</i>	Guaraní_F	2 ± 1 b	38 ± 7 a	36 ± 10 a
	San Antonio_F	6 ± 2 b	37 ± 5 a	43 ± 8 a
<i>C. odorata</i>	Testigo_O	18 ± 10 b	0 b	0 b
<i>T. ciliata</i>	Testigo_T	0 b	23 ± 11 b	0 b
<i>C. angustifolia</i>	Col_masal_L	0 b	9 ± 4 b	0 b

**Tabla 4.** Porcentaje de supervivencia de cada población anidada en especie ajustadas para cada sitio (La Moraleja, La Fronterita y El Siambón) al cabo de tres años de plantación.

elevada amplitud térmica ( $\Delta T$ ) ( $30^{\circ}\text{C}$ ) en la época con déficit hídrico.

En La Moraleja, las poblaciones de Ledesma, San Andrés, Calilegua, Río Seco y Pintascayo pertenecientes a *C. balansae* no presentaron diferencias significativas para la variable altura total, a pesar de que Pintascayo proviene de un franja de mayor altitud y se solapa con el hábitat de *C. saltensis*. En cuanto a la supervivencia, justamente estas poblaciones son las que mayores porcentajes de supervivencia tuvieron, excepto Pintascayo que apenas alcanzó el 3%.

Por otro lado, las poblaciones que provienen de sitios más húmedos se adaptaron mejor en El Siambón ( $r=0,87^{**}$ ), tales como Guaraní y San Antonio de *C. fissilis*.

Los resultados mostrados en la tabla 3, concuerdan con los obtenidos por Ruiz *et al.* (2013), donde las poblaciones de *C. balansae* logran mejor rendimiento que las de *C. fissilis* bajo un régimen de déficit hídrico severo, en particular la población procedente de Ledesma, la cual crece naturalmente en un régimen de precipitación promedio de 863 mm anuales. Por su parte Soldati *et al.* (2013), mediante un estudio realizado con marcadores moleculares AFLP y SSR, concluyó que *C. balansae* constituye una única población en la Argentina, en la cual la mayor variabilidad genotípica se halla entre individuos.

En La Fronterita, se destacan las poblaciones de San Andrés y Calilegua pertenecientes al Híbrido, las cuales presentan los mayores valores de altura total y supervivencia, diferenciándose del resto de las especies. La población de Pintascayo (Híbrido), se destacó del resto de las poblaciones por tener la mayor supervivencia (57%), lo cual no deja

de ser razonable ya que las altitudes de la procedencia y del sitio de ensayo son similares (tabla 3 y 4).

En La Fronterita, todas las poblaciones que componen a la especie *C. balansae* tuvieron los mayores valores de supervivencia, en especial las localidades de Pintascayo, San Andrés y Río Seco que se destacaron del resto (tabla 4). De forma general, en este sitio es donde sobrevivió un mayor espectro de especies (Híbrido, *C. fissilis*, *C. balansae* y *C. saltensis*).

En El Siambón, *C. fissilis*, más específicamente la población San Antonio, es la que mejor comportamiento mostró, presentando un 43% de supervivencia al tercer año de evaluación y una altura total promedio de 106 cm, diferenciándose estadísticamente del resto de las especies estudiadas (tabla 3 y 4). Justamente, este sitio se encuentra ubicado a mayor altitud y registró las condiciones más adversas de temperatura en los tres ciclos de estudio.

De los resultados mostrados en este trabajo se desprende que los diferentes ambientes donde se probó todo el material genético disponible actuaron como un filtro inflexible, forzando a las diferentes poblaciones anidadas en especies a expresar su capacidad de adaptación a las condiciones más extremas (bajas temperaturas y déficit hídrico en ciertos casos). De esta forma, se demarcaron condiciones agroecológicas más y menos propicias como área potencial para el cultivo sustentable del cedro en las Yungas. Sumado a esto, las condiciones silvícolas en que se probaron también fueron extremas dado que se plantaron a cielo abierto y sin protección alguna. En su hábitat natural las diferentes especies se protegen unas a otras en

rodiales disetáneos mixtos donde conviven naturalmente. Esta situación se podría encontrar en otras condiciones de cultivo, como ser el sistema silvicultural llamado "enriquecimiento", en el que se busca incrementar la frecuencia de especies de mayor valor económico en zonas degradadas o empobrecidas donde dichas especies ya fueron aprovechadas. Tal sistema, se contempla como alternativa de producción sustentable para las "zonas amarillas" donde el cambio de uso del suelo está prohibido, según la ley nacional 26.331 en vigencia. Sólo en el NOA, las áreas amarillas ubicadas en el pedemonte superan el millón de hectáreas, surgiendo así una gran oportunidad productiva sustentable de enriquecimiento con especies de alto valor socioeconómico y ecosistémico.

Se podría decir que las estrategias de adaptación a diferentes condiciones ambientales varían según las procedencias de los individuos, sin poder delinear un comportamiento único por especie. Esto indica que las plantas crecidas en condiciones ambientales distintas logran mecanismos de adecuación diferentes por efectos de la divergencia y la selección natural.

Por lo tanto, resultaría muy importante considerar el origen de las semillas en el momento de la planificación de un emprendimiento forestal con estas especies y considerar que la mayor variabilidad se encuentre a nivel familiar o individual.

El material que sobrevivió en estos ensayos y logró el mayor desarrollo, es de indudable valor y servirá de fuente para continuar el programa de domesticación y rescate del material genético dado que pasó por un proceso de selección bajo condiciones ambientales y silviculturales estrictas.

## CONCLUSIONES

En general, este estudio es de interés a la hora de recomendar especies y procedencias en relación a los diferentes ambientes en planes de producción sustentable y conservación reguladas por la ley 26.331. A su vez, resulta de importancia para la domesticación de especies nativas de alto valor, ya que permiten ubicar fuentes geográficas de material vegetal superior para incluir en los programas de mejora. Las conclusiones a las cuales se llegó fueron:

Las especies y poblaciones de *Cedrela* probadas bajo estrictas condiciones ambientales y silviculturales tuvieron baja supervivencia. La mayor disminución de plantas vivas ocurrió luego del primer invierno, indicando alta sensibilidad a las bajas temperaturas en el periodo de "establecimiento".

*C. fissilis*, especialmente la procedencia de San Antonio, mostró un mejor comportamiento en El Siambón, ubicado en la franja entre los 800 y 1100 msnm. Esta especie presenta un particular comportamiento adaptativo a las bajas temperaturas aunque con alta variabilidad individual.

*C. balansae* se destacó en La Moraleja, mostrando mayor supervivencia las plantas procedentes de San Andrés, Ledesma y Río Seco. En este ensayo, las plantas estuvieron expuestas a bajas temperaturas y estrés hídrico

severo por ser una zona de transición entre Pedemonte y Chaco.

El Híbrido natural entre *C. balansae* y *C. saltensis* expresó su "vigor híbrido" en La Fronterita (653 msnm), principalmente la procedencia de Pintascayo. El híbrido mostró un comportamiento intermedio entre sus parentales en el resto de los sitios de ensayo.

*C. saltensis* y *C. angustifolia*, así como las especies testigos (*C. odorata* y *T. ciliata*), no tuvieron desempeños destacados para la altura total y supervivencia. Seguramente se precisa contar con una mayor amplitud de procedencias para definir mejor el comportamiento de estas especies.

La Fronterita se puede considerar con mayor aptitud para el desarrollo de plantaciones con fines productivos, sobre todo para *C. balansae* y *C. fissilis*. El Siambón tuvo la menor supervivencia general, aunque *C. fissilis* alcanzó el 40%. La Moraleja resultó tener mayor aptitud para *C. balansae*.

## BIBLIOGRAFÍA

- ASCHERO, V. 2006. Biología reproductiva e importancia de la polinización en *Cedrela lilloi*. In: Pacheco, S., Brown, A. (Eds.), Biología Reproductiva e Importancia de La Polinización En *Cedrela Lilloi*. pp. 41–50.
- BATES, D.; MAECHLER, M.; BOLKE, B.; WALKER, S. 2013. Linear mixed-effects models using Eigen and S4. Package "lme4."
- BROWN, A.D.; KAPPELLE, M. 2001. Introducción a los bosques nublados de latinoamerica. Una síntesis regional. In: Brown, A.D., Kappelle, M. (Eds.), Bosques Nublados de Latinoamerica. Editorial INBio, Costa Rica, p. 29.
- BROWN, A.D.; MALIZIA, L.R. 2004. Las Selvas Pedemontanas de las Yungas. *Cienc. Hoy* 14, 52–63.
- BROWN, A.D.; PACHECO, S.; LOMÁSCOLO, T.; MALIZIA, L. 2006. Situación ambiental en los bosques andinos Yungueños. In: Brown, A., Martínez Ortiz, U., Acerbi, M., Corchera, J. (Eds.), La Situación Ambiental Argentina 2005. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, Argentina, pp. 53–71.
- CHAMBERS, P.G.S.; BORRALHO, N.M.G; POTTS, B.M. 1996. Genetic Analysis of Survival in *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*. *Silvae Genet.* 45, 2–3.
- DI RIENZO, J.A.; GUZMAN, A.W.; CASANOVES, F. 2002. A multiple-comparisons method based on the distribution of the root node distance of a binary tree. *J. Agric. Environ. Stat.* 7: 129–142.
- DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C.W. 2013. *InfoStat*.
- GALLO, L. 2013. Domesticación y mejora de las especies forestales nativas para la incertidumbre climática. *Rev. Prod. For.* 7, 39–42.
- GILLIES, A.C.M.; NAVARRO, C.; LOWE, A.J.; NEWTON, A.C.; HERNÁNDEZ, M.; WILSON, J.; CORNELIUS, J.P. 1999. Genetic diversity in Mesoamerican populations of mahogany (*Swietenia macrophylla*), assessed using RAPDs. *Heredity*. 83, 722–732.
- IPCC, 2007. Cambio climático 2007. Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC, Ginebra, Suiza. 104 p.
- LOWE, A.J.; JOURDE, B.; BREYNE, P.; COLPAERT, N.; NAVARRO, C.; WILSON, J.; CAVERS, S. 2003. Fine-scale genetic

structure and gene flow within Costa Rican populations of mahogany (*Swietenia macrophylla*). *Heredity*. 90, 268–275.

MELONI, D.A., FORNÉS, L., GULOTTA, M.R., SILVA, D.M., 2010. Tolerancia de *Cedrela lilloi* C. DC. a bajas temperaturas: cambios metabólicos. *Quebracho* 18, 16–23.

MINETTI, J.M. 2006. Aprovechamiento forestal de cedro en las Yungas de Argentina. In: Brown Alejandro, Pacheco Silvia (Eds.), *Ecología Y Producción de Cedro (genero Cedrela) En Las Yungas Australes*. LIEY-proyungas, Argentina, pp. 143–154.

PENNINGTON, T.D.; STYLES, B.T. 1975. A generic monograph of the Meliaceae. *Blumea* 22, 419–540.

PINHEIRO, J.; BATES, D.; DEBROY, S.; SARKAR, D. 2013. nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects. *Effects Models*. R package.

R DEVELOPMENT Core Team, 2013. R: A language and environment for statistical computing.

RÉGNIÈRE, J.; NEALIS, V.; PORTER, K. 2009. Climate suitability and management of the gypsy moth invasion into Canada. *Biol. Invasions* 11, 135–148.

RUIZ, V.E.; MELONI, D. A.; FORNES, L.F.; ORDANO, M.; HILAL, M.; PRADO, F.E. 2013. Seedling growth and water relations of three *Cedrela* species sourced from five provenances: response to simulated rainfall reductions. *Agrofor. Syst.* 87, 1005–1021.

SOLDATI, M.C.; FORNES, L.; VAN ZONNEVELD, M.; THOMAS, E.; ZELENER, N. 2013. An assessment of the genetic diversity of *Cedrela balansae* C. DC. (Meliaceae) in Northwestern Argentina by means of combined use of SSR and AFLP molecular markers. *Biochem. Syst. Ecol.* 47, 45–55.

VALLEJOS, V.H.; SCHNAKE, V.P. 2008. Protección de los recursos forestales nativos. X Jornadas Investig. 6 y 7 Noviembre 2008 21p.

ZAPATER, M.A.; DEL CASTILLO, E.M.; PENNINGTON, T.D. 2004. El género *Cedrela* (Meliaceae) en la Argentina. *Darwiniana* 42, 347–356.

# Emisión de gases en un sistema ganadero intensivo

GUZMÁN, M.L.<sup>1,2</sup>; VENECIANO, J.H.<sup>2</sup>; SAGER, R.L.<sup>1,2</sup>

## RESUMEN

Los problemas ambientales que enfrentan los sistemas intensivos de engorde de bovinos se relacionan con el metabolismo animal y la degradación de estiércol, siendo el propósito de este trabajo estudiar el origen de emisiones de compuestos causantes del olor y gases de efecto invernadero (GEI) además de algunos factores que controlan su producción. Para ello, se realizó una incubación *in vitro*, bajo diferentes condiciones de aireación (aerobiosis y anaerobiosis) del suelo proveniente de un sistema de engorde a corral y se monitoreó, cada 48 h durante un periodo de 216 h, la generación de gases metano (CH<sub>4</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>). También se efectuaron mediciones a campo en distintas áreas de dicho sistema (corrales con y sin animales, trampa de sólidos, laguna aeróbica y anaeróbica) de los gases CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub> y oxígeno (O<sub>2</sub>), con equipos portátiles adaptados a las condiciones propias del sistema productivo intensivo (Reike Keiki RH -515 y Eagle 2). Para controlar la producción del olor característico de un engorde a corral se evaluó un producto comercial enzimático que midió la concentración de sulfuro de hidrógeno (SH<sub>2</sub>), compuestos orgánicos volátiles (COV), amoníaco (NH<sub>3</sub>), CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> con medidores portátiles. Los resultados de producción de gases fueron similares en laboratorio y campo, ya que en ambas situaciones se observó digestión -anaeróbica y aeróbica, dependiendo de las condiciones prevalentes en el momento, mostrando la coexistencia de ambos metabolismos en el sistema. Ello sugiere la posibilidad de controlar las emisiones dependiendo del vector ambiental preponderante. Los niveles máximos encontrados fueron de 0,109% LEL (límite inferior de explosividad) de CH<sub>4</sub>, 22,27 ppm de CO y 8,23% de CO<sub>2</sub> para las condiciones *in vitro* en anaerobiosis, y 0,468% LEL de CH<sub>4</sub>, 0,43% de CO<sub>2</sub>, 7,21 ppm de NH<sub>3</sub>, 4,67 ppm de SH<sub>2</sub> y 14,54 ppm de COV para las condiciones naturales. El tratamiento con el producto comercial enzimático sólo produjo modificaciones significativas en NH<sub>3</sub> y COV, que disminuyeron, a diferencia de SH<sub>2</sub> que aumentó. Se concluye que un buen manejo de la reducción de emisiones de gases y de control de efluentes potencialmente contaminantes debe prever más de una práctica alternativa que se adapte a las variables condiciones climáticas locales y a la heterogeneidad del sistema intensivo de producción de carne.

**Palabras clave:** Sistemas ganaderos intensivos, emisiones gaseosas, medición *in vitro*, medición *in situ*.

## ABSTRACT

*The environmental problems facing intensive fattening systems relate bovine animal metabolism and degradation of manure. The purpose of this work is to study the origin and factors that control emission and production of compounds causing odor and greenhouse gases (GHG). Questions were address in vitro (laboratory works) and in situ (field works) In*

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias (UNSL), Villa Mercedes. Correo electrónico: mlguzman@fices.unsl.edu.ar y rlsager@fices.unsl.edu.ar

<sup>2</sup>EEA San Luis. CC 17, 5730. Villa Mercedes, San Luis. Correo electrónico: guzman.laura@inta.gob.ar, veneciano.jorge@inta.gob.ar y sager.ricardo@inta.gob.ar

*in vitro* incubations of soil samples from a feedlot system were performed in the laboratory under different oxygen concentrations (aerobic and anaerobic), monitoring gas generation during 216 h. Field measurements were made at 4 random points within each area of the system (pens with and without animals, trap of solids, aerobic and anaerobic lagoons). The determinations of methane ( $CH_4$ ), carbon monoxide (CO) and carbon dioxide ( $CO_2$ ) and oxygen ( $O_2$ ) in both situations were performed with a portable detector Reike Keiki (RH -515) adapted to each individual case, probes were inserted within each experimental laboratory unit and closed field chambers. To control the production of feedlot odor, a commercial enzyme product was evaluated measuring the concentration of hydrogen sulfide ( $H_2S$ ), volatile organic compounds (VOC) ammonia ( $NH_3$ ),  $CH_4$  and  $CO_2$  with an Eagle 2 portable detector. *In vitro* gas production results showed significant difference for every gas; CO ( $p = 0.0189$ ),  $CH_4$  ( $p = 0.0004$ ),  $CO_2$  ( $p < 0.0001$ ) and  $O_2$  ( $p < 0.0001$ ). However, similar behavior was observed in both cases (lab and field) product of anaerobic or aerobic digestion, depending on the conditions prevailing at the time or the site, indicating the coexistence of both metabolisms in between. The highest levels found were 0.109 % LEL of  $CH_4$ ,  $CO = 22.27$  ppm and 8.23 %  $CO_2$  for *in vitro* anaerobic conditions, and 0.468 % LEL of  $CH_4$ , 0.43%  $CO_2$ , 7.21 ppm of  $NH_3$ , 4.67 ppm of  $H_2S$  and 14.54 ppm VOC for *in situ* natural conditions. Enzymatic treatment with a commercial product produced significant decrease in  $NH_3$  and VOC, unlike  $H_2S$  that increased. It is concluded that to do a good management of the emission of greenhouse gases and to control potentially polluting effluents, the problems should be address by more than one practice to suit local climatic conditions variables and heterogeneity of the meat production intensive system.

**Keywords:** intensive livestock systems, gaseous emissions, measured *in vitro*, measured *in situ*.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el clima de la Tierra experimenta cambios que afectan tanto la composición de la atmósfera como el balance de la radiación solar, jugando un rol importante en las actividades ganaderas. Tanto los sistemas de producción extensivos como intensivos han afectado el medio ambiente significativamente, modificando los hábitats naturales. La ganadería intensiva, además de bienes y subproductos, genera efluentes que cuando son de naturaleza gaseosa, se denominan emisiones: olores, gases con efecto invernadero (GEI), etcétera. El aire, al igual que los otros vectores ambientales como el agua y el suelo, tiene una capacidad de asimilación dada, superada la cual se está en presencia del fenómeno de contaminación (Gómez Orea, 1998).

En los corrales de engorde, el manejo del estiércol y la producción de olores desagradables constituyen un problema de relevancia y de gran complejidad. En los olores, constituidos por una mezcla de gases volátiles y material particulado, se han identificado entre 80 y 200 sustancias (O'Neill y Phillips, 1992) que se adhieren y transportan por las partículas de polvo durante los procesos de dispersión atmosférica (Bottcher, 2001). Los olores pueden percibirse a varios kilómetros de distancia, debido a la presencia de amoniaco ( $NH_3$ ), compuestos sulfurados, aminas, ácidos grasos volátiles (AGV), indoles, fenoles, mercaptanos, alcoholes y carbonilos que reaccionan entre sí mediante interacciones de sinergia y antagonismo. En este sentido, la percepción fisiológica del conjunto no es el resultado de la suma sensorial de los compuestos individuales, sino un producto final aleatorio.

Dentro de los GEI se encuentra el dióxido de carbono ( $CO_2$ ), de mayor contribución relativa (65%) al calentamiento global, seguido por el metano ( $CH_4$ ) cuya concentración atmosférica ha aumentado más de 140% en los

últimos dos siglos (IPCC, 1996). Ambos gases, junto a los óxidos de nitrógeno ( $N_2O$ ,  $NO_2$  y  $NO$ ), son generados principalmente por la ganadería. Sus precursores dependen del manejo del estiércol, a excepción del  $CO_2$  que se relaciona directamente con el nivel de tecnificación ganadera (SAyDS, 2007). De acuerdo al reciente informe de la FAO, "Hacer frente al cambio climático a través de la ganadería: una evaluación global de las emisiones y las oportunidades de mitigación" (Gerber *et al.*, 2013), las emisiones globales de GEI asociadas a las cadenas productivas de la ganadería ascienden a 7,1 gigatoneladas (Gt) de  $CO_2$  equivalente ( $CO_2eq$ ) por año, lo que representa el 14,5% de todas las emisiones de GEI de origen humano. Las principales fuentes de emisión de gases son: la producción y procesamiento de alimentos (45% del total), la digestión de los vacunos (39%), y la descomposición del estiércol (10%). El resto se debe al procesado y transporte de productos de origen animal.

El suelo de los sistemas intensivos es un sustrato ideal para el desarrollo de microorganismos (Miller y Varel, 2003), debido a que acumulan gran cantidad de enzimas como, por ejemplo, las ureasas que catalizan la conversión de urea de la orina a amonio y, finalmente, a  $NH_3$  que se libera a la atmósfera. La emisión de  $NH_3$  se relaciona con el olor y, al igual que el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), son responsables del olor a huevo podrido, y con un límite de detección bajo, entre 0,0085 y 1 ppm (Lomans *et al.*, 2002). En condiciones de acidez, los iones sulfuro ( $S^{2-}$ ) se asocian con protones para formar  $H_2S$ , un producto final común en sistemas biológicos anaeróbicos que tienen compuestos orgánicos azufrados o proteínas con azufre. Power *et al.* (2001), encontraron una correlación directa entre los AGV, los compuestos aromáticos y los olores. El contenido de estiércol y las condiciones ambientales tales como temperatura y humedad afectan la actividad microbiana pudiendo incidir en la producción de gases, olor y polvo (Miller

y Varel, 2003). En estos sistemas de engorde a corral, al permanecer gran cantidad de animales en sectores reducidos durante periodos prolongados, la alta concentración de excretas por unidad de superficie aumenta el riesgo de contaminación puntual de los recursos naturales (Atkinson y Watson, 1996; Gil *et al.*, 2006). Se incrementa asimismo la presencia de residuos de drogas veterinarias denominados micro contaminantes emergentes de alta persistencia (Teuber, 2001; Boxall *et al.* 2004). Se han identificado alrededor de 200 compuestos, muchos de ellos sulfurosos y nitrogenados provenientes del metabolismo de las proteínas. Además se identificaron compuestos fenólicos, AGV, alcoholes, cetonas y aldehídos (ACFA y AAFRD, 2002) a partir de los cuales se generan compuestos orgánicos volátiles (COV) que agrupan a una gran cantidad de sustancias químicas que luego se convierten, fácilmente, en vapores o gases. Se conoce que los AGV y COV presentan correlación directamente proporcional con la producción de olor (Zahn *et al.*, 2001) y, junto con los GEI, generan disturbios en el medio por la formación de ozono troposférico.

Actualmente, son numerosos los avances en los estudios sobre el impacto ambiental de los sistemas de producción agrícolas. A pesar de ello, aún no han sido claramente determinados y poco se conoce sobre el origen de los compuestos causantes del olor y los factores que controlan su producción. Conscientes que para una gestión ambiental apropiada es necesario identificar las áreas de riesgo para controlar o reducir sus efectos, se plantearon los siguientes objetivos:

1. determinar las concentraciones *in vitro* (laboratorio) de los gases: oxígeno ( $O_2$ ),  $CH_4$ , monóxido de carbono (CO) y  $CO_2$  con dos niveles de concentración de oxígeno ( $O_2$ ) (condiciones de aerobiosis y anaerobiosis) en una mezcla de estiércol y suelo, similar a la del suelo de un sistema intensivo de producción ganadera.
2. determinar las concentraciones *in situ* (a campo) de  $CH_4$ , CO,  $CO_2$  (gases contaminantes) y  $O_2$  en 5 áreas relevantes del sistema de producción ganadero.
3. evaluar la efectividad de un complejo poli-enzimático comercial en la reducción de la concentración de cinco gases contaminantes ( $CH_4$ ,  $CO_2$ , COV,  $H_2S$  y  $NH_3$ ), caracterizados por incidir en la generación de olores desagradables.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se efectuó en un establecimiento de engorde intensivo de bovinos situado en latitud 33.70° Sur, longitud 65.50° Oeste, próximo a la ciudad de Villa Mercedes (provincia de San Luis), durante los meses de octubre-noviembre, antes de que las lluvias estivales modificasen las áreas a evaluar. Se registraron los siguientes factores climáticos: temperatura media diaria del aire, velocidad media del viento y humedad relativa. La dieta de los animales (novillos en terminación), expresada en base a materia seca (MS), contenía grano de maíz (*Zea mays*) 56%, Gluten Feed de maíz húmedo 36%, cáscara de maní (*Arachis hypogaea*) 4,5% y suplemento vitamínico mineral 3,5% del total.

Al no existir un protocolo estándar, se decidió medir cada muestra de aire por triplicado considerando el valor promedio. Se empleó un equipo detector de gases portátil (Reike Keiki RH -515) para determinar las concentraciones de  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$  y CO. Este detector combina sensores infrarrojo (NDIR), galvánico y de células electroquímicas, con rangos de medición entre 0 y 100% LEL (límite inferior de explosividad), o de 0 a 100% volumen (vol.) para  $CH_4$ ; de 0 a 25% vol. para  $O_2$ ; de 0 a 1000 ppm para CO y de 0 a 20% vol. para  $CO_2$ . Para la determinación de otros compuestos precursores de sustancias odoríferas se recurrió a un equipo Eagle 2, que utiliza sensores fotoionizables (PID) para aplicaciones con alta sensibilidad e infrarrojos, identificando  $NH_3$  con un rango de 0 a 75 ppm,  $H_2S$  hasta una concentración de 100 ppm, y COV con un rango de 0 a 2000 ppm. En el procedimiento de medición el volumen de aire ingresa a la sonda conectada a una bomba de aspiración y, transcurridos 15 segundos para su estabilización, se lee la concentración en la pantalla del equipo.

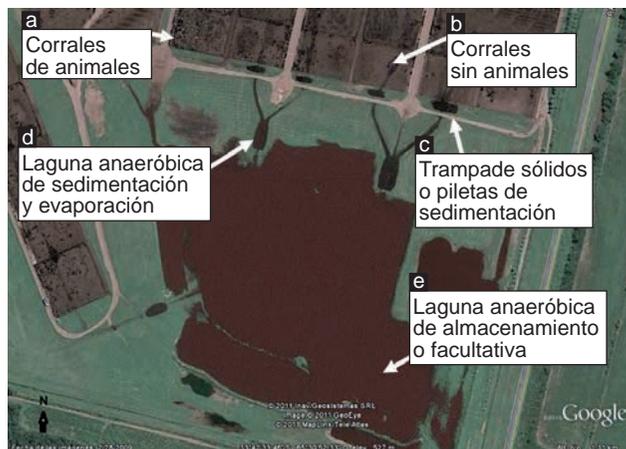
### Determinaciones *in vitro*

El protocolo en el laboratorio consistió en la medición de la concentración de los gases  $O_2$ ,  $CH_4$ , CO y  $CO_2$  contrastando dos niveles de concentración de  $O_2$ . De la superficie de los corrales fueron extraídas muestras, constituidas por tierra, heces y orina de los animales (estiércol). Se colocó el material, 250 g de mezcla de suelo más estiércol, en un Erlenmeyer de 250 mL (12 unidades), conformando dos tratamientos: T0 ambiente aeróbico= 6 Erlenmeyer cerrados con algodón que permitía el intercambio de aire y T1 ambiente anaeróbico= 6 Erlenmeyer cerrados con tapones de goma de cierre hermético. Se incubaron las muestras en estufa de cultivo (37 °C) por un periodo de nueve días y se midió la concentración de gases cada 48 h. Quitados los tapones, se introdujo una sonda conectada a una bomba de aspiración y ésta al equipo que determina la concentración del volumen de aire que ingresa. El procedimiento se realizó en habitación cerrada para no afectar las condiciones de cada unidad experimental.

### Determinaciones *in situ*

El protocolo consistió en la medición de la concentración de los gases  $CH_4$ , CO,  $CO_2$  y  $O_2$  en cinco áreas relevantes del establecimiento: a- corrales con animales (20m<sup>2</sup>/animal); b- corrales sin animales; c- trampa de sólidos o pileta de sedimentación; d- laguna anaeróbica de sedimentación y evaporación; e- laguna aeróbica de almacenamiento o facultativa (figura 1). Se utilizó una cámara estanca de 2 litros de capacidad en cada corral y se ubicó a nivel del piso para evitar la corriente de aire interna, posicionándose en cuatro sitios al azar, tanto en corrales con animales como sin ellos. En las áreas de trampa de sólidos y lagunas se utilizó una cámara estanca de 1 litro de capacidad de material liviano que flota en la superficie y se conecta al equipo medidor con una manguera de goma de 2 m. Las mediciones se repitieron al mismo momento (12:00 am) por tres días consecutivos.

Para el tercer objetivo, se aplicó a la trampa de sólidos un complejo poli-enzimático comercial Rolls TZ-1000 (<http://www.rolls.com.ar/>) destinado a eliminar los olores pútridos y la materia orgánica, dosificándose 150 ml/m<sup>3</sup> en función de la superficie a tratar, según instrucciones del marbete. Previo al agregado del producto comercial, se realizó un monitoreo por tres días consecutivos de los gases CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> y COV en laguna aeróbica de sedimentación y anaeróbica de almacenamiento, determinando valores de referencia para comparar el efecto del producto con los datos obtenidos siete días después.



**Figura 1.** Imagen satelital del establecimiento de engorde intensivo comercial, con identificación de las cinco áreas de medición de calidad del aire.

### Análisis estadístico

Los resultados se analizaron con el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). A los datos obtenidos en laboratorio se les realizó el análisis de varianza de un factor, tomando como unidad experimental cada Erlenmeyer. Los modelos incluyeron tipo de fermentación, tiempo transcurrido y la interacción entre ambos. Las diferencias entre las medias de los cuadrados se testearon con el test de Tukey, aceptando como diferencia significativa  $p < 0,05$ . Para poder evaluar el efecto de los distintos lugares de muestreo *in situ* (corrales, trampas y laguna) sobre la concentración de gases, se planteó un análisis de la varianza realizando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. En el caso de la evaluación enzimática, como alternativa de manejo, se realizó la Prueba "T" para observaciones apareadas, lo que permitió evaluar si existieron modificaciones en el patrón de gases de fermentación por efecto del tratamiento.

### RESULTADOS

Los valores medios obtenidos sobre las concentraciones de CH<sub>4</sub>, CO y CO<sub>2</sub> en condiciones aeróbicas y anaeróbicas generadas a partir de las 96 h en el interior de los Erlenmeyer (primer objetivo) se presentan en la tabla 1. Se observa una clara diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en la

concentración media de cada gas producido con y sin O<sub>2</sub>. En presencia de O<sub>2</sub>, no se detectó CH<sub>4</sub> ni CO, mientras que bajo condiciones anaeróbicas incrementó a 0,109% LEL para CH<sub>4</sub> y la concentración de CO hasta 224,78 ppm. A su vez, la concentración de CO<sub>2</sub> incrementó casi 15 veces en condiciones anaeróbicas. Se observó una correlación positiva ( $r=0,731$ ,  $p=0,00048$ ) entre la concentración de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>.

Tratamiento	CH4 %LEL*	CO ppm	CO2 %
T0 Aeróbico	0.000 A	0.000 A	0.544 A
D.E	0.000	0.000	1.476
T1 Anaeróbico	0.109 B	224.783 B	8.223 B
D.E	0.106	293.597	6.634

**Tabla 1.** Determinación *in vitro* de la concentración de metano (CH<sub>4</sub>), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) del suelo del corral de engorde.

Letras distintas en columnas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

D.E Desviación Estándar

1%LEL= 5 % vol. = 50.000 ppm

En la figura 2, se observa la tendencia en la producción de gases *in vitro* en función del tiempo para ambos tratamientos. Las curvas obtenidas en condiciones anaeróbicas presentaron diferencias significativas para CO ( $p=0,0189$ ), CH<sub>4</sub> ( $p=0,0004$ ), CO<sub>2</sub> ( $p < 0,0001$ ) y O<sub>2</sub> ( $p < 0,0001$ ), y describen una sigmoidea. Para el tratamiento aeróbico el comportamiento fue constante con una leve tendencia negativa para CO<sub>2</sub>, no detectándose CO y CH<sub>4</sub> en el periodo de evaluación.

Durante el periodo de medición a campo, las condiciones de humedad relativa (45%), temperatura del aire (20 °C) y velocidad media del viento (9,3 km/h) permanecieron estables. Los valores medios de las emisiones de gases, cuantificadas por tres días consecutivos en las cinco diferentes áreas (segundo objetivo), muestran evidencias estadísticas de que no presentaron una distribución normal y homogeneidad de la varianza según la prueba de Shapiro-Wilk y de Levene, respectivamente, ambos  $p < 0,05$ . Por lo tanto, se usó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Kruskal-Wallis, 1952), y se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ) en la concentración de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> entre las cinco áreas de medición como se observa en la tabla 2. Con respecto al CH<sub>4</sub>, en los corrales con y sin animales el nivel de % LEL fue de 0,000, mientras que el valor más alto se registró en la trampa de sólidos (0,468% LEL) al igual que la concentración de CO<sub>2</sub> (0,232%). No se generó CO en ninguna área y la concentración de O<sub>2</sub> fue constante en todas las áreas (20,95%). Profundizando el análisis en cada zona, se observa diferencia significativa en la concentración de CO<sub>2</sub> ( $p = 0,007$ ) dentro de los corrales sin animales (concentración media 80% inferior).

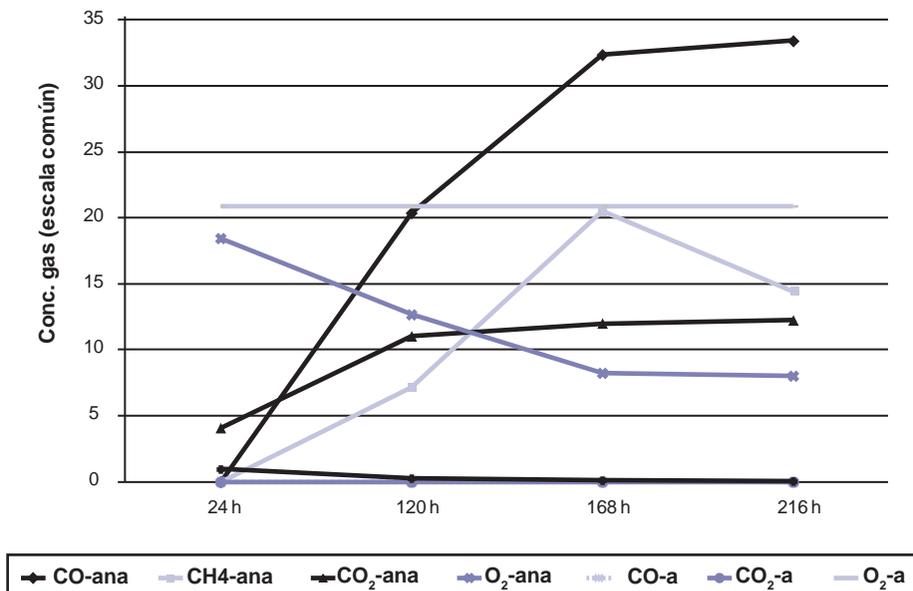


Figura 2. Concentraciones *in vitro* de CO, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en una mezcla de estiércol y suelo, generadas en condiciones aeróbicas y anaeróbicas.

Área	CH4* %LEL	CO <sub>2</sub> * %	CO ppm	O <sub>2</sub> %
<b>a-c/animal</b>	0.000	0.177	0.000	20.950
D.E.	0.000	0.064	0.000	0.000
<b>b-s/animal</b>	0.000	0.101	0.000	20.950
D.E.	0.000	0.075	0.000	0.000
<b>c-tram. sól.</b>	0.468	0.232	0.000	20.950
D.E.	0.222	0.094	0.000	0.000
<b>d-lag. SyE</b>	0.144	0.081	0.000	20.950
D.E.	0.726	0.031	0.000	0.000
<b>e-lag. almac.</b>	0.000	0.034	0.000	20.950
D.E.	0.000	0.017	0.000	0.000

Tabla 2. Determinación *in situ* de la concentración media de metano (CH<sub>4</sub>), oxígeno (O<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) del suelo de cinco áreas relevantes de un sistema intensivo de engorde bovino.

\*Prueba de Kruskal Wallis: CH4 H 45.95 p<0.001/CO2 H 34.01 p<0.001

D.E Desviación Estándar

1% LEL= 5 % vol. = 50.000 ppm

Tratamiento	CH4 %LEL	NH3 ppm	SH2 ppm	COV ppm	CO <sub>2</sub> %
<b>Antes</b>	0.172	7.212	2.159	14.549	0.401
<b>DE</b>	0.022	3.743	4.806	6.655	1.000
<b>Después</b>	0.169	3.588	4.674	6.505	0.434
<b>DE</b>	0.054	2.974	9.147	5.543	0.233
<b>Diferencia</b>	0.001	3.637	2.524	8.042	0.037
<b>DE</b>	0.004	4.037	2.164	8.787	0.174
<b>Valor de T</b>	1.21	4.41	5.71	4.49	0.97
<b>Valor de P</b>	0.2375	0.0002*	0.0412*	0.0002*	0.8675

Tabla 3. Determinación *in situ* de la concentración media de metano (CH<sub>4</sub>), amoníaco (NH<sub>3</sub>), sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y compuestos orgánico volátiles (COV) en la trampa de sólido y las lagunas, antes y después de la aplicación de producto enzimático.

\*Indica diferencias significativas antes y después del tratamiento (p<0.05).

D.E Desviación Estándar

1% LEL= 5 % vol. = 50.000 ppm

Por último, en la tabla 3 se presentan los resultados de las observaciones apareadas del tratamiento poli-enzimático a las trampas de sólido y lagunas, determinando las concentraciones medias de los gases CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> y COV, antes y después de la aplicación del producto.

Sólo se detectaron diferencias significativas (p<0,05) debido a la aplicación del producto en la concentración de NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S y COV. De estos gases, el NH<sub>3</sub> y los COV decrecieron luego de la aplicación del producto, mientras que el H<sub>2</sub>S aumentó su concentración.

### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La creciente importancia del efecto contaminante sobre el ambiente de los sistemas de engorde a corral, junto al progresivo aumento de estas instalaciones en la provincia de San Luis, han incentivado a la investigación en la búsqueda de una mejor gestión ambiental. En la explotación en estudio, los olores de mayor potencial contaminante proceden tanto de las fuentes fijas (corrales, lagunas, trampas) como temporales (liberado desde el estiércol), y son las condiciones meteorológicas las que tienen, en gran

medida, incidencia en su formación como así también en su emisión. En estos sistemas, las raciones suministradas a los animales son ricas en almidón y exceden el contenido de proteínas que éstos necesitan. El remanente no asimilado por el animal retorna al suelo en heces y orina, lo que produce un efecto sobre la flora microbiana estableciendo un metabolismo aeróbico y/o anaeróbico, que dependerá de la acumulación, pérdida o persistencia del estiércol como así también de las propiedades del suelo y condiciones climáticas predominantes. El nitrógeno presente en las excretas tiene grandes posibilidades de perderse hacia la atmósfera como  $\text{NH}_3$ , según la temperatura, contenido de humedad, pH del suelo, entre otros factores de acuerdo al trabajo de Keeney y Hatfield (2001). El fósforo que es excretado puede moverse por escurrimiento superficial hacia los cuerpos de agua, con riesgo de eutrofización de las aguas superficiales, como confirma Nelson (1999) en sus estudios. De este modo, la dieta constituye un factor que afecta indirectamente a la contaminación del ambiente en estos sistemas intensivos. La metodología diseñada de la cámara de medición *in situ* genera una atmósfera constante que, sumado a la estabilidad climática en el periodo del ensayo a campo, contribuyó a minimizar el efecto de la dilución de la concentración de los gases de interés con el aire, y a alcanzar resultados repetitivos en la generalidad de los mismos.

Del resultado en laboratorio se observó un similar comportamiento en cuanto a concentración de gases para ambos tratamientos en las primeras 24 h, coincidiendo con lo hallado por Miller (2003). Este investigador afirmó que es suficiente tan sólo el 1% de  $\text{O}_2$  para dar lugar a fermentaciones aeróbicas, concentración superada en el sistema anaeróbico al comienzo del ensayo. Esta concentración tendió a disminuir, diferenciándose del tratamiento aeróbico que se mantuvo constante (20,9%). Las poblaciones de organismos existentes en el material incubado en el sistema cerrado van agotando el  $\text{O}_2$  disponible debido a su respiración. Esto conduce al cambio, mayoritariamente, de una respiración aeróbica a una fermentación anaeróbica, efecto que se observa en el patrón de los gases al transcurrir los días del estudio y se observa un comportamiento equivalente entre el CO y el  $\text{CO}_2$ , a su vez, inversamente proporcionales al  $\text{O}_2$ . Las concentraciones del CO y  $\text{CO}_2$  aumentaron al final del periodo de incubación y la de  $\text{O}_2$  disminuyó. La curva sigmoidea de producción de  $\text{CO}_2$  del tratamiento cerrado se estabilizó a las 120 h, por lo que se infiere que se ha alcanzado el máximo potencial de masa microbiana activa (fase estacionaria), comportamiento inverso al del  $\text{O}_2$ , que se encuentra en la menor concentración. En el tratamiento aeróbico el  $\text{CO}_2$  mostró una tendencia lineal decreciente y de bajo volumen. En el caso del  $\text{CH}_4$  bajo condiciones anaeróbicas, éste llegó a su máxima concentración a las 168 h, disminuyendo al transcurrir los días, lo que indicaría la estabilización del medio a causa de la autolimitación de la fermentación al convertir el almidón en ácido láctico. A su vez, esto generaría una disminución del pH, afectando la población de bacterias metanogénicas y, por consiguiente, la disminución de la concentración de  $\text{CH}_4$ . Un comportamiento semejante podría generarse en

el ambiente superficial del corral donde las heces frescas y efluentes líquidos, proporcionan un inóculo para bacterias metanogénicas, estimulan el consumo de  $\text{O}_2$  y conducen mayoritariamente a una digestión aeróbica que con el tiempo se transforma en fermentación anaeróbica. La carga bacteriana de organismos facultativos en las heces y condiciones adecuadas para el cambio de metabolismo, permitiría el rápido desarrollo de las nuevas poblaciones microbianas, generando como productos intermedios y/o finales de su metabolismo, desprendimiento de gases, algunos de olores desagradables y otros tóxicos, lo que da lugar a problemas sanitarios y de contaminación en el exterior. En primer caso, a través de bacterias patógenas (LeJeune y Wetzel, 2007) o por nitratos, reduciendo la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre, enfermedad conocida como metahemoglobinemia y, en segundo caso, a través de los GEI como sugiere Thomassen (2008) en el estudio comparativo de sistemas lecheros. En el tratamiento aeróbico del laboratorio no se producirían CO y  $\text{CH}_4$ , manteniéndose la concentración de  $\text{O}_2$  del medio ambiente, situación que podría suceder en la superficie de los corrales, pudiendo modificarse en función de la humedad del suelo y el ambiente, la actividad microbiana, la temperatura y prácticas de manejo. En trampa de sólidos se generaron los niveles más altos de  $\text{CH}_4$ , posiblemente, como consecuencia de una mayor concentración de  $\text{CO}_2$  lo que creó condiciones anaeróbicas que favorecieron la metanogénesis. Este proceso de construcción de material celular desde  $\text{H}_2$  y  $\text{CO}_2$  produce  $\text{CH}_4$ , como único proceso generador de energía de las bacterias metanogénicas, las cuales se desarrollan perfectamente en hábitats extremos, por lo que es una fuente natural de gas que normalmente es descartado en lugar de ser reciclado.

Existen en el mercado diferentes productos comerciales para minimizar el efecto de algún vector ambiental como el que se empleó en el último ensayo. Se busca disminuir el olor en el aire con la aplicación de un producto enzimático, debido a que Zahn y otros (2001), encontraron que correlaciona estos compuestos con la disminución de los olores desagradables para el hombre. En este estudio se obtuvieron resultados negativos ya que la concentración de  $\text{SH}_2$  (gas característico de olores desagradables) aumentó después de aplicado el producto y no sucedió lo mismo para los gases de  $\text{NH}_3$  y COV que disminuyeron. Esto indicaría que el producto aplicado modifica las reacciones biológicas de los desechos del sistema acelerando la degradación y disminuyendo las exhalaciones de algunos gases contaminantes, pero no del responsable principal de olores desagradables, como citan numerosos trabajos previos en la temática (Hobbs *et al.*, 1995; MacIntyre *et al.*, 1995; Zahn *et al.*, 1997), actuando el producto comercial como bioremediador enzimático y no como desodorizante.

Basados en los datos obtenidos en el trabajo, se concluye que la emisión de gases bajo condiciones aerobias es menos perjudicial que cuando tiene lugar en ausencia de  $\text{O}_2$ , pero de mayor proporción respecto de la superficie total del predio. Sin embargo, la situación aeróbica puede transformarse a anaeróbica al transcurrir el tiempo, o por algún

factor externo (precipitaciones), siendo inevitable que ambas condiciones se produzcan en simultáneo. Por este motivo, sería necesario disminuir las fuentes de producción de fermentación anaeróbica a través de las buenas prácticas de manejo, controlando los sustratos en el estiércol a través de una justa y balanceada ración, como así también favoreciendo la población de bacterias lácticas de manera controlada a través del monitoreo de pH para no aumentar la emisión de  $\text{SH}_2$ . Por esta razón, el conocimiento de las relaciones suelo-alimento-planta y la vulnerabilidad entre estas interacciones, conllevaría a la elección de estrategias de menor impacto ambiental en búsqueda de la sustentabilidad de los agroecosistemas. No obstante, es necesario realizar más investigación, especialmente si se considera que los sistemas de engorde a corral son muy complejos y heterogéneos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACFA - Alberta Cattle Feeders' Association & AAFRD - ALBERTA. Agriculture; Food and Rural Development. 2002. Beneficial Management Practices - Environmental Manual for Feedlot Producers in Alberta. 45-88. ([www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/epw5837](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/epw5837), verificado 2/agos/2013).
- ATKINSON, D.; WATSON, C. 1996. The environmental impact of intensive systems of animal production in the lowlands. *Animal Science* 63:353-361.
- BOTTCHER, R. 2001. An environmental nuisance: Odor concentrated and transported by dust. *Chemical Senses* 26. 327-331.
- BOXAL, A.; FOGG, L.; BLACKWELL, P.; KAY, P.; PEMBERTON, E. 2004. Veterinary medicines in the environment. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. 180:1-91.
- GERBER, P.J.; STEINFELD, H.; HENDERSON, B.; MOTTET, A.; OPIO, C.; DIJKMAN, J.; FALCUCCI, A.; TEMPIO, G. 2013. Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- GIL, S.B.; ORLANDO, A.A.; HERRERO, M.A. 2006. Indicadores de riesgo ambiental en sistemas agropecuarios con engorde a corral. *Revista Argentina de Producción Animal* 26 (1): 330-332.
- GÓMEZ OREA, D. 1998. Evaluación de impacto ambiental. El caso de la producción animal. AAPA, 22.º Congreso Argentino de Producción Animal: 1-10.
- Google Earth. ([www.google.com/intl/es/earth/index.html](http://www.google.com/intl/es/earth/index.html), verificado 28/febrero/2009).
- HOBBS, P.J.; MISSELBROOK, T.H.; PAIN, B.F. 1995. Assessment of odours from livestock wastes by a photoionization detector, an electronic nose, olfactometry and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Agricultural Engineering Research* 60:137-144.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 1996. Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. ([www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm](http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm), verificado 2/agos/2013).
- KEENEY, D.; HATFIELD, J. 2001. The nitrogen cycle, historical perspective and current, and future potential concerns. Elsevier Science. The Netherlands: 3-6.
- LEJEUNE, J.T.; WETZEL, A.N. 2007. Preharvest control of *Escherichia coli* O157 in cattle. *Journal Animal Science* 85: E73-E80.
- LOMANS, B.P.; POL, A.; CAMP, H.J. 2002. Microbial cycling of volatile organic sulfur compounds in anoxic environments. *Water Science and Technology* 45(10):55-60.
- MACINTYRE, S.; WANNINKHOF, R.; CHANTON, J. 1995. Trace gas exchange across the air-water interface in freshwater and coastal marine environments. p. 52-97.
- MILLER, D.; VAREL, V. 2003. Swine manure composition affects the biochemical origins, composition, and accumulation of odorous compounds. *Journal Animal Science* 81:2131-2138.
- NELSON, C.J. 1999. Managing nutrients across regions of the United States. *Journal Animal Science*. 77: 90-100.
- O'NEILL, D.; PHILLIPS, V. 1992. A review of the control of odour nuisance from livestock buildings: Part 3. Properties of the odorous substances which have been identified in livestock wastes or in the air around them. *Journal Agricultural Engineering* 53:23-50.
- POWER, V.; MAGUIRE, D.; CANTRELL, B.; STAFFORD, T.; ROONE, B.; LYNOTT, D. 2001. Odour impacts and odour emission control measures for intensive agriculture. Final report. Environmental Protection Agency, R&D Report Series No. 14:1-145.
- SAYDS-SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE (SAYDS). 2007. 2ª Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. 201.
- TEUBER, M. 2001. Veterinary use an antibiotic resistance. *Current Opinion in Microbiology* 4: 493-499.
- THOMASSEN, M.A.; VAN CALKER, K.J.; SMITS, M.C.; LEP-EMA, G.; BOER, J.M. 2008. Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. *Agricultural Systems* 96(1-3): 95-107.
- WALLIS, A.; KRUSKAL, W. 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association* 47 (260): 583-621.
- ZHAN, J.A.; DI SPIRITO, A.A.; DO, Y.S.; BROOKS, B.E.; COOPER, E.E.; HATFIELD, J.L. 2001. Correlation of human olfactory responses to airborne concentrations of malodorous volatile organic compounds emitted from swine effluent. *Journal Environmental Quality* 30:624-634.
- ZAHN, J.A.; HATFIELD, Y.S.; DO, A.A.; DISPIRITO, D.A.; LAIRD, D.A.; PFEIFFER, R.L. 1997. Characterization of volatile organic emissions and wastes from a swine production facility. *Journal Environmental Quality* 26:1687-1696.

# Análisis fisiológico de la aplicación del sistema de secado de uvas en parrales con ahorro de jornales en cosecha

ESPINDOLA, R.S<sup>1</sup>.; FERREYRA, M.; PRINGLES, E.; BATTISTELLA, M<sup>2</sup>.

## RESUMEN

La escasez relativa de mano de obra y su alto costo determina la búsqueda de tecnologías que aumenten su productividad y estrategias para disminuir costos. El sistema tradicional de producción de pasas de uva consta de: cosecha, tendido, volteo y levantado. Estas etapas pueden reducirse a corte de cargadores y cosecha de pasas con la aplicación del sistema de secado en planta (*Dry On Vine*, en inglés). Sin embargo, la aplicación de este sistema puede provocar una disminución en la vida útil del cultivo por la reducción drástica del área foliar en el período de poscosecha. Los objetivos de este estudio fueron evaluar el impacto de esta práctica sobre jornales gastados en cosecha y consecuencias en la productividad del cultivo. Para esto se realizó un ensayo en la variedad Superior Seedless, conducido en parral, donde se comparó el sistema tradicional de producción y el sistema de secado en planta con dos esquemas de distribución de carga. Luego de tres años de ensayo se determinó que el sistema de secado en planta tiene un impacto significativo en la productividad de la mano de obra y en la reducción de los costos de cosecha. En el mismo período no se detectó un impacto negativo del sistema, para los dos esquemas de distribución de carga, en la expresión vegetativa del cultivo expresada en superficie foliar, ni en el nivel de nitrógeno de reserva en sarmiento.

**Palabras claves:** pasas, área foliar, reservas, jornales.

## ABSTRACT

*The relative scarcity of labor and the high cost determines the search technologies that increase productivity and cost reduction strategies. The traditional production system consists of raisins: harvest, stretched, turned and lifted. These steps can be reduced to cutting and harvesting of raisins boots with the drying system implementation plan or Dry on vine. However, the application of this system can cause a decrease in the lifetime of the crop by the drastic reduction in leaf area in the post-harvest period. The objectives of this study were to evaluate the impact of this practice on harvest costs and impact on crop productivity. For this trial was conducted in the Superior Seedless variety, conducted in grapevine, where traditional production system and plant drying system with two load sharing schemes are compared. After three years of trial it was determined that the plant drying system has a significant impact on the productivity of labor and reducing harvest costs. In the same period a negative impact of the system was detected for the two schemes charge distribution in the vegetative expression of culture expressed in leaf area, or the level of nitrogen booking branch.*

**Keywords:** raisins, leaf area, reservations, labor.

<sup>1</sup>Agencia de Extensión Rural Caucete. EEA San Juan. INTA. Correo electrónico: respindola@sanjuan.inta.gov.ar

<sup>2</sup>Estación Experimental Agropecuario San Juan. INTA. Correo electrónico: mbattistella@sanjuan.inta.gov.ar

## INTRODUCCIÓN

En la Argentina existen 3.825 ha implantadas con uva para pasa (1,73% del total de superficie con vid en el país), siendo San Juan la principal provincia productora con 2.761 ha (5,83% del total de la provincia). Entre el año 2000 y el año 2012 existió un aumento en la superficie con variedades para pasa del 20,21% (INV, 2013).

En la actualidad el 100% de la producción de pasa se realiza con el método tradicional, que consiste en producción de uva en estructura de parral, cosecha manual en cajas o bines y transporte a playa de secado donde se colocan mallas de 1 x 4 m o 1 x 10 m. Sobre estas últimas se tiende la uva que se esparce en forma manual. Dependiendo de la época del año, este proceso dura de 10 a 30 días (Puliese y Espíndola, 2011).

En el sector vitivinícola existen inconvenientes para encontrar mano de obra para la ejecución de labores (Battistella y Novello, 2013). Esto implica la necesidad de analizar tecnologías que aumenten la productividad de la mano de obra (Subercaseaux y Contreras, 2013). Una alternativa para el sector pasero es la aplicación del sistema de secado de uva en parral o *Dry On Vine* (DOV). Esto implica modificaciones en el sistema de conducción y poda ya que se realiza un corte en la base de los cargadores o guías cuando la uva está madura, esta práctica se realiza en la mitad de la planta afectando el 50% del área foliar de la cepa (Fidelibus, 2007). La otra mitad de la planta conserva los brotes hasta el final de la temporada ya que estos conformarán los cargadores del siguiente ciclo (Fidelibus y otros, 2008). De esta forma, los cultivos presentan interfilares con racimos deshidratándose alternando con interfilares de brotes. Los cargadores cortados se mantienen sujetos a los alambres del parral hasta que el contenido de humedad de la fruta se reduzca a menos del 16% (Valero, 2000). De este modo, el proceso de cosecha-tendido-volteo-levantado se reduce a corte-levantado.

La implementación de DOV puede provocar un detrimento en la productividad del cultivo, ya que el corte de los cargadores durante el ciclo vegetativo reduce la superficie foliar afectando el nivel de reserva en las plantas (Kliewer, 1970; Whiting, 1982; Coombe, 1992; Holzapfel y otros 2006). El nivel de reserva es determinante del vigor del cultivo en el ciclo siguiente, ya que una hoja tierna no puede sintetizar azúcar, necesita energía y sustratos para armar su sistema productor de azúcares (Keller, 2003). Miller *et al.* (1996), afirman que el crecimiento de un ciclo vegetativo está condicionado a la cantidad de reservas acumuladas durante la poscosecha del ciclo anterior.

Posterior al corte de los cargadores se pueden generar nuevos brotes; si estos se generan a finales de la temporada (otoño), no contribuyen a la acumulación de reservas (Keller y otros 2004). Sin embargo, cuando se produce un corte en brotes se activan mecanismos reparativos en las plantas de vid que estimulan la fotosíntesis y reorientan la asignación de fotoasimilados necesaria para el suministro de órganos receptores (Koblet y otros, 1994; Chanishvili y otros, 2005). Una de las formas de evaluar el nivel de re-

serva es a través del contenido de nitrógeno en sarmiento, que muestra su valor máximo a fines de otoño e invierno (Gil y Pszczolkowski, 2007).

Otra de las dificultades que presenta el sistema DOV es el aumento del tiempo de secado y, por lo tanto, del aumento de riesgo de pérdidas por acontecimientos climáticos tales como lluvias, granizo o vientos (Fidelibus, 2007; Fidelibus y otros, 2008).

Según lo expuesto se plantea que la aplicación del sistema DOV reducirá los costos de cosecha y secado a costa de una disminución en el área foliar total, de reservas y rendimientos. Los objetivos del ensayo fueron: medir la variación en área foliar luego de tres temporadas de cortes, analizar las variaciones en rindes y reservas expresadas como nitrógeno total en sarmientos y calcular el uso de jornales durante el proceso, comparando el sistema tradicional respecto al DOV.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en un parral de la variedad Superior Seddless con un marco de 3 m x 3 m. Se midió el peso de poda (20 plantas) para encontrar un grupo homogéneo. El valor medio de peso de poda fue 5,8 kg con una desviación estándar de 1,14 kg lo que creó un rango de 4,66 kg a 6,94 kg. Las plantas fuera del rango normal se descartaron. Finalmente, por sorteo, se asignó a cada planta (unidad experimental) un tratamiento.

Se realizaron tres tratamientos: Testigo (T1) sistema de secado tradicional; Tratamiento 2 (T2) poda con 10% de yemas de pitón, para madera de renuevo (10-14 pitones) y 90% de yemas de cargador para producción en sistema DOV (10-11 cargadores de 10 yemas); Tratamiento 3 (T3) poda con 30% de yemas de pitón para madera de renuevo (18-22 pitones) y 70% de yemas de cargador para producción en sistema DOV (8-9 cargadores de 10 yemas). La unidad experimental fue 1 planta y se realizaron 5 repeticiones por tratamiento, estableciendo una muestra de 15 plantas.

Se estableció, según los fines de la investigación, una línea imaginaria que dividió a la planta en el lado suroeste (pitones) y noreste (cargadores). El día de cosecha se realizaron cortes en la base de los cargadores con fruta. La cosecha se realizó cuando la uva alcanzó 21 °Bx.

El estudio se realizó entre los años 2011 y 2014 (tres temporadas de cosecha) y se midió peso de uva fresca, peso de pasas, relación de secado, peso de poda e índice de Ravaz. Se estimó el gasto en jornales, a través de la medición de tiempo<sup>1</sup> por proceso (cosecha – tendido – volteo – levantado en T1 y cortes – cosecha en T2 y T3). En la tercera temporada (2013-2014) se midió área foliar en enero y contenido de nitrógeno total en sarmientos.

<sup>1</sup>El tiempo que se midió fue el que demoraron dos personas para ejecutar cada etapa del proceso por tratamiento.

Se hizo análisis de la varianza con el programa Infostat para las variables: peso fresco, peso seco, contenido de nitrógeno y área foliar.

## RESULTADOS

Los pesos frescos para los tres tratamientos fueron similares (18,62 kg a 20,18 kg). El peso seco presentó valores de 3,43 kg para T2; 3,97 kg para T3 y 4,48 kg para T1. El peso de poda denotó una diferencia del 39% entre el mayor valor (T1) y el menor (T3). El índice de Ravaz mostró una variación del 51%, entre T1 y T3 y del 33% entre T1 y T2 (tabla 1).

El análisis de la varianza no fue significativamente diferente respecto a las variables peso fresco y peso seco. El

Tratamiento	Variable	Media	D.E.	Var(n-1)	E.E.
1	Peso de fruta	20,18	8,32	69,2	3,72
	Peso de poda	2,48	0,34	0,12	0,15
	IR	8,36	3,89	15,14	1,74
2	Peso de fruta	18,62	4,53	20,51	2,03
	Peso de poda	1,49	0,18	0,03	0,08
	IR	12,52	2,91	8,49	1,3
3	Peso de fruta	19,96	1,47	2,16	0,66
	Peso de poda	1,35	0,62	0,39	0,28
	IR	17,18	7,36	54,2	3,29

**Tabla 1.** Estadística descriptiva para variable peso fresco, seco e índice de Ravaz.

Temporada	Tratamiento	Media peso fresco (kg)	Media peso de poda (kg)	Media Índice de Ravaz	Media contenido de nitrógeno	Media área foliar (cm <sup>2</sup> )	n
1	1	17,77 A	--	--	--	--	--
	2	15,64 A	--	--	--	--	--
	3	16,66 A	--	--	--	--	--
2	1	15,37 A	--	--	--	--	--
	2	12,67 A	--	--	--	--	--
	3	13,36 A	--	--	--	--	--
3	1	20,18 A	2,48 B	8,36 A	0,77 A	76964,4 A	5
	2	18,62 A	1,35 A	12,52 AB	0,71 A	90257,07 A	5
	3	19,96 A	1,49 A	17,18 B	0,75 A	68744,8 A	5

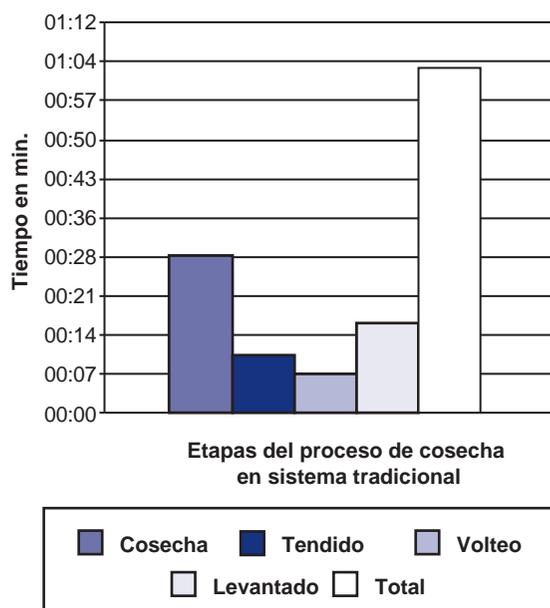
**Tabla 2.** Resultados del análisis de la varianza para peso fresco (kg) para tres temporadas; peso de poda (kg), índice de Ravaz, contenido de nitrógeno en sarmiento y área foliar (cm<sup>2</sup>) en tercera temporada.

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

peso de poda fue significativamente superior en T1 respecto a T2 y T3 (tabla 2). Lo mismo se observó en el índice de Ravaz, siendo el testigo significativamente diferente de T2 y T3. En este caso existió una ligera diferencia entre los tratamientos DOV.

El análisis de la varianza del contenido de nitrógeno en sarmiento no fue significativamente diferente. Como se observa en la tabla 2, existe una tendencia a que el testigo posea un valor mayor de contenido de nitrógeno total.

La variable área foliar, tampoco mostró diferencias significativas en los tratamientos en la tercera temporada de aplicación de sistemas DOV respecto a sistema tradicional (tabla 2).



**Figura 1.** Medición de tiempos empleados en cada etapa del proceso de cosecha en sistema tradicional (T1).

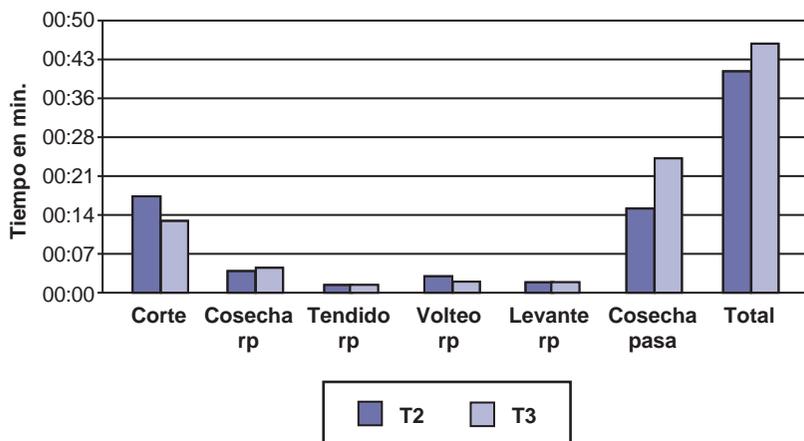


Figura 2. Medición de tiempos empleados en cada etapa del proceso de cosecha en sistema DOV (T2 y T3).

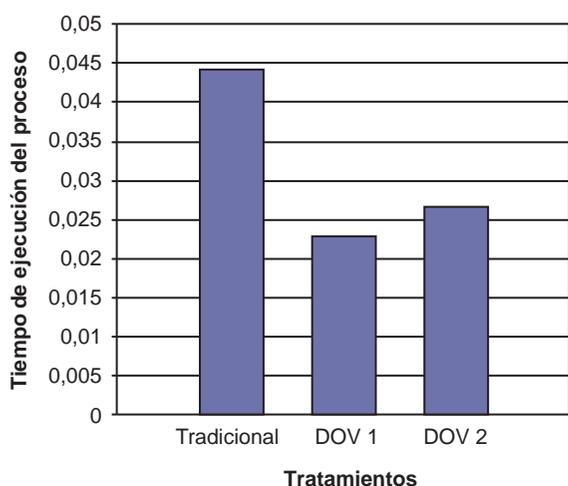


Figura 3. Comparación de tiempos empleados durante el proceso total entre sistema tradicional y DOV

El testigo o sistema tradicional de cosecha y secado, requirió 63 min entre cosecha de uva, tendido en pasero, volteo y levantado de pasas respecto al total de plantas que integraron el tratamiento (figura 1). El T2 demandó 40 min, respecto al total de las plantas que integró el tratamiento, que incluyeron al sistema puro (cortes y cosecha de pasas) sumado a los tiempos de cosecha, tendido, volteo y levantado de los racimos que quedaron en el sector destinado a producción de madera. El T3 demandó 46 min (figura 2).

De este modo, se observó que los tratamientos DOV producen una reducción en los tiempos requeridos para el proceso de secado de uvas del 26% al 36%. Si se aplica un sistema DOV puro, en donde se hayan eliminado los racimos en el sector productor de madera, los tiempos del proceso se reducen a 32 min en T2 y 38 min en T3, lo que implica una reducción en el consumo de tiempo del 49% (T2) y del 39% (T3) (figura 3).

El sistema tradicional demandó 20 días (entre el 25 de enero y el 14 de febrero), mientras que los DOV demanda-

ron 52 días (25 de enero al 18 de marzo), esto implica que el DOV necesita 32 días más para completar el secado.

### DISCUSIÓN

Un sistema tradicional de secado dura de 10 a 30 días dependiendo de la época del año (Pugliese y Espíndola, 2011). En este estudio se observó que el sistema tradicional demoró 20 días durante el secado desde el 25 de enero al 14 de febrero. El sistema DOV completó el proceso de secado en 52 días (25 de enero al 18 de marzo), esto produce un incremento en el riesgo ya que coincide con períodos de lluvias y viento.

Subercaseux y Contreras (2013) afirman que es necesario analizar tecnologías ahorradoras de mano de obra ya que, actualmente, hay dificultad para conseguirla (Battistella y Novello, 2013). La aplicación de sistema DOV permite un ahorro en tiempo, que se puede traducir en menor uso de jornales de cosecha del 26% al 36%, si se realizan prácticas de cosecha, tendido, volteo y levantado en racimos del sector productor de madera. Se pueden lograr ahorros del 39% al 49% si se aplica un sistema DOV puro (corte de cargadores y cosecha de pasas).

El sistema DOV puede provocar un detrimento del cultivo al realizar cortes en brotes en verano (Fidelibus, 2007; Fidelibus y otros, 2008). Cuando se analiza las variables peso fresco, peso seco, área foliar en envero y contenido de nitrógeno total en sarmientos, no se observan diferencias significativas entre los tratamientos, por lo tanto no existe evidencia de que el cultivo pueda decaer por la realización de cortes de brotes en verano durante tres ciclos consecutivos.

Keller (2003) indica que, en vides, la acumulación de reservas en poscosecha es importante. Dado que luego de tres ciclos de cortes no se produjo una disminución significativa en el contenido de nitrógeno total en sarmientos, la aplicación de los sistemas DOV permite que se realicen los procesos de acumulación de reservas con normalidad.

Coombe (1959) afirma que el equilibrio entre fuente y destino se puede alterar por prácticas de defoliación (en este caso se produce por cortes de brotes). Sin embargo, ante estos eventos, existen mecanismos reparadores que estimulan la fotosíntesis y reorientan la asignación de fotoasimilados (Thorne y Koller, 1974; Koblet y otros, 1996; Chanishvili y otros, 2005). En este estudio se corrobora que funcionan mecanismos reparadores ya que no se observa una disminución en el área foliar en los DOV, luego de tres temporadas de cortes y tampoco disminuyen los rendimientos, ni en el contenido de nitrógeno total de sarmientos.

Kliewer y Antcliff (1970) determinan que una defoliación drástica en enero reduce el contenido de sólidos solubles a cosecha en las uvas. Cuando la defoliación se produce en verano, para cosecha, no se produce una disminución en el contenido de sólidos solubles en uvas en la siguiente temporada, ya que los tratamientos alcanzan el contenido mínimo de azúcar (21 °Bx), en la misma época.

## CONCLUSIÓN

La aplicación de sistemas de secado de uva en planta o DOV no produce una disminución de los rendimientos luego de tres temporadas de corte de brotes y cosecha de pasas en la variedad Superior Seedless.

Una distribución de yemas diferencial (30% de yemas de pitón más 70% de yemas de cargador o 10% de yemas de pitón + 90% de yemas de cargador) no genera diferencias significativas en cuanto a kilogramos de uva por planta.

Luego de tres ciclos de corte y cosecha, los DOV no producen una disminución en el área foliar a enero como indicador de expresión vegetativa. Tampoco se observa una disminución del contenido de nitrógeno total en sarmientos como indicador de reservas nutritivas.

Por otra parte, la aplicación del sistema genera un ahorro en tiempo de hasta un 39% cuando se realiza la operación de cosecha tradicional en el sector de la planta destinado a producción de madera o de hasta un 49% si se realiza solo corte de cargadores y cosecha de pasas, eliminando la carga del sector de producción de madera.

Se debe analizar los efectos de cortes sucesivos en verano por un período superior a 5 años para poder evaluar los efectos negativos en la expresión vegetativa de un parral instalado.

## BIBLIOGRAFÍA

BATTISTELLA, M.; NOVELLO, R. (2013). Impacto de los métodos de cosecha asistida sobre la producción de la mano de obra en la vendimia de uva para vino y mosto. *Ruralis*. Año V. N.º 17.

4-8 pp. <http://inta.gob.ar/documentos/revista-ruralis-nb0-17> Verificada el 11/ene/2014.

CHANISHVILI, SH.; BADRIDZE, G. SH.; BARBLISHVILI, T. F.; DOLIDZE, M. D. (2005) Defoliation, Photosynthetic Rates, and Assimilate Transport in Grapevine Plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, Vol. 52, N.º. 4, 2005, 448-453 pp.

COOMBE, B.G. (1992). Research on development and ripening of the grape berry. *American Journal of Enology and Viticulture*. 43 (1) 101-100 pp.

FIDELIBUS, M.; CRISTENSEN, P.; DONALD, K.; RAMMING, D. (2008). Early ripening grape vine cultivars for dry on vine raisins on an open gable trellis. (<http://naldc.nal.usda.gov/download/35793/PDF>, Verificado el 13/ene/2014).

FIDELIBUS, M. (2007). Development of new raisin production systems. I Simposio Internacional de Uva de Mesa y Pasas. San Juan. 57-64 pp.

GIL, G.; PSZCZOLKOWSKI, P. (2007). Viticultura. Fundamentos para optimizar producción y calidad. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago. 535 pp.

HOLZAPFEL, B.; SMITH, J.P.; MANDEL, M.; KELLER, M. (2006). Manipulating the postharvest period and its impact on vine productivity of Semillon grapevine. *American Journal of Enology and Viticulture*. Vol. 57. 148-157 pp.

INSTITUTO NACIONAL DE VITIVINICULTURA (2013). (<http://www.inv.gov.ar/PDF/Estadisticas/RegistroVinedos/RegistroVinedosSuperficie2011-2012.pdf>, Verificado el 11/ene/2013).

KELLER, M. (2003). *Grapevine Anatomy and Physiology*. Course text for WSU Professional Certificate in Viticulture, Washington. 156 pp.

KELLER, M.; MILLS, L.J.; WAMPLE, R.L.; STRAYD S.E. (2004). Crop load management in Concord grapes using different pruning techniques. *American Journal of Enology and Viticulture*. Vol 55. 35-40 pp.

KLIEWER, W. M. (1970). Effect of the time and severity of defoliation on growth and composition of Thompson Seedless grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*. Vol. 1-21. Disc. 1. 37-47 pp.

KLOBLET, W.; CANDOLFI-VASCONCELOS, C.; ZWEIFEL, W.; HOWELL, S. (1994). Influence of leaf removal, rootstock and training system on yield and fruit composition of Pinot Noir grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*. Vol 45. N.º. 2. 181-187 pp.

MILLER, D.P.; HOWELL, G.S.; FLORE, J.A. (1996) Effect of Shoot Number on Potted Grapevines: II. Dry Matter Accumulation and Partitioning. *American Journal of enology and viticulture*. Vol. 42-51. Disc. 3. 6 pp.

PUGLIESE, F.; ESPÍNDOLA, R. (2011). Aptitud de pasificación de cultivares apirénicos. III Simposio Internacional de uva de mesa y pasa. San Juan. 111-116 pp.

SUBERCASEAUX, J.P.; CONTREAS M. F. (2013) El gran desafío de la fruticultura. *Agonomía y Forestar* N.º 47. Chile. 16-21 pp. ([http://agronomia.uc.cl/es/component/com\\_sobipro/Itemid,232/sid,87/task,search.results](http://agronomia.uc.cl/es/component/com_sobipro/Itemid,232/sid,87/task,search.results), Verificado el 11/ene/2014).

VALERO, C. (2000). La producción de uva pasa en California. Universidad Politécnica de Madrid. ([http://oa.upm.es/6308/1/Valero\\_46.pdf](http://oa.upm.es/6308/1/Valero_46.pdf), Verificado el 11/ene/2014).

WHITING, J. (1982). "Harvesting and Drying of Grapes" *Viticulture volume 2 practices*, Edit by BG Coombe and PR Dry. 328-356 pp.

# Respuesta biológica y poblacional de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) sobre ocho cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) en condiciones de laboratorio\*

LA ROSSA, F.<sup>1</sup>; VASICEK, A.<sup>2</sup>; LÓPEZ, M.<sup>3</sup>; BOSCO, N.<sup>3</sup>; IMPERIALE, P.<sup>4</sup>; BAINOTTI, C.<sup>4</sup>

## RESUMEN

El áfido *Schizaphis graminum* (Rond.) es una plaga clave en cultivos de cereales como el trigo en la Argentina. El objetivo de este trabajo fue analizar la respuesta bio-demográfica del áfido sobre los cultivares de trigo ACA 315, Baguette Premium 11, BioInta 1002, BioInta 2004, Buck Meteoro, LE 2330, Klein Yará y Colibrí, este último reconocido como susceptible. Los ensayos se realizaron en cámara climatizada a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ , 70% HR y 14:10 h (L:O). Se usaron plántulas de 3 hojas verdaderas, en pots plásticos con tierra estéril. Sobre las hojas, se colocaron individualmente hembras en jaulas de aplique a las que se dejó larviponer durante 24 h. Luego se retiraron todos los individuos dejando solo uno, recién nacido; así se obtuvieron cohortes de 40 ninfas coetáneas para cada cultivar en un total de 320 áfidos iniciales. Se registraron diariamente supervivencia, cambios de estadio y número de crías una vez alcanzado el estado adulto. Con los datos de supervivencia diaria se construyeron los modelos de Gompertz y de Weibul. Se obtuvieron los parámetros biológicos y poblacionales que fueron comparados mediante ANOVA no paramétrico de Kruskal-Wallis y comparaciones múltiples, con  $\alpha = 0,05$ . El período ninfal fue significativamente más largo sobre Baguette Premium 11 y BioInta 2004 (9,5 - 8,9 días) mientras que en Colibrí y BioInta 1002 sólo duró 5,66 - 5,42 días. El período reproductivo duró más sobre ACA 315, Baguette Premium 11 y BioInta 2004 (40 - 28 días) y alrededor de 5 días en BioInta 1002, Buck Meteoro y Klein Yará. La tasa reproductiva neta ( $R_0$ ) fue significativamente mayor sobre BioInta 2004 y ACA 315 (75,18 y 64,57 ♀♀/♀/generación) respectivamente, sin embargo la tasa intrínseca de incremento ( $r_m$ ) fue significativamente más alta en Colibrí (0,279 ♀♀/♀/ día) por acusar menor tiempo generacional (13,1 días). Debido a los altos valores de los coeficientes de determinación ( $R^2$ ), las tasas de supervivencia diaria en los respectivos cultivares tuvieron un buen ajuste en los modelos de Gompertz y de Weibul. Las cohortes criadas sobre los cultivares de trigo ensayados, excepto ACA 315 y Klein Yará, mostraron tasas de incremento significativamente más bajas indicando cierto nivel de resistencia respecto del cultivar susceptible Colibrí.

**Palabras clave:** plágón verde de los cereales, tablas de vida, tasa intrínseca de crecimiento natural.

<sup>1</sup>Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola. CICVyA. INTA, CC 25, 1712 Castelar, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: larossa.francisco@inta.gob.ar

<sup>2</sup>Cátedra de Zoología Agrícola, FCAyF (UNLP), Calle 60 y 119, CC 31, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup>Cátedra de Zoología Agrícola, FAYCA (Universidad de Morón), Cabildo 134, 1708 Morón. Buenos Aires, Argentina.

<sup>4</sup>EEA INTA Marcos Juárez, Ruta 12 km. 3, 2080 Marcos Juárez, Córdoba, Argentina.

\*Trabajo realizado en el marco del Proyecto INTA AEPV 215012. Coord. E. Trumper.

Recibido el 04 de junio de 2014 // Aceptado el 22 de octubre de 2014 // Publicado online el 26 de noviembre de 2014

## ABSTRACT

The aphid, *Schizaphis graminum* (Rond.) is a key pest in cereal crops such as wheat in Argentina. The aim of this work was to analyze the biological and demographic response of the aphid on the wheat cultivars ACA 315, Baguette Premium 11, BioInta 1002, BioInta 2004, Buck Meteoro, LE 2330, Klein Yará and Colibrí, the last one a priori recognized as susceptible. The bioassays were carried out in a growth chamber at  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ , 70% RH and 14:10 h L:D cycle. Seedlings of 3 true leaves, in plastic pots with sterile soil were used. On leaves, females were placed individually into clip cages to produce nymphs during 24 h. After this, all individuals were removed, leaving only one, newborn; thus, cohorts of 40 coetaneous nymphs for each cultivar totalizing 320 initial aphids. Survivorship, instar changes and number of offsprings when reaching adulthood were registered daily. Gompertz and Weibull models were built with daily survivorship data, Biological and demographic parameters were obtained and compared with Kruskal-Wallis non-parametric ANOVA and multiple comparisons with  $\alpha = 0.05$ . Nymphal period was significantly longer on Baguette Premium 11 and BioInta 2004 (9.5 - 8.9 days) whereas on Colibrí and BioInta 1002 was shorter (5.66 - 5.42 d). The reproductive period lasted more on ACA 315, Baguette Premium 11 and BioInta 2004 (40 - 28 d) and lasted around 5 d on BioInta 1002, Buck Meteoro and Klein Yará. The net reproductive rate ( $R_0$ ) was significantly higher on BioInta 2004 and ACA 315 with 75.18 and 64.57 ♀♀/♀/generation, respectively, however the intrinsic rate of increase ( $r_m$ ) was significantly higher on Colibrí (0.279 ♀♀/♀/d) due to a short generational time (13.1 d). Due to the high values of the coefficients of determination ( $R^2$ ), the daily survival rates in the respective cultivars had a good adjustment in both Gompertz and Weibull models. Cohorts reared on the tested wheat cultivars, except ACA 315 and Klein Yará, shown significantly lower intrinsic rates of increase indicating some resistance level regarding the susceptible cultivar Colibrí.

**Keywords:** greenbug, life tables, intrinsic rate of increase.

## INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum* L. Fam. Poaceae) es un cereal cultivado prácticamente en todo el mundo. El cultivo está expuesto al ataque de diferentes organismos desde la siembra a la cosecha. Los áfidos son unas de las principales plagas en la región triguera y provocan daños directos e indirectos que se traducen en disminuciones del rendimiento (Imwinkelried, *et al.*, 2004).

El "pulgón verde de los cereales", *Schizaphis graminum* (Rond.) es una de las especies más comunes en trigo y en otros cereales (Ricci, *et al.*, 2000). Ataca al trigo desde emergencia hasta encañazón y se ubica generalmente en el envés de las hojas. Los mayores daños se observan durante las dos semanas posteriores a la emergencia de las plántulas. En condiciones de sequía las plantas jóvenes pueden morir por efecto de la expoliación de savia. Debido a esta situación se aconseja el uso de insecticidas sistémicos aplicados a la semilla (Imwinkelried, *et al.*, 2004). En las últimas décadas, el áfido ha ampliado su zona de incidencia, observándose ataques severos y frecuentes en las provincias de Santa Fe, Córdoba, La Pampa y SO de Buenos Aires. Afecta, además, las siembras tempranas para pastoreo directo (Ricci, *et al.*, 2000). Es conocido también como vector del virus del mosaico del enanismo del maíz (MDMV) y del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) (Ricci, *et al.*, 2000). La constante incidencia de este áfido ha llevado a la implementación de programas de mejoramiento con el fin de incorporar resistencia. Así se podrán optimizar los rendi-

mientos reduciendo el uso de agroquímicos y disminuir los riesgos de contaminación ambiental. El conocimiento de la biología y el potencial de crecimiento de una población de insectos plaga resultan cruciales para el estudio de su dinámica y para establecer tácticas de manejo. Las tablas de vida resultan una herramienta útil para el estudio de una población bajo condiciones controladas debido a que proveen importantes parámetros biológicos y demográficos (Maia *et al.*, 2000). Esos parámetros se utilizan como índices de crecimiento poblacional en respuesta a determinadas condiciones (Southwood y Henderson, 2000). Los parámetros derivados de una tabla de vida, como la tasa intrínseca de incremento natural ( $r_m$ ), se usan para evaluar el nivel de resistencia a insectos. Las plantas anfitrionas que logran bajos valores de la  $r_m$  en sus huéspedes presentan comparativamente mayor resistencia (Razmjou *et al.*, 2006). El objetivo del presente trabajo es evaluar el comportamiento de cohortes de *S. graminum* a través de la variación de los parámetros biológicos y poblacionales, bajo condiciones ambientales controladas, cuando se desarrollan sobre distintos cultivares comerciales de trigo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Cría inicial

La cría inicial de *S. graminum* se obtuvo a partir de hembras vivíparas ápteras capturadas en poáceas espontáneas cerca de La Plata, Buenos Aires, (34° 58' S; 57° 54'

O) y multiplicadas sobre cebada (*Hordeum distichum*) en el insectario de la Cátedra de Zoología Agrícola (FCAYF - UNLP, Buenos Aires) y en un invernáculo del Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (INTA) en Hurlingham, Buenos Aires.

**Plantas hospedadoras**

En este estudio se utilizaron 8 cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.): ACA 315, Baguette Premium 11, BioINTA 1002, BioINTA 2004, Buck Meteoro, Colibrí, Klein Yará y LE2440. El cv. Colibrí es conocido por su susceptibilidad frente a *S. graminum*. Las plantas se cultivaron en cámara climatizada, en macetas plásticas (7,5 cm de diámetro por 10,5 cm de alto) conteniendo una mezcla de 2/3 de tierra y 1/3 de compost orgánico que se esterilizó en autoclave a 120 °C, 1 kg/cm<sup>2</sup>, 1h, 2 veces con un intervalo de 48 h (Dhingra y Sinclair, 1985). Cuando las plántulas desarrollaron 4-5 hojas se infestaron con pulgones provenientes de la colonia madre sobre cebada.

**Tablas de vida y parámetros biodemográficos**

Aproximadamente 45 hembras ápteras criadas por al menos tres generaciones sobre cada cultivar de trigo, de modo de descartar efectos de su alimentación anterior, fueron puestas individualmente en pequeñas jaulas de aplique de 3 cm diámetro (Noble, 1960) sujetas a las hojas. Luego de 24 h, se retiraron la hembra y su descendencia dejando sólo una ninfa en cada jaula. Así se obtuvieron cohortes de 40 ninfas de un día de edad, por cultivar. El ensayo se realizó en cámaras de cría a 20 ± 1°C, cerca de 70% RH foto-periodo de 14:10 h L:O. Mediante observaciones diarias se registraron los cambios de estadio a través de las exuvias y una vez adultas, el número de descendientes. Las observaciones finalizaron con la muerte de la última hembra.

El cálculo de la duración media de los periodos ninfal, pre-reproductivo, reproductivo y post-reproductivo y la duración total del ciclo de vida, así como la construcción de las tablas de vida y el cálculo de los parámetros demográficos se llevaron a cabo utilizando los programas informáticos específicos PERIOD y TABLAVI (La Rossa y Kahn, 2003). Este último calcula el error estándar de la media de todos los parámetros demográficos mediante el procedimiento jackknife (Meyer *et al.* 1986; Sokal y Rohlf, 1995). La curva de supervivencia específica por edades ( $l_x$ ) y la esperanza de vida ( $e_x$ ) de *S. graminum* sobre los diferentes cultivares fueron tomados de los outputs del programa TABLAVI. Las ecuaciones para obtener los parámetros demográficos, de acuerdo con Birch (1948) y Southwood y Henderson (2000), son las siguientes

- Tasa intrínseca de incremento natural ( $r_m$ )

$$\sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x e^{-r_m x} = 1$$

- Tasa neta de reproducción  $R_0$ )

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$$

- Tiempo generacional medio (T)

$$T = \frac{\sum x l_x m_x}{\sum l_x m_x}$$

-Tasa finita de incremento ( $\lambda$ )

$$\lambda = e^{r_m}$$

- Tiempo de duplicación (D)

$$D = \frac{\ln 2}{r_m}$$

$x$ =edad,  $l_x$ = supervivencia específica por edades,  $m_x$ = número de prole por hembra a la edad  $x$  o fecundidad diaria si la edad está expresada en días como en el presente trabajo.

La entropía (H), parámetro que expresa la cantidad de días que se ganan por cada muerte que se evita, se calculó tomando la expectativa de vida ( $e_x$ ), la frecuencia de muertes ( $d_x$ ) y la mortalidad diaria promedio ( $\mu$ ) de acuerdo con Carey (2001).

**Análisis de los datos**

Los datos fueron previamente revisados con la prueba de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de los mismos utilizando el procedimiento PROC UNIVARIATE y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene usando el PROC GLM del paquete estadístico SAS® (SAS Institute, 2002). Al no comprobarse normalidad se utilizó un procedimiento compilado en SAS® por Elliott y Hynan (2011), basado en el ANOVA no paramétrico de Kruskal-Wallis, denominado MC-KW, para comparar todos los parámetros. Las variaciones en la fecundidad diaria respecto de la edad fueron analizadas mediante una regresión polinomial de cuarto orden con la fecundidad como variable dependiente y el cultivar junto con la edad como variables discretas e independientes. El efecto del cultivar se analizó con el uso de mínimos cuadrados medios para ajustar el efecto polinomial de la edad. Las medias de fecundidad del áfido sobre los cultivares fueron comparados mediante la prueba de Tukey-Kramer, opción del PROC GLM (SAS Institute, 2002). Las curvas de supervivencia se compararon por métodos no paramétricos con el PROC LIFETEST (SAS Institute, 2002) y estimaciones de parámetros del modelo de Weibull y el de Gompertz, a través de regresiones no lineales con el PROC NLIN (SAS Institute, 2002) y del paquete SPSS (SPSS Inc., 2006). Este último se usó para obtener el respectivo coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de cada regresión no lineal.

La probabilidad ( $S_x$ ) de que un individuo alcance la edad  $x$ , fue calculada con las siguientes ecuaciones:

$$S_x = e^{\left[\frac{a}{b}\right] (1 - e^{bx})}$$

donde a = tasa de mortalidad inicial y b= tasa exponencial de incremento de la tasa de mortalidad, x= edad.

- Weibul

$$S_x = e^{\left(\frac{x}{b}\right)^c}$$

para  $x > 0$ , donde b es el parámetro de escala que está inversamente relacionado con la mortalidad y c es el parámetro que le permite al modelo producir distribuciones de supervivencia de diferentes formas (Deevey, 1947; Pinder *et al.*, 1978). Si el valor del parámetro c es,  $>1, =1$  o  $<1$ , corresponde al tipo I, II o III de las curvas de supervivencia de Deevey, respectivamente.

## RESULTADOS

### Desarrollo preimaginal

El tiempo de desarrollo de los estadios ninfales de *S. graminum* sobre los ocho cultivares de trigo se muestran en la tabla 1.

Las diferencias en la duración de cada estadio fueron en general significativas entre cultivares ( $P < 0,0001$ ). Casi todos los estadios ninfales se completaron más rápidamente sobre Colibrí, ACA 315 y BioINTA 1002. Se encontraron diferencias significativas en la duración del estado preimaginal completo (tabla 1); Kruskal-Wallis  $H = 124,79$ ;  $gl = 7$ ;  $P < 0,0001$ ).

Los individuos criados sobre los cvs ACA 315, Colibrí y BioINTA 1002 emplearon significativamente menos tiempo en alcanzar el estado adulto comparados con aquellos de-

sarrollados sobre el resto de los cvs, especialmente BioINTA 2004 y Baguette Premium 11, que tardaron alrededor de 10 días (tabla 1).

### Períodos reproductivos y longevidad de adultos

El período pre-reproductivo de *S. graminum* fue diferente en los cultivares (tabla 1) resultando significativamente más largo sobre ACA 315 y BioINTA 2004.

Los cultivares de trigo tuvieron un marcado efecto sobre la duración del período reproductivo del áfido. Se definieron tres grupos perfectamente distinguibles: Buck Meteoro, Klein Yará y BioINTA 1002 con los períodos reproductivos más cortos, entre 4.7 y 5,45 días, BioINTA 2004, ACA 315 y Baguette Premium 11 fueron más largos (28,2-36,4 días), ubicándose Colibrí y LE2330 en una posición intermedia (tabla 1). El período post-reproductivo fue diferente entre los cultivares). Se distinguieron dos grupos netamente distintos: LE 2440, Klein Yará, Buck Meteoro, BioINTA 1002 y Colibrí, con una menor duración (0,36-1,47 días) y BioINTA 2004, ACA 315 y Baguette Premium 11, sobre los cuales los áfidos permanecieron entre 5 y 8 días sin reproducirse antes de morir. También la longevidad de los adultos fue diferente sobre los distintos cultivares. Las cohortes vivieron más tiempo sobre ACA 315 y Baguette Premium 11 mientras que, las menos longevas se observaron en Buck Meteoro, Klein Yará y BioINTA1002 (tabla1).

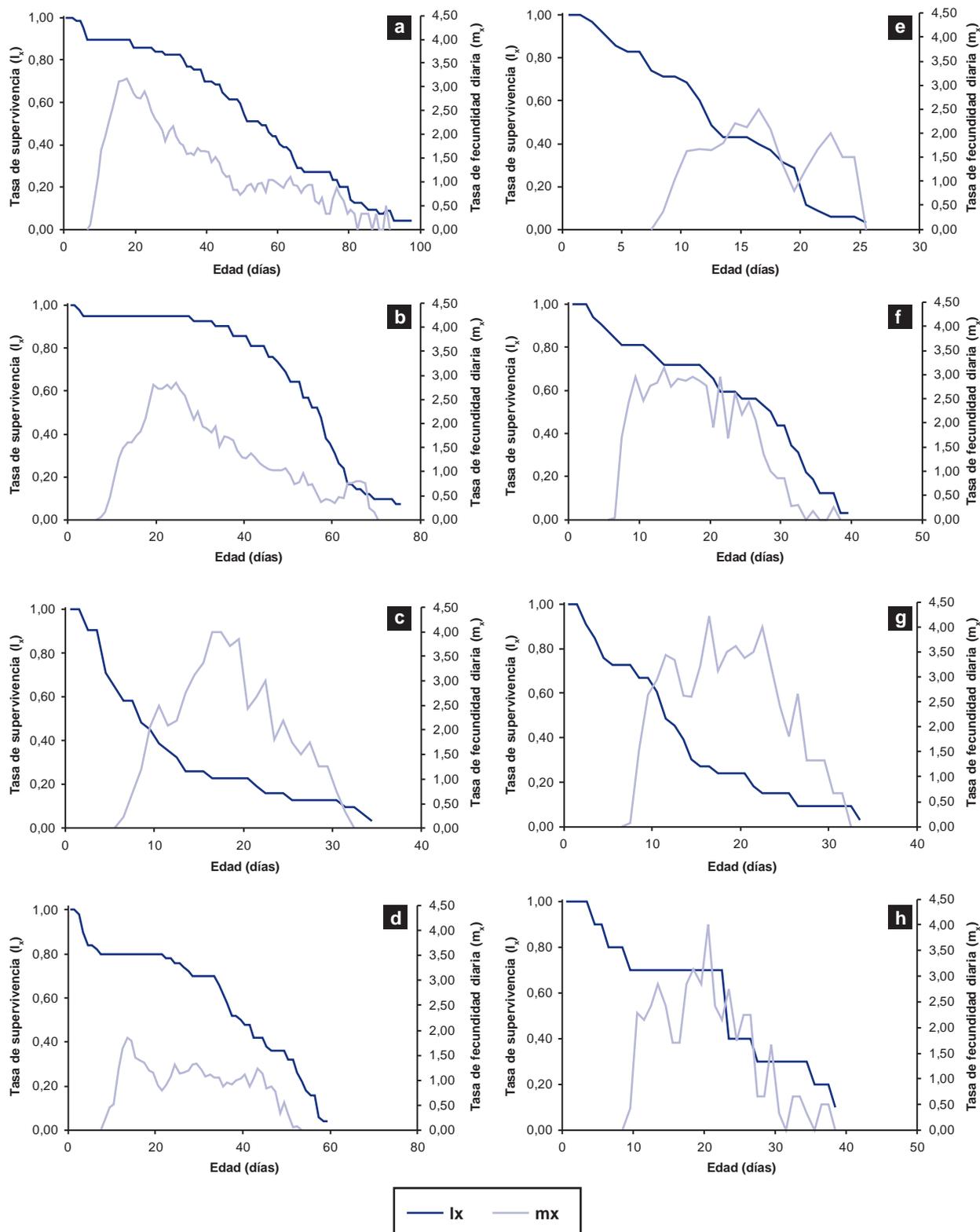
### Tasa de supervivencia, fecundidad y expectativa de vida

La tasa de supervivencia específica por edades ( $l_x$ ) y la fecundidad diaria ( $m_x$ ) se muestran en la figura 1. La prueba de log-rank mostró diferencias significativas entre las curvas  $l_x$  ( $\chi^2 = 304,34$ ;  $gl = 7$ ;  $P < 0,0001$ ). La curva  $l_x$  obteni-

Cultivar	1er. estadio	2do. estadio	3er. estadio	4to. estadio	Total Pre-imaginal	Pre-rep.	Reproductivo	Post-rep.	Longevidad
ACA 315	1,03±0,049 a	1,79±0,068 a	1,55±0,083 b	1,33±0,091 ab	6,71±0,151 a	1,36 ± 0,10 a	40,30 ± 2,93 a	8,19 ± 0,93 a	51,07 ± 2,93 a
BioINTA 1002	0,65±0,099 a	1,94±0,190 ab	1,45±0,207 ab	1,39±0,239 ab	6,42±0,443 a	0,38 ± 0,07 bc	36,40 ± 1,79 a	8,16 ± 0,80 a	55,52 ± 1,60 a
BioINTA 2004	1,45±0,079 b	2,30±0,073 bc	2,48±0,108 c	2,73±0,176 c	9,95±0,285 d	0,19 ± 0,08 bc	4,71 ± 1,49 c	0,68 ± 0,20 b	11,97 ± 1,83 d
Baguette Pr.11	1,64±0,089 bc	2,70±0,126 c	2,54±0,100 c	2,70±0,163 c	10,58±0,33 d	1,18 ± 0,08 a	28,20 ± 1,65 b	5,10 ± 0,42 a	44,43 ± 1,74 b
Buck Meteoro	2,12±0,096 d	1,82±0,186 a	1,24±0,144 ab	1,79±0,317 a	7,97±0,470 b	0,55 ± 0,12 b	4,70 ± 0,88 d	0,51 ± 0,13 b	13,64 ± 1,20 d
Colibrí	0,69±0,104 a	1,84±0,090 a	1,69±0,152 b	1,44±0,168 a	6,66±0,279 a	0,44 ± 0,09 bc	15,31 ± 1,76 c	1,47 ± 0,43 b	23,88 ± 2,12 c
Klein Yará	2,06±0,138 cd	2,06±0,209 ab	1,06±0,169 a	1,15±0,164 a	7,33±0,489 b	0,09 ± 0,05 d	5,45 ± 1,27 d	0,36 ± 0,22 b	13,24 ± 1,62 d
LE 2330	2,20±0,139 d	2,10±0,262 ab	1,70±0,206 b	1,80±0,268 b	8,80±0,501 c	0,10 ± 0,03 cd	14,80 ± 2,19 c	1,30 ± 0,18 b	23,70 ± 2,06 c
KWH	126,68	30,31	78,05	73,23	124,79	107,71	161,24	157,46	176,77
Df	7	7	7	7	7	7	7	7	7
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

**Tabla 1.** Duración media ±E. E. M. (en días) del desarrollo de los estadios inmaduros, períodos reproductivos y longevidad de *Schizaphis graminum* (Rond.) sobre ocho cultivares de trigo.

Letras iguales en la misma columna indican diferencias no significativas. Prueba KW-MC ( $\alpha=0,05$ ).



**Figura 1.** Tasa de supervivencia específica por edades ( $l_x$ ) y fecundidad ( $m_x$ ) de *Schizaphis graminum* (Romd.) sobre cultivares de trigo; a: ACA 315, b: Baguette Premium 11, c: BioINTA 1002, d: BioINTA 2004, e: Buck Meteoro, f: Colibrí, g: Klein Yará, h: LE2440.

da sobre BioINTA 2004 resultó diferente a las otras. No se observaron diferencias entre las curvas  $l_x$  sobre ACA 315 y Baguette 31, ni entre LE2330 y Colibrí como así tampoco

sobre BioINTA 1002, Buck Meteoro y Klein Yará (Tabla 2). La forma de las curvas de fecundidad diaria ( $m_x$ ) fue mejor descrita por una regresión polinomial de cuarto or-

Cultivar	Estadístico log rank
ACA 315	-48,312 a
Baguette Pr. 11	-36,888 a
BioInta 1002	-7,114 b
BioInta 2004	8,937 c
Buck Meteoro	14,851 c
Colibrí	22,536 d
Klein Yará	22,925 d
LE 2330	23,066 d

**Tabla 2.** Comparación múltiple con la prueba de log-rank de la curva de supervivencia de *Schizaphis graminum* (Rond.) sobre 8 cultivares de trigo.

Estadísticos log-rank seguidos de la misma letra indican diferencias no significativas entre curvas de supervivencia (Ajuste para comparaciones múltiples con la prueba de log-rank, corrección de Tukey- Kramer ,  $\alpha=0,05$ ).

den ( $R^2=0.77$ ). El análisis de regresión (tabla 3) mostró un fuerte efecto del hospedador sobre la fecundidad diaria ( $F=27.65$ ;  $gl=7, 317$ ;  $P<0.0001$ ) y se observaron diferencias significativas en la fecundidad diaria entre grupos de cultivares (tabla 3).

Los valores más altos de  $m_x$  se registraron entre los 6 y los 16 días luego de haber comenzado la reproducción, con valores entre 4.22 ninfas/día/hembra, para Klein Yará y 1.85 ninfas/día/hembra para BioINTA 2004.

La expectativa de vida al nacer ( $e_0$ ) fue menor en BioINTA 1002, Klein Yará y Buck Meteoro, con 11,47, 12,74 y 12,90 días, respectivamente. Las mayores  $e_0$  fueron registradas en ACA 315 y Baguette Premium 11 (52 d) y en el resto de los cultivares varió de 22 a 35 d.

### Entropía y mortalidad media diaria

La entropía (H) de *S. graminum* sobre ACA 315, Baguette Premium 11, BioINTA 1002, BioINTA 2004, Buck Meteoro, Colibrí, Klein Yará y LE2440 fue 0,41, 0,22, 0,80, 0,40, 0,45, 0,39, 0,28 y 0,41, respectivamente. La mortalidad media diaria ( $\lambda$ ) de 0,019, 0,019, 0,087, 0,028, 0,077, 0,042, 0,078 y 0,045 sobre los cultivares en el mismo orden que más arriba, respectivamente, mostrando que los valores más altos correspondieron a BioINTA 1002, Klein Yará y Buck Meteoro.

### Parámetros demográficos

La tasa intrínseca de crecimiento ( $r_m$ ), la tasa neta de reproducción ( $R_0$ ), el tiempo generacional medio (T), la tasa

Fuente de regresión	GI	Cuadrado medio	F	P	R <sup>2</sup>
Modelo	18	14,4347363	58,72	<0.0001	0,769271
Media (Edad)	1	71,39845829	290,43	<0.0001	
Media <sup>2</sup>	1	12,05234849	49,03	<0.0001	
Media <sup>3</sup>	1	56,80482167	231,07	<0.0001	
Media <sup>4</sup>	1	58,32541305	237,25	<0.0001	
Cultivar	7	6,79855679	27,65	<0.0001	
Edad x Cultivar	7	1,95061634	7,93	<0.0001	
Error	317	0,2458363			

### Mínimos Cuadrados Medios de la fecundidad diaria

Cultivar	M.C.M.±E.E.M.
ACA 315	1.75906481 ± 0.06765757 a
Baguette Premium 11	1.51026053 ± 0.06702093 a
BioINTA 1002	0.27826519 ± 0.20331463 c
BioINTA 2004	0.89355643 ± 0.07888778 b
Buck Meteoro	0.83728277 ± 0.35711701 b
Colibrí	0.15669214 ± 0.13834118 c
Klein Yará	0.50449072 ± 0.20514490 bc
LE 2330	0.32181264 ± 0.13914070 c

**Tabla 3.** Análisis de regresión polinomial de la fecundidad diaria sobre la edad de *Schizaphis graminum* (Rond.) y el cultivar. Mínimos cuadrados medios (M.C.M) seguidos por la misma letra indican diferencias no significativas (Tukey – Cramer,  $P>0.05$ ).

finita de incremento ( $\lambda$ ) y el tiempo de duplicación de las poblaciones de *S. graminum* sobre los ocho cultivares de trigo se muestran en la Tabla 4. Se encontraron diferencias significativas en la  $r_m$  entre las poblaciones (KW H= 69,40, gl=7, P< 0,0001). El áfido alcanzó los más altos valores de la  $r_m$  sobre el cultivar susceptible Colibrí, ACA 315 y Klein Yarará, si bien el primero fue significativamente más alto que el último. No se observaron diferencias significativas entre las  $r_m$  sobre los restantes cultivares. Los valores de la  $R_0$  se ubicaron en un rango de 9,57 a 64,67 hembras/hembra/generación y se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones (KW H= 128,57; gl= 7; P<0.0001). Las  $R_0$  poblaciones criadas sobre Buck Meteoro, Baguette Premium 11y Klein Yarará fueron las más bajas mientras que las más altas se observaron en ACA 315 y BioINTA 2004; el resto, incluido el cultivar susceptible Colibrí, se ubicó en un plano intermedio. Se hallaron diferencias entre los valores del parámetro T (KW H= 170,73; gl= 7; P<0,0001). El T fue significativamente más largo sobre BioINTA 2004 (20,49 días) seguido por ACA 315, BioINTA 1002 y LE2330. Los más bajos correspondieron al resto de los cultivares con alrededor de 13 d. La tasa finita de incremento ( $\lambda$ ) fue

diferente entre cultivares (KW H= 69,65; gl= 7; P<0,0001) y siguió igual tendencia que la  $r_m$ . El tiempo de duplicación (D) resultó diferente entre cultivares (KW H= 57,34; gl=7; P<0,0001) correspondiendo el menor valor a las poblaciones criadas sobre Colibrí y ACA 315.

**Modelos de mortalidad**

Los modelos de Gompertz y de Weibull mostraron un ajuste significativo (P<0,01) entre las tasas de supervivencia y la edad de *S. graminum* sobre los diferentes cultivares de trigo (tabla 5). Debido al alto valor del coeficiente de regresión ( $R^2$ ) los datos provenientes de los diferentes cultivares poseen un buen ajuste en ambos modelos.

**DISCUSIÓN**

Según Kennedy y Abou-Ghadir (1979), la menor o mayor duración del periodo ninfal está relacionada con la susceptibilidad o la resistencia del genotipo al insecto; los cultivares susceptibles ocasionan un periodo preimaginal más corto que los resistentes. van Lenteren y Noldus (1990)

Cultivar	$r_m$	$R_0$	T	$\lambda$	D
ACA315	0.246 ± 0.003 a	64.57 ± 4.945 a	16.027 ± 0.296 b	1.279 ± 0.004 a	2.613 ± 0.039 c
Baguette Pr.11	0.195 ± 0.003 c	13.906 ± 4.574 c	13.746 ± 0.758 c	1.215 ± 0.036 c	3.459 ± 0.603 a
BioInta 1002	0.196 ± 0.006 c	37.475 ± 2.470 b	18.507 ± 0.523 b	1.216 ± 0.007 c	3.538 ± 0.102 a
BioInta2004	0.211 ± 0.004 c	75.18 ± 4.14 a	20.488 ± 0.402 a	1.234 ± 0.005 c	3.287 ± 0.065 a
Buck Meteoro	0.172 ± 0.016 c	9.576 ± 2.049 c	13.286 ± 0.493 d	1.187 ± 0.019 c	3.998 ± 0.387 a
Colibrí	0.279 ± 0.011 a	38.52 ± 4.448 b	13.097 ± 0.278 d	1.322 ± 0.015 a	2.479 ± 0.103 c
Klein Yarará	0.223 ± 0.019 b	18.182 ± 4.339 c	13.125 ± 0.606 d	1.250 ± 0.023 c	3.083 ± 0.270 b
LE 2330	0.210 ± 0.018 c	28.659 ± 7.487 b	16.102 ± 0.517 bc	1.234 ± 0.022 c	3.271 ± 0.286 a

Tabla 4. Parámetros demográficos (medias ±E. M.) de *Schizaphis graminum* (Rond.) sobre 8 cultivares de trigo.

$r_m$ : Tasa intrínseca de crecimiento ( $\text{♀}/\text{♀}/\text{día}$ );  $R_0$ : Tasa neta de reproducción ( $\text{♀}/\text{♀}/\text{generación}$ ).  
 T: Tiempo generacional (días);  $\lambda$ : Tasa finita de crecimiento ( $\text{♀}/\text{♀}/\text{día}$ ); D: Tiempo de duplicación (días).  
 Letras iguales en la misma columna indican diferencias no significativas. Prueba KW-MC (P>0,05).

Cultivar	Weibull			Gompertz		
	b	c	$R^2$	a	b	$R^2$
ACA 315	63,682 ± 0.290	23.160 ± 0.362	0,992	0.00413 ± 0.000144	0.0351300 ± 0.000803	0,993
Baguette Pr. 11	59.700 ± 0.209	10.932 ± 0.247	0,991	0.00039 ± 0.000042	0.0911194 ± 0.002276	0,991
BioINTA 1002	14.200 ± 0.727	9.873 ± 0.626	0,852	0.08115 ± 0.00500	- 0.000917 ± 0.00075	0,973
BioINTA 2004	46.460 ± 0.482	17.921 ± 0.208	0,964	0.00644 ± 0.000987	0.045123 ± 0.0041	0,935
Buck Meteoro	16.463 ± 0.288	6.490 ± 0.358	0,974	0.02170 ± 0.0019	0.112883 ± 0.0089	0,984
Colibrí	30.095 ± 0.394	11.237 ± 0.506	0,965	0.00982 ± 0.00098	0.070403 ± 0.0069	0,953
Klein Yarará	15.917 ± 0.479	8.460 ± 0.674	0,936	0,04686 ± 0,003195	0,042627 ± 0.006636	0,98
LE 2330	28.992 ± 0.628	12.584 ± 0.847	0,918	0.01627 ± 0.0021	0.047799 ± 0.0783	0,926

Tabla 5. Estimación de los parámetros (±E.E.M.) de la regresión no lineal entre la tasa de supervivencia y la edad de *Schizaphis graminum* (Rond.) sobre cultivares de trigo ajustada para los modelos de Gompertz y de Weibull.

establecieron que una planta se considera susceptible cuando el periodo de desarrollo es corto y la reproducción total del fitófago es alta. Los periodos ninfales más cortos se observaron en Colibrí, BioINTA 1002 y ACA 315 pero la tasa de reproducción más alta se verificó en este último. Sobre Colibrí, Bionta 1002 y LE2330, la  $R_0$  resultó similar, pero más baja que en ACA 315. Este último reúne los atributos necesarios para ser susceptible según van Lenteren y Noldus (1990) en mayor medida que Colibrí. La mayor extensión del periodo reproductivo y, en cierta medida de la longevidad, junto con una alta tasa de reproducción, indicaría una mayor susceptibilidad por parte del cultivar como en el caso de ACA 315. Es por ello que el cultivar Baguette Premium 11 no puede considerarse susceptible porque si bien el periodo reproductivo fue similar al encontrado sobre ACA 315, la  $R_0$  fue baja. BioINTA 2004 tampoco puede considerarse susceptible, pero en este caso no debido a una baja  $R_0$  (ya que fue similar a la de ACA 315), sino porque el periodo ninfal fue largo, similar al de en Baguette Premium 11.

Aunque las tasas de desarrollo y de reproducción proveen importantes indicios concernientes a la capacidad del hospedador para sostener el ciclo de vida del insecto, deberían relacionarse con otros parámetros como los derivados de las tablas de vida. Según Birch (1948), la tasa intrínseca de crecimiento natural ( $r_m$ ) es el parámetro básico para caracterizar cualquier población de insectos. Excepto en ACA 315, la  $r_m$  en todos los cultivares fue más baja que el encontrado sobre el cultivar susceptible Colibrí indicando algún nivel de resistencia. A pasar de que la  $R_0$  observada sobre BioINTA 2004 y ACA 315, fueron significativamente más altas que el resto, la  $r_m$  sobre el primero fue más baja en virtud del mayor tiempo generacional medio (T). Aun si la fecundidad y por ende, la tasa neta de reproducción es relativamente alta una mayor longitud del tiempo generacional medio puede determinar un incremento poblacional relativamente bajo.

La entropía (H) es un parámetro que provee una medida útil para caracterizar las diferencias en las formas de las curvas que reflejan las tasas de supervivencia diarias (i.e. curvas de supervivencia) entre cohortes (Carey 2001). Los valores de H sugieren que la curva de supervivencia de *S. graminum* es convexa ( $H < 0.5$ ) en todos los cultivares excepto en BioINTA 1002 que es cóncava ( $H > 0.5$ ). La convexidad de la curva indica que la probabilidad de sobrevivir durante todas las etapas tiende a ser constante, con la mortalidad concentrada en los individuos viejos (curva de tipo I de Deevey). Las cóncavas (tipo III de Deevey) corresponden a poblaciones en las cuales la proporción de muertes se mantiene constante a través de las edades, esto es: el número de insectos que muere disminuye a medida que la población envejece. El parámetro de forma (c) del modelo de Weibul fue siempre mayor a 1 denotando la convexidad en todas las curvas. Sin embargo en el modelo de Gompertz la concavidad de la curva se advierte a través del parámetro b que resultó negativo y presenta mejor ajuste en comparación con el anterior en el cultivar BioINTA 1002.

La  $r_m$  se utilizó para medir la performance de áfidos en diferentes plantas y en sus cultivares o variedades (Gutierrez

*et al.*, 1971; Dixon, 1987; Ruggle and Gutierrez, 1995). Según Le Roux *et al.* (2008) la evaluación de la  $r_m$  en áfidos criados en condiciones de laboratorio tiende a mostrar resistencia de naturaleza antibiótica, sin embargo, de existir antixenosis, ésta induciría cambios en ese parámetro. Los bajos valores de  $r_m$  y el largo periodo preimaginal encontrados sobre Baguette Premium 11, BioINTA 1002, BioINTA 2004, Buck Meteoro y LE 2330 demuestran que poseen cierto grado de resistencia respecto del cultivar susceptible Colibrí. Esa resistencia puede deberse a fenómenos de antibiosis y aun de antixenosis, lo cual caracteriza a esos cultivares como promisorios para utilizarlos en el gran cultivo y como recursos genéticos para generar nuevas líneas. Los resultados obtenidos, como los de Ruggle y Gutierrez (1995), Guldemond *et al.* (1998), Laamari *et al.* (2008) y Obopile y Osipile (2010) muestran que los estudios de tablas de vida y dinámica poblacional constituyen herramientas útiles para caracterizar la resistencia a áfidos en plantas cultivadas. No existen antecedentes sobre los cultivares ensayados respecto de *S. graminum*, por lo que el presente trabajo se considera un aporte nuevo al conocimiento varietal de trigo en la Argentina.

## BIBLIOGRAFÍA

- BIRCH, L.C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.* 17: 15-26.
- CAREY, J.R. 2000. Insect biodemography. *Annual Review of Entomology* 46: 79-110.
- DEEVEY, E.S. 1947. Life tables for natural populations of animals. *Quarterly Review of Biology* 22: 283-314.
- DHINGRA, O.D.; SINCLAIR, J.B. 1985. Basic plant pathology methods. CRC Press, Boca Ratón, Florida, USA. 439 pp.
- DIXON, A.F.G. 1987. Parthenogenetic reproduction and the rate of increase in aphids. *En A. K. Minks and P. Harrewijn (eds.) Aphids their biology, natural enemies and control*, vol. A. Elsevier, Amsterdam. The Netherlands. pp. 269-285.
- ELLIOTT, A.C.; L.S. HYNAN. 2011. A SAS® macro implementation of a multiple comparison post hoc test for a Kruskal-Wallis analysis. *Comput. Methods Programs Biomed* 102(1): 75-80.
- GUTIERREZ, A.P.D.; MORGAN, J.; HAVENSTEIN, D.E. 1971. The ecology of *Aphis craccivora* Koch and subterranean clover stunt Virus. I. The phenology of aphid populations and the epidemiology of virus in pastures in South-East Australia. *J. Appl. Ecol.* 8: 699-7210.
- GULDEMOND, J.A.; VAN DEN BRINK, W.J.; DEN BELDER, E. 1998. Methods of assessing population increase in aphids and the effect of growth stage of the host plant on population growth rates. *Entomol. Exp. Appl.* 86: 163-173.
- IMWINKELRIED, J.M.; FAVA, F.D.; TRUMPER, E.V. 2004. Pulgones que atacan al cultivo de trigo. *Boletín 7. INTA EEA Manfredi.*
- KENNEDY G.G.; ABOU-GHADIR, M.F. 1979. Bionomics of the turnip aphid on two turnip cultivars. *J. Econ. Entomol.* 72: 754-757.
- LAAMARI M.; KHELFA L.; CŒUR D'ACIER, A. 2008. Resistance source to cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch) in broad bean (*Vicia faba* L.) Algerian landrace collection. *Afr. J. Biotechnol.* 7: 2486-2490.
- LA ROSSA, F.R.; KAHN, N. 2003. Dos programas de computadora para confeccionar tablas de vida de fertilidad y calcular parámetros biológicos y demográficos en áfidos (Homoptera: Aphidoi-

dea). RIA 32(3): 127-142.

LE ROUX, V.; DUGRAVOT, S.; CAMPAN, E.; DUBOIS, F.; VINCENT, C.; GIORDANENGO, P. 2008. Wild Solanum resistance to aphids: Antixenosis or antibiosis? J. Econ. Entomol. 101(2): 584-591.

MAIA, A.H.N.; LUIZ, A.J.B.; CAMPANHOLA, C. 2000. Statistical inference on associated fertility life table parameters using jack-knife technique: computational aspects. Journal of Economic Entomology 93, 511-518.

MEYER, J.S.; INGERSOLI, C.G.; MC DONALDS, L.L.; BOYCE, M.S. 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: Jack-knife vs. Bootstrap techniques. Ecology 67: 1156-1166.

NOBLE, M.D. 1960. A simplified cage for aphid investigations. Can. Ent. 90: 760.

OBOPILE, M.; OSITILE, M. 2010. Life table and population parameters of cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae) on five cowpea *Vigna unguiculata* (L. Walp.) varieties. J. Pest. Sci. 83: 9-14.

PINDER, J.E. III; WIENER, J.G.; SMITH, M.H. 1978. The Weibull distribution: a new method of summarizing survivorship data. Ecology 59: 175-179.

RAZMJOU, J.; MOHARRAMIPOUR, S.; FATHIPOUR, Y.; MIRHOSEINI, S.Z. 2006. Effect of cotton cultivar on performance

of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) in Iran. Journal of Economic Entomology 99: 1820-1825.

RICCI, M.; LA ROSSA, F.R.; VASICEK, A. 2000. Demografía del "pulgón verde del duraznero" *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera:Aphidoidea) sobre pimiento (*Capsicum annuum*) en condiciones de laboratorio. Revista CEIBA, Honduras, 41(1): 17-20.

RUGGLE, P.; GUTIERREZ, A.P. 1995. Use of life tables to assess host plant resistance in alfalfa to *Therioaphis trifolii* f. *maculata* (Homoptera: Aphididae): hypothesis for maintenance of resistance. Environ. Entomol. 24: 313-325.

SAS Institute Inc. 2002. Help and Documentation, Cary, NC. USA.

SPSS Inc. 2006. SPSS Base 15.0 for Windows User's Guide. SPSS Inc., Chicago IL. USA.

SOKAL, R.R.; ROHLF F.J. 1995. Biometry, 3rd ed. W.H. Freeman, New York. USA. 887 pp.

SOUTHWOOD, R.R.E.; HENDERSON, P.A. 2000. Ecological Methods, Third Edition, Blackwell Science, Oxford. 575 pp.

VAN LENTEREN, J.C.; NOLDUS, L.P. 1990. Whitefly-plant relationships: behavioral and ecological aspects. En D. Gerling (ed.) Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Intercept Ltd. Andover UK. pp. 47-89.

# Fertilización nitrogenada en *Festuca arundinacea* Schreb. para producción de semilla con riego en el norte de Buenos Aires, Argentina

BAZZIGALUPI<sup>1</sup>, O.; BERTÍN, O.D.

## RESUMEN

La festuca alta es la gramínea forrajera perenne más sembrada y de la que se produce más semilla fiscalizada en la Argentina. Las recomendaciones de fertilización con nitrógeno (N) no se basan en diagnósticos objetivos lo cual provoca pérdidas de rentabilidad e incrementa los riesgos ambientales. Se realizó un experimento, durante dos años, para evaluar los efectos de la dosis de N (0 -testigo-, 75, 150, 225 y 300 kg.ha<sup>-1</sup>) y la forma de aplicación de fines de invierno, entera o dividida, sobre el rendimiento y la calidad de semilla de festuca alta (cv Luján INTA). Este se sembró el 4 de abril de 2010 en un suelo Argiudol típico, franco limoso serie Pergamino. Se aplicó regulador de crecimiento y fungicida en dosis de marbete y 100 mm.año<sup>-1</sup> de riego complementario. La cosecha fue manual y se realizó cuando la semilla alcanzó el 48-49% de humedad. El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados (n=4), con arreglo factorial de los tratamientos. Los datos se analizaron por ANVA y las comparación de medias de tratamientos por la prueba de diferencias mínimas significativas ( $\alpha=5\%$ ). La relación entre el rendimiento de semilla y la dosis de N se determinó mediante el cálculo de los estimadores de los parámetros del modelo por el procedimiento NLIN del SAS. La dosis óptima económica fue obtenida mediante la herramienta CNRT, que estima por media ponderada de R<sup>2</sup> de cinco modelos de respuesta. El número de panojas, el peso de 1.000 semillas, el porcentaje de germinación y el rendimiento fueron afectados significativamente por las dosis de N. La respuesta de rendimiento ajustó al modelo "lineal-plateau" ( $y=643,5 + 10,36X - 0,063X^2$ ;  $p<0,001$ ), con valores de 82,3 kg N.ha<sup>-1</sup> y 1.070 kg.ha<sup>-1</sup> de semilla para el punto de inflexión. La dosis óptima económica fue 73 kg N.ha<sup>-1</sup>. Con la tecnología empleada en este experimento, sin N, se lograron rendimientos de semilla pura de  $\approx 600$  kg.ha<sup>-1</sup>, que fueron elevados por el agregado de N hasta 66%. Si se mantiene la relación histórica entre el precio de la semilla y el costo del nitrógeno, la fertilización con N es una práctica rentable.

**Palabras claves:** festuca alta, panojas, rendimiento, nitrógeno.

## ABSTRACT

Tall fescue is the perennial forage species most used in the humid Pampa and, also, the species with the highest certified seed production in Argentina. Because of the recommended N fertilization does not rely on objective diagnostic tools, loss of profitability and increasing risks of environmental damage would be evident. An experiment was conducted during two years, to evaluate the effects of N dose (0 - control-, 75, 150, 225 and

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Pergamino.  
Correo electrónico: obazzigalupi@pergamino.inta.gov.ar

300 kg.ha<sup>-1</sup>) and the form of fertilizer application (complete or split) on the yield and quality of tall fescue seed (cv Lujan INTA). The experiment was established on April 4<sup>th</sup> of 2010 on a typical Argiudol soil. Plant growth regulator and fungicide were applied at standard doses as well as 100 mm.year<sup>-1</sup> of supplementary irrigation. The harvest was done by hand when seed had 48-49% of moisture. A complete randomized block design (r=4) was used, with a factorial arrangement of the treatments. The data were statistical analyzed by the ANOVA Procedure of SAS and treatments means were compared with the LSD test ( $\alpha=5\%$ ). The relationship between seed yield and N doses was analyzed by computing the parameters estimates with the NLIN procedure of SAS. N doses significantly affected the number of panicles, the weight of 1,000 seeds, the germination percentage and the seed yield. The yield response to N doses was adjusted to a "linear plateau" model ( $y = 643.5 + 10.36X - 0.063X^2$ ;  $p < 0.001$ ), with values of 82.3 kg N.ha<sup>-1</sup> and 1,070 kg seed.ha<sup>-1</sup> for the inflection point. The optimal economic dose was 73 kg N ha<sup>-1</sup>. With the technology used in this experiment, without N fertilization, yield was approximately 600 kg ha<sup>-1</sup> of pure seed. With N fertilization, seed yield increased by 66%. According to the historical price relationship between seed and N fertilizer, the N fertilization in tall fescue for seed production is a profitable agronomic practice.

**Keywords:** *Festuca arundinacea*, panicles, seed yield, nitrogen

## INTRODUCCIÓN

La festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) es la gramínea forrajera perenne más sembrada y de la que se produce más semilla fiscalizada en Argentina (INASE, 2013). La intensificación de los sistemas agrícola-ganaderos de la región pampeana ha originado que la producción de semilla de festuca alta se realice en suelos marginales para altos rendimientos agrícolas o en sistemas integrados utilizando los tiempos e infraestructura que le dejan los cultivos agrícolas. En esta segunda opción el riego aparece como una alternativa a ser usada en otoño-invierno-principios de primavera, cuando el equipamiento no se usa para maíz o soja.

La producción intensiva de semillas de gramíneas forrajeras incluye la incorporación del riego, la fertilización y el uso de fungicidas y reguladores de crecimiento. En algunas gramíneas perennes el principal componente de rendimiento de semilla es el número de macollos fértiles y esta variable es afectada por el nitrógeno (N) y la disponibilidad de agua (Hebblethwaite y Mc Laren, 1979). Cuando la retención de humedad del suelo o la distribución de lluvias son deficientes, el riego suplementario es necesario para lograr altos rendimientos de semilla de festuca alta (Rolston y Young, 2009; Huettig *et al.*, 2013). El N es el nutriente más importante para la producción de semilla de festuca alta (Hampton, 1988; Hare y Rolston, 1990), por esta razón, en modelos intensificados la fertilización nitrogenada es una práctica frecuente. Sin embargo, su aplicación no se basa en determinaciones objetivas de análisis de suelo o planta, ni en modelos de respuesta. Esta deficiencia resulta en aplicaciones no ajustadas a las necesidades del cultivo. Con dosis subóptimas se pierde potencial de rendimiento y el exceso ocasiona ineficiencias y pérdida de N por lavado, con el consecuente perjuicio económico y ambiental (Rowart, 1998; Gislum *et al.*, 2007). Los elementos de diagnóstico para definir las dosis de fertilización tales como análisis de N en suelo, no han sido exitosos en todos los ambientes como herramienta para ajustar dosis. Las mediciones de N

en planta son adecuadas pero costosas y demandantes de tiempo, lo cual dificulta su adopción a nivel productivo (Hart *et al.*, 2007). Recientemente los trabajos se han orientado hacia la búsqueda de parámetros indirectos. La relación entre el consumo total de N del cultivo (CNC según siglas en inglés, curvas críticas de dilución de N) y el índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI, según sus siglas en inglés), es un método que ha presentado buenos ajustes (Flowers *et al.*, 2010). Sin embargo, estos modelos no han sido validados localmente para determinar las necesidades de fertilización y requieren de mayores investigaciones (Chynoweth *et al.*, 2010).

Para lograr óptimos rendimientos de semilla de festuca alta el requerimiento estimado de N es de 160 kg.ha<sup>-1</sup>, de los cuales tres cuartas partes se acumulan en la parte aérea y el resto en las raíces (Casals, 2010). Ensayos realizados en Francia muestran que los principales requerimientos para ese ambiente se producen en la primavera, sin diferencia entre tipos de festuca alta y años de cosecha (Casals, 2010).

De la totalidad del fertilizante nitrogenado, un tercio debería ser aplicado en otoño temprano para estimular el macollaje (Serrano *et al.*, 1991). La aplicación de otoño no sería necesaria cuando la población de macollos es adecuada. Sin embargo, la respuesta a la aplicación de otoño es variable con las especies. No hay respuestas en aquellas de floración tardía, como raigrás perenne, pero sí en las tempranas como festuca alta (Rolston *et al.*, 1985). El N es necesario antes de la elongación del tallo (Hare y Rolston, 1990) y en el norte de Buenos Aires, para festuca alta eso ocurre a fines de invierno (agosto-septiembre). En esta región, la mayor eficiencia se logró con aplicaciones divididas entre otoño y fines de invierno (Bazzigalupi *et al.* 1986; Bertín y Bazzigalupi, 1993). Existen otros trabajos que sugieren la posibilidad de lograr mejoras de rendimiento, por aumento del peso de mil semillas (P1000), con aplicaciones divididas a partir del inicio del período reproductivo (Rolston *et al.*, 1985).

Numerosos trabajos sobre respuestas en rendimiento de semilla a la dosis de N ajustaron modelos cuadráticos, con máximos variables según sitios experimentales, especie gramínea, cultivar y sistema productivo (Rolston y Young, 2009; Casals, 2010).

Se plantea la hipótesis de que en modelos intensificados, los cultivos de festuca alta tienen respuestas de rendimiento y calidad de semilla adecuadas, con aplicaciones de nitrógeno inferiores a los de máxima respuesta física, con lo cual se pueden lograr óptimos beneficios económicos y ambientales.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la dosis de N y de la forma de aplicación (entera o dividida) sobre el rendimiento y la calidad de semilla de festuca alta y estimar la dosis óptima económica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se instaló en el campo experimental de la Empresa Barenbrug – Palaversich S.A., ubicado en el partido de Pergamino, provincia de Buenos Aires, Argentina (33° 57' S, 60° 36' O y 76 m snm), sobre un suelo Argiudol típico (franco-limoso), serie Pergamino, capacidad de uso I; clima templado húmedo, temperatura media anual de 16,5 °C y lluvias medias de 975 mm.año<sup>-1</sup>.

El diseño experimental fue en bloques completos al azar, con arreglo en parcela dividida donde la parcela principal fue momento de aplicación y la sub-parcela las dosis de N, con cuatro repeticiones. Los datos fueron analizados con ANVA y comparación de medias de tratamientos por diferencias mínimas significativas (DMS,  $\alpha = 5\%$ ) y cálculo de estimadores mínimos cuadráticos de los parámetros del modelo mediante el procedimiento NLIN de SAS (2002).

Como tratamientos se emplearon cinco dosis de N (0, 75, 150, 225 y 300 kg.ha<sup>-1</sup>) en dos formas de aplicación, entera y dividida. La entera coincidió con la segunda aplicación de la dividida. En 2010, las fechas fueron 17/08 (estado de doble arruga) y 7/09. En el segundo año las fechas fueron 5/08 y 1/09. Cada unidad experimental fue de quince surcos de 5 metros de largo.

La siembra se realizó el 30 de abril de 2010, con semilla de festuca alta tipo norte de Europa, cv Luján INTA, precoz a floración; con 88% de germinación, 94,4% de pureza y un P1000 de 2,37 g; densidad de siembra: 312 semillas viables por metro cuadrado (8,9 kg.ha<sup>-1</sup>). Se realizó siembra directa con una sembradora experimental de cuatro surcos a 40 cm. A la siembra se aplicaron 67 kg.ha<sup>-1</sup> de fertilizante 7-40-6-12 (N-P-K-S) y 25 kg N.ha<sup>-1</sup> en marzo de 2011. En forma inmediata a la siembra se aplicó flumetsulam (SC 12%), en dosis de 500 cc.ha<sup>-1</sup>.

El riego complementario aplicado fue de 95 mm y 100 mm para el primero y segundo año respectivamente (tabla 1). La calidad de agua de riego fue alcalina bicarbonada con moderado contenido de sodio, evaluada en mayo de 2010. Los datos analíticos fueron: pH 8,7, conductividad 1,1 dS.m<sup>-1</sup>; Ca, Mg, K y Na: 14,0, 30,0, 15,6 y 234,6 mg.l<sup>-1</sup>

(ppm); RAS: 8,1; sales totales 656 mg.l<sup>-1</sup>; cloruros, bicarbonatos, carbonatos nitratos y sulfatos: 32,0; 514,1; 72,0; 16,0 y 1,0 mg.l<sup>-1</sup>.

Se realizó control de pulgones en implantación (27/5/2010). En los dos años de ensayo se aplicó regulador de crecimiento, trinexapac etil, EC 25%, 950 cc.ha<sup>-1</sup> y fungicida azoxistrobina, SC 20% + cyproconazole, SC 8%, en dosis de 500 cc.ha<sup>-1</sup>. El regulador de crecimiento fue aplicado en el cultivo de primer año el 4/10/2010 y en el segundo año el 26/9/2011; y las fechas del fungicida fueron el 25/10/2010 y 5/10/2011.

La cosecha del primer año se realizó el 24/11/2010, cuando la semilla tenía 48% de humedad. El 18/03/2011 se realizó un corte con eliminación del forraje. Para controlar raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam.) presente en el lote, el 18/5/2011 se aplicó atrazina (90% WDG) con una dosis de 850 g.ha<sup>-1</sup> de producto comercial. El segundo año la cosecha se realizó el 14/11/2011 cuando la semilla presentaba un contenido de humedad del 49%.

En cada unidad experimental fueron tomadas dos submuestras de 0,5 m<sup>2</sup> para realizar las evaluaciones de número de panojas, rendimiento y calidad de semilla. La cosecha se realizó mediante corte manual con hoz en dos surcos por unidad experimental de 1,25 x 0,40 m. El material fue colocado en bolsas de papel, secado al sol hasta aproximadamente 12% de humedad y luego se trilló. El material liviano se retiró mediante venteado y luego se utilizó zaranda para separar el material de mayor tamaño que la semilla. Del material resultante se tomó muestra para determinar su porcentaje de pureza y calcular luego el rendimiento de semilla limpia y pura. Sobre esta semilla se realizaron las determinaciones de peso de mil semillas y poder germinativo (ISTA, 2009).

Para el cálculo de la dosis óptima económica (DOE) se utilizó la planilla de cálculo CNRT v4.1. Con esta metodología las DOE se obtienen a partir de curvas ajustadas que prescinden de su significancia estadística. Se utiliza el promedio de cinco ecuaciones: cuadrática, cuadrática con *plateau*, Mitscherlich, lineal con *plateau* y esférica con *plateau* (IPNI, 2012).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Del sitio experimental

Las condiciones meteorológicas durante los dos años del ensayo fueron de menores lluvias y mayor número de heladas a fines del invierno respecto al valor promedio (tabla 1). Esta situación determinó la necesidad de aplicar 95 mm de riego complementario en el primer año (mayo a agosto) y 100 mm en el segundo (agosto y septiembre). La escasa cantidad de agua aplicada no afectaría ni el suelo, ni el cultivo, a pesar de los relativamente elevados valores de pH, sales totales y sodio del agua de riego.

Las características químicas del suelo al inicio del ensayo (0-20 cm, el 7/5/2010) fueron: pH = 5,6 (potenciométrico, agua 1:2,5); conductividad eléctrica 0,145 dS.m<sup>-1</sup>; C:

			ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
Precipitaciones	2010	Lluvia	151	215	35	61	75	8	24	0,3	87	85	27	49	817,3
		Riego					35	20	10	20			10		95
	2011	Lluvia	234	194	65	75	37	24	15	2	36	76	53	14	825
		Riego								40	60				100
	Histórico 1910-2012	Lluvia	109	106	125	97	59	36	35	41	55	106	100	106	975
Heladas	2010	Meteorológicas	0	0	0	0	1	3	13	14	0	0	0	0	31
		Agrometeorológicas	0	0	0	8	12	19	20	18	0	3	0	0	80
	2011	Meteorológicas (M)	0	0	0	0	3	6	14	13	2	0	0	0	38
		Agrometeorológicas (AM)	0	0	0	1	9	14	22	19	9	4	0	0	78
	Históricas	M: 1967-2012	0	0	0,2	2,1	5,2	7,4	5,4	2	0,2	0	0	0	22,5
		AM: 1999-2012			2,2	7,4	12,4	16,2	15,6	7,4	1,7	0,6	0,2		63,7

**Tabla 1.** Datos meteorológicos de precipitaciones, heladas y evaporación potencial, históricos y de los años 2010 y 2011 en los cuales se realizó el ensayo de fertilización en festuca alta.

13,5 y N: 1,2 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Ca, Mg, K y Na con valores de 1960; 169,4; 547,4 y 23,0 mg.kg<sup>-1</sup> respectivamente y 13,8 de CIC. Los contenidos de azufre en sulfatos (S-SO<sub>4</sub>) y fósforo extractable (Bray) (Pe) fueron 5,5 y 39,4 mg.kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

La cantidad de N del suelo (0-20 cm en parcela testigo) fue en septiembre de 2010, 3,3 y 8,1 mg.kg<sup>-1</sup>, para N-NO<sub>3</sub> y N-NH<sub>4</sub>, respectivamente, considerados bajos para los suelos típicos de la región, pues equivalen a solo 7,5 kg N-NO<sub>3</sub>.ha<sup>-1</sup>. Al momento de realizar la aplicación tardía de N en el segundo año el contenido de N del suelo también fue bajo (N-NO<sub>3</sub>: 3,3; N-NH<sub>4</sub>: 8,1 mg.kg<sup>-1</sup>).

**Panojas**

El número de panojas logrado fue independiente del momento de aplicación del N en ambos años. En 2010 el pro-

medio fue de 240 y en 2011 de 365 panojas m<sup>-2</sup> (tabla 2). Este aumento de 50% en el número de panojas del segundo año es el comportamiento frecuente en los cultivos del primer año y del segundo año de la especie. Si bien se considera que un alto número de macollos fértiles es importante, por la alta correlación que existe entre esta variable y el rendimiento de semillas (Hare, 1994), en este ensayo, la diferencia en el número de panojas no se vio reflejada en la misma magnitud en el rendimiento de semilla (tabla 2).

En cuanto al efecto de las dosis, en 2010 la dosis de 150 kg N.ha<sup>-1</sup> produjo un número de panojas significativamente superior al testigo y a la mayor dosis. El menor número de panojas con las dosis mayores del primer año, se explica por la utilización del N en la formación de macollos vegetativos, que compiten con los reproductivos (Serrano *et al.*, 1991). En el segundo año, todas las dosis de N fueron eficaces para producir un mayor número de panojas que el testigo sin fertilizar (tabla 2).

		2010		2011		2011		2011		2011	
		panojas.m <sup>-2</sup>	kg semilla.ha <sup>-1</sup>	panojas.m <sup>-2</sup>	kg semilla.ha <sup>-1</sup>	P1000 (g)	1er R %	PG %			
Dosis (kgN.ha <sup>-1</sup> )	0	204 b	589 b	301 b	697 c	1,98 c	53 b	83 b			
	75	234 ab	924 a	389 a	1208 ab	2,05 bc	68 a	87 ab			
	150	277 a	1060 a	374 a	1240 a	2,14 a	70 a	89 a			
	225	241 ab	999 a	387 a	1124 ab	2,10 ab	67 a	86 ab			
	300	207 b	960 a	374 a	1034 b	2,13 ab	66 a	87 ab			
	dms	43,6	175	45,9	206	0,086	10,8	5,4			
Aplicación	entera	228 a	924 a	375 a	1063 a	2,07 a	66 a	87 a			
	dividida	253 a	889 a	355 a	1058 a	2,10 a	64 a	86 a			
	dms	26,6	111	29,1	130	0,055	6,82	3,4			
	media general	240	907	365	1061	2,08	64,6	86,4			

**Tabla 2.** Panojas, rendimiento, peso de mil semillas y germinación (primer recuento (1er. R) y poder germinativo (PG) correspondiente a cada tratamiento y año de evaluación de producción de semilla de festuca alta.

## Calidad de semilla

### Peso de mil semillas

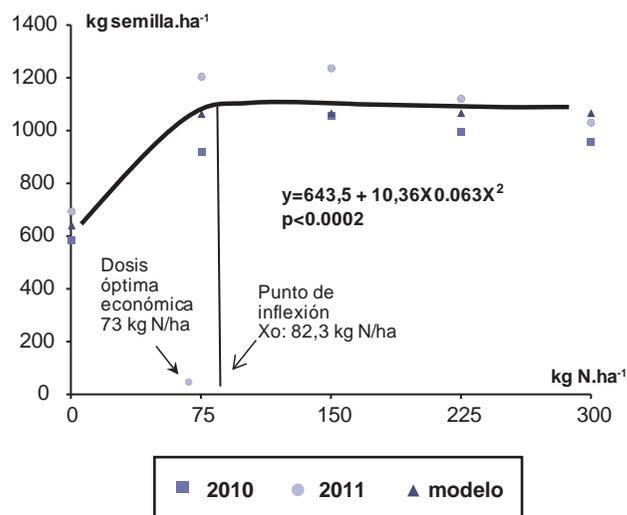
El mayor peso de semilla fue logrado con la dosis de 150 kg N.ha<sup>-1</sup>, que superó a la dosis de 75 kg N y al testigo, sin diferencia con las dosis mayores. El peso de 1000 semillas promedio fue de 2,08 g, sin diferencia entre formas de aplicación (tabla 2). Numerosos trabajos muestran que las aplicaciones de N afectan el peso y la concentración de N en las semillas. Con más N aplicado en llenado de grano incrementan ambos parámetros y también el vigor de las semillas (Ene y Bean, 1975; Bean, 1980).

### Germinación

En el primer recuento del ensayo de germinación todos los tratamientos con N superaron al testigo sin diferencia entre ellos (tabla 2). La mayor velocidad de germinación expresada por el dato del primer recuento, se explica por el mayor contenido de N de las semillas provenientes de lotes fertilizados. La mayor cantidad de proteína hidrofílica provoca una mayor velocidad de imbibición de las semillas y, consecuentemente, mayor número de plántulas logradas al primer recuento. Sin embargo, las mayores dosis de N no producen mayor porcentaje de germinación, como ocurre en raigrás perenne (Cookson *et al.*, 2001). La germinación expresada por el número de plántulas normales del recuento final del testigo fue superada por el tratamiento de 150 kg N, sin diferencia entre los tratamientos fertilizados.

### Rendimiento de Semilla

La forma de aplicación del fertilizante, entera o dividida, no modificó los rendimientos de semilla en ninguno de los años de cosecha (tabla 2, figura 1). En raigrás perenne, ensayos realizados en Nueva Zelanda obtuvieron resultados semejantes (Chynoweth *et al.*, 2010).



**Figura 1.** Rendimiento de semilla (kg.ha<sup>-1</sup>) de festuca alta según dosis de N (0, 75, 150, 225 y 300 kg.ha<sup>-1</sup>) y año de cosecha (2010 y 2011); punto de inflexión del modelo (n-lin) y dosis óptima económica (DOE).

El rendimiento promedio del primer año fue de 907 kg.ha<sup>-1</sup> y el del segundo de 1061 kg.ha<sup>-1</sup>. Mientras el número de panojas creció un 52% del primero al segundo año, el rendimiento sólo lo hizo en un 17%. Esto se explica, entre otros factores, porque en el segundo año se registró daño por helada agrometeorológica (tabla 1) y vuelco que pueden haber disminuido el número de semillas por panoja y el peso de las semillas.

En el primer año todos los tratamientos con N superaron el rendimiento del testigo sin diferencia entre ellos. Mientras que el segundo año, la dosis de 150 kg N.ha<sup>-1</sup> superó significativamente al testigo y a la dosis de 300 kg N. Esta última también fue superior al testigo. Similares resultados fueron encontrados para raigrás perenne (Chynoweth *et al.*, 2010).

La respuesta en rendimiento a la aplicación de fertilizante ajustó al modelo de regresión no lineal, con valores de 82,3 kg N.ha<sup>-1</sup> para el punto de inflexión (X<sub>0</sub>) y 1069,8 kg de semilla.ha<sup>-1</sup> para el *plateau* ( $y=643,5 + 10,36X - 0,063X^2$ ;  $p<0,0002$ ) (figura 1).

La dosis óptima económica de 73 kg N.ha<sup>-1</sup> fue obtenida mediante la herramienta CNRT, que estima por media ponderada de los  $r^2$  de cinco modelos de respuesta (IPNI, 2012). Con la tecnología de producción empleada en este ensayo, sin N, se logran rendimientos de semilla pura de ≈ 600 kg.ha<sup>-1</sup> y el agregado de N lo eleva hasta 66%. La dosis económica es menor que la dosis del punto de inflexión (dosis óptima física del modelo estadístico) debido a la disminución de la respuesta cuando se alcanza el punto de inflexión coincidiendo con los resultados de Gislum *et al.* (2012).

## CONCLUSIONES

El número de panojas, el peso de las mil semillas, la germinación y el rendimiento fueron afectados significativamente por las dosis de N, pero no por el momento de aplicación. Con la dosis de 150 kg N.ha<sup>-1</sup> se lograron las mejores respuestas en las variables de calidad de semilla, mientras que para rendimiento el modelo de ajuste fija en 82,3 kg.ha<sup>-1</sup> el punto de inflexión.

Si se mantiene la relación histórica de precios entre semilla y N (2,5±0,73, entre 2000 y 2012), la fertilización con N es económicamente rentable. El valor de la dosis óptima económica, 73 kg N.ha<sup>-1</sup>, inferior a la dosis para maximizar rendimientos físicos, induce a promover prácticas de manejo con un uso más racional del fertilizante. De esta forma, con la recomendación que surge de este trabajo se logra un efecto favorable sobre la conservación del ambiente, que además le permite al productor obtener un mejor resultado económico.

## AGRADECIMIENTOS

A la empresa Barenbrug Palaversich por la cesión del predio donde se realizó el ensayo.

Al Ing Agr Hector Targhetta por su colaboración en el seguimiento y la conducción del ensayo a campo.

A Claudio Aquilano y a Ana Font por la colaboración en el trabajo de laboratorio.

## BIBLIOGRAFÍA

- BAZZIGALUPI, O.; BERTÍN, O.; ARIAS, J.E. 1986. Producción de semilla de especies forrajeras. iii. Efecto de dosis y época de aplicación de fertilizante nitrogenado en festuca alta cv. El Palenque M.A.G. Carpeta de Forrajeras y Producción Animal. Inf. N.º133. 2 pp.
- BEAN, E W. 1980. Factors affecting the quality of herbage seeds. In: Seed Production (ed P D Hebblethwaite), 593-604, Butterworths, London.
- BERTÍN, O.D.; BAZZIGALUPI, O. 1993. Fertilización nitrogenada en gramíneas forrajeras para semilla. Informe Técnico N.º 275. EEA INTA Pergamino. 24 pp.
- CASALS, M.L. 2010. Nitrogen fertilization management for seed production of tall fescue. In: Smith, G R; Evers G W, Nelson L R (eds). Proceedings of the Seventh International Herbage Seed Conference. Dallas, Texas, USA. 11-13 Abril 2010. P 75-81.
- CHYNOWETH, R.J.; ROLSTON, M.P.; TRETHERWEY, J. A K.; MCCLOY, B.L. 2010. Predicting spring nitrogen for perennial ryegrass seed crops from NDVI. In: Smith G r, Evers G W and Nelson L.R. (eds). Proceedings of the Seventh International Herbage Seed Conference. Dallas, Texas USA, p 69-74.
- COOKSON, W.R.; ROWARTH, J.S.; SEDCOLE, J.R. 2001. Seed vigor in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): Effect and cause. Seed Science and Technology 29: 255-270.
- ENE, B.N.; BEAN, E.W. 1975. Variations in seed quality between certified seed lots of perennial ryegrass, and their relationship to nitrogen supply and moisture status during seed development. Journal of the British Grassland Society, 30:195-199.
- FLOWERS, M.D.; HART, J.M.; YOUNG, W.C.; GARBACIK, C.J.; MELLBYE, M.E.; SILBERSTEIN T.B.; ANDERSON N., 2010. In-season assessment of plant nitrogen status for perennial ryegrass 55 seed production using remote sensing In: Smith, G R; Evers G W, Nelson L R (eds). Proceedings of the Seventh International Herbage Seed Conference. Dallas, Texas, USA. 11-13 Abril 2010. P 55-59.
- GISLUM, R.; ROLSTON, P.; HART, J.M.; CHYNOWETH, R.; MCCLOY, B.; YOUNG, W.C. 2007. Economical optimal nitrogen (ECO-N) application rate is all that matters for the growers. Proceedings of the Sixth International Herbage Seed Conference, Gjenestad, Norway, 18-20 Junio 2007, 206-210 pp.
- GISLUM, R.; DELEURAN, L.C.; KRISTENSEN, K.; BOELT, B., 2012. Optimun distribution between autumn-applied and spring-applied nitrogen in seed production of tall fescue. Journal of Plant Nutrition 34:1394-1410.
- HAMPTON, J. G. 1988. Herbage seed production. Advances in Research and Technology of Seeds, 11:1-28.
- HARE, M.D. 1994. Autumn establishment of 3 New Zealand cultivars of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) for seed production. New Zealand Journal of Agricultural Research, 37(1):11-17.
- HARE, M.D.; ROLSTON, M.P. 1990. Nitrogen effects on tall fescue seed production. Journal of Applied Seed Production 8: 28-32.
- HART, J.M.; ROLSTON, P.; MELLBYE, M.E.; SILBERSTEIN, T.B.; YOUNG, W.C.; MCCLOY, B.L.; GINGRICH, G.A.; CHRISTENSEN, N.W.; GISLUM, R. 2007. Comparison of soil N tests for prediction of spring N rate in perennial ryegrass seed production. Proceeding of the sixth international herbage seed conference Gjenestad, Norway;239-243 pp.
- HEBBLETHWAITE, P. D.; Mc LAREN, J. S. 1979. Nitrogen studies in *Lolium perenne* grown for seed iii. The effect of nitrogen and water stress. Grass and Forage Science. 34: 221-227
- HUETTIG, K.D.; CHASTAIN, T.G.; GARBACICK, C.J.; YOUNG, W.C.; WYSOCKI, D.J.; 2013. Spring irrigation of tall fescue for seed production. Field Crops Research 144:297-304.
- INASE, 2013. Producción de semilla fiscalizada. Campaña agrícola 2011/2012. (<http://www.inase.gov.ar/images/stories/estadisticas/certificacion/2011-12.pdf>).
- IPNI (International Plant Nutrition Institute), 2012. <http://nane.ipni.net/> y <http://lacs.ipni.net/>
- ISTA (International Seed Testing Association), 2009. International rules for seed testing. Ed. ISTA.
- ROLSTON, M.P.; BROWN, K.R.; HARE M.D.; YOUNG, K.A. 1985. Grass seed production: weeds, herbicides and fertilisers. In: Hare, M D and Brock J L editors. Producing Herbage Seeds. Grassland Research and Practice Series, Nro 2. New Zealand Grassland Association, Palmerston North. P 15-22.
- ROLSTON, M.P.; YOUNG III, W.C. 2009. Seed production (Chapter 23). In: Fribourg, D. B. Hannaway and West, eds. Tall fescue for the twenty-first century. Agronomy monograph 53 ASA. CSSA and SSSA. Madison. USA. pp 409-426.
- ROWARTH, J.S. 1998. Nitrogen – Impacts on grass seed yield, seed quality and the environment. Supplement Journal of applied seed production, 16:23-29.
- SAS Institute, 2002. SAS Versión 9.1. SASA Inst., Cary, NC, USA.
- SERRANO, H.; BERTÍN, O.D.; ECHEVERRÍA, I.1991. Producción de semilla de especies forrajeras. Boletín de divulgación técnica 86. INTA. E. E. A. Pergamino. 48 pp.

# Propiedades bioactivas y nutricionales del polen apícola de la provincia del Chubut, Argentina

ALOISI, P.V.<sup>1</sup>; RUPPEL, S.<sup>1</sup>

## RESUMEN

El polen recolectado por las abejas es un producto apícola usado en la dieta humana por su alto valor nutricional y por ser un alimento balanceado. El polen comercializado consiste en una mezcla de pólenes de distinto origen botánico, néctar y secreciones de las abejas. Este producto de la colmena, rico en azúcares, lípidos y compuestos polifenólicos, principalmente flavonoides, presenta, además, propiedades bioactivas tanto farmacológicas como antioxidantes. El objetivo de este trabajo fue determinar la composición nutricional y la actividad antioxidante del polen apícola proveniente de las zonas melíferas más importantes de la provincia del Chubut: la región cordillerana y la región del valle inferior del río Chubut (VIRCH). Para determinar el contenido proteico se empleó el método de Bradford y los valores fueron expresados en % (g proteínas/100 g polen seco). Las cantidades de polifenoles totales y flavonoides fueron determinadas mediante los métodos de Folin-Ciocalteu y la técnica espectrofotométrica de nitrato de aluminio [Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>] respectivamente. La capacidad antioxidante fue evaluada empleando la técnica del radical libre 1,1-difenil-2 picrilhidracilo (DPPH\*). El contenido de proteínas presentó un valor medio de 20,2%. Los contenidos de polifenoles totales y flavonoides para las dos regiones melíferas oscilaron entre 50,5 mg y 163,9 mg de ácido gálico (GAE)/ g de polen seco y 10,3 mg y 65,6 mg de rutina (RE)/ g de polen seco. La actividad antirradicalaria en los extractos polínicos de ambas zonas fue alto y el EC<sub>50</sub> varió entre 0,34 mg/ml y 5,82 mg/ml. La mayor capacidad antioxidante correspondió al polen apícola de la región del VIRCH, la cual también presentó un alto contenido de compuestos fenólicos.

**Palabras claves:** antioxidantes, Bradford, proteínas, Patagonia argentina.

## ABSTRACT

*Pollen collected by bees is a beekeeping product used in human diet for its high nutritional value and for being a balanced food. It consists in a mixture of pollen with different botanical origin, nectar and bee secretions. This beehive product rich in sugars, lipids and polyphenolic compounds, mainly flavonoids, has also bioactive properties such as pharmacological and antioxidant. The aim of this study was to determine the nutritional composition and antioxidant activity of bee pollen from the most important apicultural areas from Chubut: the Andean region and the region of the lower valley of the Chubut River (VIRCH). Bradford method was used for the determination of protein content and the values were expressed in % (g protein/100 g dry pollen). The amounts of total polyphenols and flavonoids were determined by the Folin-Ciocalteu method and the spectrophotometric technique of aluminum nitrate (Al (NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>) respectively. The antioxidant activity was evaluated using the technique of free radical 1, 1 -diphenyl -2 - picrylhydrazyl (DPPH \*). The protein content presented a mean value of 20.2%. The content of total polyphenols and flavonoids from both apicultural regions varied bet-*

<sup>1</sup>Laboratorio de Palinología y Control de Calidad de Miel y Productos Apícolas, FCN (UNPSJB), Roca 115, 9100 Trelew, Argentina. Correo electrónico: piaaloisi@gmail.com

ween 50.5 and 163.9 mg of gallic acid (GAE) / g of dry pollen and 10.3 and 65.6 mg of rutin (RE)/ g of dry pollen. The antiradical activity in pollen extracts from both regions was high and the  $EC_{50}$  ranged from 0.34 mg / ml and 5.82 mg / ml. The highest antioxidant capacity corresponded to bee pollen from VIRCH, which also exhibited a higher content of phenolic compounds.

**Keywords:** Antioxidants, Bradford, proteins, Argentinean Patagonia.

## INTRODUCCIÓN

El polen recolectado por las abejas melíferas (*Apis mellifera* L.) es un producto apícola usado en la dieta humana por su alto valor nutritivo y por sus beneficios para la salud. Este producto de la colmena presenta, en su composición nutricional, proteínas, lípidos, azúcares, fibras, sales minerales, aminoácidos y vitaminas (Carpes *et al.*, 2009). Presenta, además, altos contenidos de sustancias polifenólicas con propiedades farmacológicas (antibióticas, antineoplásicas, antiinflamatorias) y antioxidantes (Almaraz-Abarca *et al.*, 2004; Sarmento Silva *et al.*, 2006; Kroyer, G. & Hegedus, N., 2001).

El hecho de que *A. mellifera* prefiera polen rico en proteínas aumenta la posibilidad de utilizar estos pólenes como complementos nutricionales, con las abejas actuando como recolectoras naturales de polen y por lo tanto de proteínas vegetales (Montenegro *et al.*, 1992). Sumado a esto, la actividad antioxidante del polen apícola reconocida como la captación de radicales libres y la inhibición de la peroxidación lipídica, está asociada a la presencia de vitaminas C y E,  $\beta$ -carotenos y una variedad de compuestos fenólicos (Campos, 1997; Campos *et al.*, 2003; Almeida. Muradian *et al.*, 2005). Las investigaciones más recientes sobre la acción antioxidante se centran en los compuestos fenólicos como los flavonoides. Estos componentes han sido estudiados ampliamente y se demostró que existe un tipo de perfil cromatográfico (flavonoides/ compuestos fenólicos) que varía según el origen botánico del polen recolectado. Varios estudios sugieren además, que estos compuestos podrían reducir la incidencia de enfermedades degenerativas como cáncer y arterioesclerosis entre otras (Serra-Bonvehí *et al.*, 2001; Campos *et al.*, 2003).

En los últimos años la demanda de productos naturales diferenciados por su calidad y sus propiedades benéficas relacionadas con la salud ha aumentado, entre esos productos se encuentran los provenientes de la colmena. La mayor parte de los estudios destinados a la apicultura se han enfocado, principalmente, en la miel por ser el producto de mayor demanda y del que más se conoce tanto a nivel nacional como internacional. En países del hemisferio norte, principalmente europeos, los estudios del polen de las mieles tuvieron un intenso desarrollo hace varias décadas. Sin embargo en América Latina, el desarrollo de esta especialidad es nulo en la mayoría de los países y tiene diferente grado de adelanto y de transferencia al ámbito productivo en Argentina, Brasil, México y Uruguay (Tellería, 2001).

En la región patagónica, particularmente en la provincia del Chubut, se han realizado estudios melisopalinológicos para la caracterización de los recursos melíferos de la zona (Forcone & Tellería, 1998, 2000; Forcone, 2003, 2008; Forcone *et al.*, 2003, 2005). Sin embargo, en cuanto a las características nutricionales del polen apícola los trabajos son escasos (Forcone, 2002; Forcone *et al.*, 2013) e inexistentes en relación con las propiedades bioactivas. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es contribuir al conocimiento del polen apícola de la provincia del Chubut, para sus dos regiones melíferas más importante: la zona cordillerana y la región del valle inferior del río Chubut, determinando algunas propiedades de calidad que permitan incrementar el valor agregado de este producto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Para el estudio del polen apícola de la región cordillerana (RC) y del valle inferior del río Chubut (VIRCH) se seleccionaron dos apiarios. Estos se ubicaron en el departamento de Futaleufú, a 6 km de la ciudad de Esquel (42° 55' S, 71° 22' O) y en la región de Treorcky (43° 16' S, 65° 23' O), respectivamente.

### Vegetación de las áreas de estudio

La vegetación que rodea al apiario de la región cordillerana está representada principalmente por *Maytenus boaria* Molina ("Maitén") y *Nothofagus antártica* (G. Forst.) Oerst. ("Ñire"). En el estrato arbustivo prevalecen las especies *Fabiana imbricata* Ruiz et Pav. ("Palo piche"), *Diostea juncea* (Gillies ex Hook.) Miers ("Retamo"), *Berberis microphylla* (Gillies ex Hook.) Miers ("Calafate"), *Discaria chacaye* (G. Don.) Tortosa ("Chacay de la cordillera"), *Schinus patagonicus* (Phil.) I. M. Johnst. ex Cabrera ("Laura"), *Baccharis* spp., *Acaena* spp., y *Senecio* spp. En cuanto a las hierbas, prevalecen entre otras *Poa* spp., *Phacelia secunda* J. F. Gmel. y *Oenothera odorata* Jacq. La mayor parte de la superficie cultivada está plantada con cultivos forrajeros (principalmente *Medicago sativa* L.), árboles exóticos como *Pinus ponderosa* Douglas ex Lawson and C. Lawson, *Pinus radiata* D. Don, *Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco, *Cupressus macrocarpa* Hartw. ex Gordon, *Salix* spp., *Populus* spp., y algunos árboles frutales como *Prunus* spp. y *Malus sylvestris* Mill. Entre las hierbas exóticas, algunas

de ellas malezas, se encuentran *Brassica* spp., *Rumex acetosella* L., *Plantago lanceolata* L., *Carduus thoermeri* Weinm., *Conium maculatum* L., *Melilotus albus* Desr., *Artemisia absinthium* L., *Taraxacum officinale* G. Weber ex F. H. Wigg. y *Matricaria recutita* L. (Forcone *et al.*, 2013).

La vegetación característica del valle inferior del río Chubut corresponde a la estepa arbustiva representada principalmente por las especies *Larrea divaricata* Cav. y *Larrea nitida* Cav. Otros arbustos frecuentes son *Lycium chilense* Bertero ("llaullín"), *Chuquiraga erinacea* D. Don, ("chilladora"), *Prosopis alata* Phil. ("alpataco"), *Ephedra ochreatea* Miers ("solupe"), *Prosopidastrum globosum* (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart ("manca potrillo") y *Bougainvillea spinosa* (Cav.) Heimerl ("mata negra"). En los sectores bajos dominan las plantas halófilas como *Suaeda divaricata* Moq. ("jume"), *Atriplex lampa* (Moq.) D. Dietr. ("zampa"), *Cyclolepis genistoides* D. Don ("palo azul") y *Lycium ameghinoi* Speg ("mata laguna") (Forcone, 2008). El principal cultivo de la zona es *Medicago sativa* L., seguido de plantas hortícolas, cereales, frutales y forestales, en particular *Populus nigra* L. A lo largo de la orilla del río son abundantes *Salix* spp., *Populus* spp. y *Tamarix gallica* L. En los campos de cultivo y bordes de camino, viven especies adventicias, algunas de las cuales constituyen importantes malezas; se destacan por su abundancia *Brassica* spp., *Cardaria draba* (L.) Desv., *Cichorium intybus* L., *Convolvulus arvensis* L., *Erysimum repandum* L. y *Rapistrum rugosum* L. (Forcone 2002, 2008).

### Muestras de polen apícola

Se recolectaron diez muestras en cada apiario, las cuales fueron obtenidas cada 20 días. En la RC se muestreó durante el período apícola 2010-2011 y para el VIRCH se muestreó durante el verano de la temporada apícola 2011-2012 y durante la primavera de la temporada apícola 2012-2013 (tabla 1). Para efectuar la recolección de polen, en cada colmenar se seleccionaron tres colmenas y a las cuales se les colocaron trampas caza polen de tipo clásico (Louveaux, 1968), ubicadas en las piqueras durante una jornada completa (8-18 h). El material recolectado en las trampas fue secado a temperatura ambiente por espacio de 24 horas y luego trasladado al laboratorio para su estudio. Allí fue secado en estufa a 40 °C, durante 48 h (Baldi Coronel, 1999).

### Contenido proteico

A una alícuota de 0,025 g tomada a partir de 2 g de polen molido (con molinillo a cuchilla Tecno Dalvo) de cada muestra, se le agregaron 2 ml de buffer Tris/EDTA 30 mM pH 8,5 y se centrifugaron durante 20 min a 4500 g. Se tomaron alícuotas de 0,1 ml de cada sobrenadante y se determinó la cantidad de proteínas totales mediante el método de Bradford (1976). Para el estándar se disolvieron 10 mg de seroalbúmina bovina cristalizada (STANDARD) en 10 ml del buffer de reacción. Los valores fueron determinados mediante la

Muestras	Fecha de muestreo
RC 01	25/09/2010
RC 02	15/10/2010
RC 03	02/11/2010
RC 04	27/11/2010
RC 05	15/12/2010
RC 06	29/12/2010
RC 07	12/01/2011
RC 08	29/01/2011
RC 09	15/02/2011
RC 10	01/03/2011
VIRCH 01	16/12/2011
VIRCH 02	06/01/2012
VIRCH 03	25/01/2012
VIRCH 04	14/02/2012
VIRCH 05	05/03/2012
VIRCH 06	27/09/2012
VIRCH 07	17/10/2012
VIRCH 08	07/11/2012
VIRCH 09	28/11/2012
VIRCH 10	29/12/2012

**Tabla 1.** Cronograma de muestreo del polen apícola de la provincia del Chubut.

Cronograma de muestreo correspondiente a las temporadas apícolas 2010-2011 para la región cordillerana (RC) y al verano de la temporada apícola 2011-2012 y primavera de la temporada apícola 2012-2013, para la zona del valle inferior del río Chubut (VIRCH).

absorbancia medida a 595 nm y los resultados fueron expresados en porcentaje % (g proteínas/ 100 g de polen seco).

### Preparación de los extractos etanólicos (EEP)

Los extractos etanólicos de polen usados para la determinación de polifenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de cada muestra, se obtuvieron por extracción de 2 g de polen molido (con molinillo a cuchilla Tecno Dalvo) y homogeneizado con 15 ml de etanol al 60% (EEP 60 %). Las muestras fueron incubadas en baño termostático a 70 °C durante 30 minutos con agitación manual constante. Posteriormente fueron filtradas y los extractos obtenidos, almacenados a 4 °C, según el método de Carpes *et al.* (2007).

### Polifenoles totales y contenido de flavonoides

El contenido de polifenoles totales en cada extracto (EEP) fue determinado mediante el método de Folin-Ciocalteu (Sin-

Muestras	%(g/100g)
RC 01	23,7
RC 02	20
RC 03	21,8
RC 04	20,4
RC 05	23,2
RC 06	24
RC 07	28
RC 08	22,8
RC 09	22,2
RC 10	22,9
VIRCH 01	16
VIRCH 02	17,6
VIRCH 03	17,6
VIRCH 04	17
VIRCH 05	13,4
VIRCH 06	16,9
VIRCH 07	21
VIRCH 08	21,9
VIRCH 09	18
VIRCH 10	13,8
V <sub>max</sub>	28
V <sub>min</sub>	13,4
MEDIA <sub>±</sub>	20,11
DS	3,7

**Tabla 2.** Contenido proteico del polen apícola de la provincia del Chubut.

Proteínas totales % (g de proteínas/ 100 g de polen seco).  
RC: Región cordillerana, VIRCH: valle inferior del río Chubut.

gleton *et al.*, 1999). A una alícuota de 0,5 ml de cada EEP (1:25) se le adicionaron 2,5 ml del reactivo Folin-Ciocalteu diluido 1:10 y 2 ml de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 4%. Luego de 30 min de incubación a 40 °C en baño termostatzado (Waterhouse, 2003), se registró la absorbancia a 740 nm en un espectrofotómetro Optima SP 3000 Plus UV-VIS. Los resultados del contenido de polifenoles totales se expresó como equivalentes de ácido gálico (mg GAE/ g polen seco).

El contenido de flavonoides totales fue determinado mediante el método de Park *et al.* (1998), con las siguientes modificaciones: una alícuota de 0,5 ml de cada EEP (1:10) se le agregaron 4,3 ml de etanol 80%, 0,1 ml de Al (NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> al 10% y 0,1 ml de acetato de potasio (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>KO<sub>2</sub>) 1M. Las muestras fueron incubadas durante 40 min a temperatura ambiente y la absorbancia fue medida a 415 nm en espectrofotómetro Optima SP 3000 Plus UV-VIS. La cantidad total de flavonoides fue calculada como equivalentes de rutina (RE) (mg RE/g de polen seco).

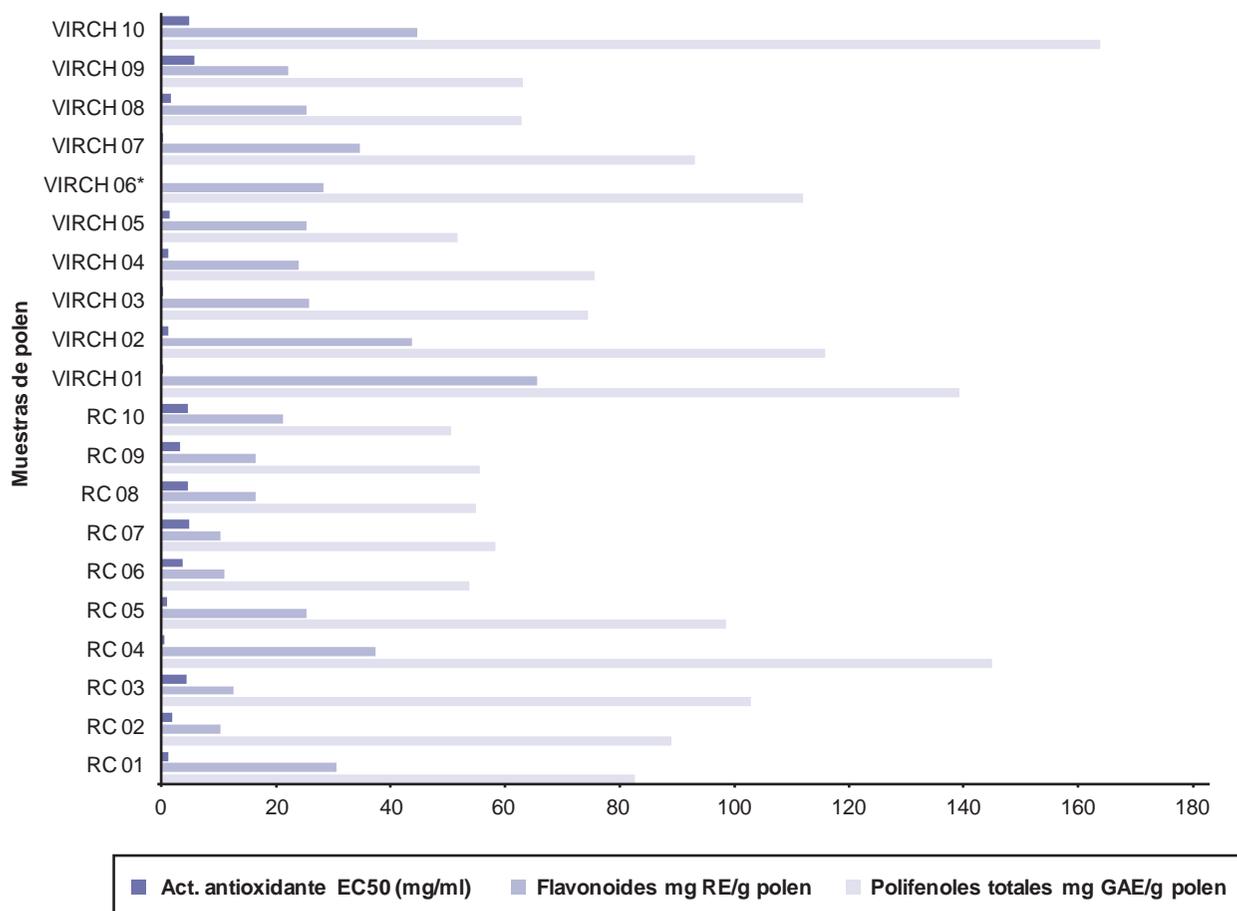
Muestras	Polifenoles totales mg GAE/g polen	Flavonoides mg RE/g polen	Act. Antioxidante EC <sub>50</sub> (mg/ml)
RC 01	82,7	30,65	1,23
RC 02	89,1	10,4	1,84
RC 03	102,9	12,57	4,29
RC 04	145	37,32	0,59
RC 05	98,6	25,32	0,93
RC 06	53,7	10,98	3,67
RC 07	58,4	10,32	4,93
RC 08	54,9	16,54	4,52
RC 09	55,6	16,4	3,29
RC 10	50,5	21,32	4,69
VIRCH 01	139,3	65,57	0,37
VIRCH 02	115,8	43,73	1,14
VIRCH 03	74,4	25,65	0,38
VIRCH 04	75,7	23,98	1,21
VIRCH 05	51,7	25,32	1,45
VIRCH 06*	112,1	28,32	0
VIRCH 07	93,1	34,65	0,34
VIRCH 08	62,8	25,4	1,75
VIRCH 09	63,2	22,15	5,82
VIRCH 10	163,9	44,57	4,89
V <sub>max</sub>	163,9	65,57	5,82
V <sub>min</sub>	55,6	10,32	0
MEDIA <sub>±</sub> DS	87,17 ± 33,9	26,6 ± 13,7	2,49 ± 1,88

**Tabla 3.** Componentes bioactivos y capacidad antioxidante del polen apícola de la provincia del Chubut.

Compuestos polifenólicos (mg GAE/ g polen seco), flavonoides totales (mg RE/ g polen seco) y actividad antioxidante (EC<sub>50</sub>) del polen apícola de la provincia de Chubut. RC: Región cordillerana, VIRCH: valle inferior del río Chubut. GAE: equivalentes de ácido gálico. RE: equivalente de rutina. \* Valor de EC<sub>50</sub> para la muestra obtenido por duplicado

### Actividad antioxidante

La actividad antioxidante de los compuestos presentes en los extractos EEP fue determinada mediante la capacidad antirradicalaria del radical libre DPPH. A alícuotas de 0,5 ml de cada EEP se le adicionaron 3 ml de etanol 95% y 0,3 ml de solución etanólica de DPPH 0,5 mM. Se empleó como solución estándar ácido ascórbico en una concentración final de 0,9 mg /ml. Una solución de 3,5 ml de etanol 95% y 0,3 ml de DPPH 0,5 mM fue empleada como control negativo. Se realizaron blancos para cada EEP agregando 3,3 ml de etanol a 0,5 ml de cada muestra. Finalmente, se registró la disminución de la absorbancia a 517 nm a temperatura ambiente, hasta valor constante. La actividad



**Figura 1.** Relación entre los compuestos bioactivos (polifenoles y flavonoides) y la capacidad antioxidante del polen apícola de la provincia del Chubut.

Compuestos polifenólicos (mg GAE/ g polen seco), flavonoides totales (mg RE/ g polen seco) y actividad antioxidante ( $EC_{50}$ ) del polen apícola de la provincia del Chubut. Los datos se obtuvieron como un promedio ( $n=3$ ).

antioxidante fue expresada en términos de  $EC_{50}$  (mínima concentración del antioxidante para reducir al 50% la concentración inicial del DPPH). Los valores de  $EC_{50}$  fueron calculados de acuerdo a la fórmula de Mensor *et al.* (2001).

### Análisis estadístico

Todos los análisis fueron realizados por triplicado. Los resultados fueron presentados como medias y desvíos estándar. Se usó la Prueba *t* de Student para la comparación de las medias poblacionales, considerándose a las diferencias significativas cuando  $p \leq 0,05$ . Para determinar si los componentes bioactivos de las muestras contribuyeron a la capacidad antioxidante, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson. Todos los análisis estadísticos se desarrollaron usando el paquete de programas de Microsoft® Excel 2010.

### RESULTADOS

El contenido de proteínas totales presentó un valor medio de 20,2%. Los mayores valores para proteínas fueron

detectados en las muestras provenientes de la cordillera, variando entre 20% y 28%. Con respecto al polen analizado proveniente de la región del VIRCH, los contenidos fueron menores y variaron entre 13,4% y 21,9% (tabla 2).

La cantidad de polifenoles fue alta para las muestras de ambas regiones, con valores medios de  $79,1 \pm 30,6$  mg GAE/g polen seco para el polen de la región cordillerana y de  $95,2 \pm 36,8$  mg GAE/g polen seco para la región del VIRCH.

El contenido de flavonoides expresados en equivalentes de rutina, presentó un valor máximo de 37,32 mg RE/ g polen seco para el polen proveniente de la región andina y un máximo de 65,6 mg rutina/ g polen seco para el polen valletano (tabla 3).

Las diferencias en el contenido proteico y la cantidad de flavonoides totales entre ambas regiones resultaron estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ).

La actividad antioxidante del polen estudiado fue expresada en términos de  $EC_{50}$ . Bajos valores indican una mejor capacidad antioxidante de los extractos de polen. Los extractos polínicos de ambas regiones presentaron un  $EC_{50}$

que varió desde 5,82 a 0,34 mg/ml, con un valor medio de  $2,49 \pm 1,88$  mg/ml. El menor valor detectado y consecuentemente la mayor capacidad antioxidante en términos del radical libre DPPH ( $EC_{50} = 0,34$  mg/ml), correspondió a una muestra proveniente del VIRCH (tabla 3, figura 1).

Los contenidos de fenoles totales y de flavonoides para todas las muestras analizadas presentaron una relación positiva moderada con respecto a la capacidad antioxidante (coeficientes de correlación de Pearson: 0,4 y 0,6 respectivamente).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Casi la totalidad de las cosechas diarias de polen estudiadas en este trabajo presentan un contenido proteico aceptable para ser considerado un importante complemento alimenticio. Las muestras con mayor riqueza proteica correspondieron a las procedentes de la región cordillerana, los valores medios obtenidos son coincidentes con los reportados para el polen de esta región por Forcone *et al.* (2013).

Solamente 2 muestras provenientes de la región del VIRCH presentaron un valor inferior al 15%. Esta variabilidad en los resultados puede atribuirse al gran espectro de fuentes polínicas que emplean las abejas como estrategia para reducir las posibles deficiencias nutricionales en las colmenas. Algunos autores mencionan que niveles de proteína cruda inferiores a 20% no satisfacen los requerimientos de la colonia, siendo ideales niveles superiores a 23%. Sin embargo, otros reportan que la abeja utiliza especies con diversos porcentajes de proteína, y no solo aquellas ricas en esa sustancia, asegurando, de esta manera, una dieta variada y equilibrada, satisfactoria para su desarrollo, debido a que cada tipo polínico poseen una composición nutricional particular (Schmidt *et al.*, 1987; Louveaux, 1990). Los valores hallados en las muestras analizadas estuvieron comprendidos dentro de los rangos establecidos por el CAA (15-28%) (Baldi Coronel *et al.*, 2004) y por Swiss Food Manual (10-40%) (Bogdanov, 2004). Los datos obtenidos concuerdan con los reportados por Forcone (2002) y Forcone *et al.* (2013) para las regiones estudiadas, superan a aquellos reportados para el polen apícola del noroeste de España (Sá-Otero *et al.*, 2009) y se encuentran dentro del rango de los pólenes analizados en el sur de Brasil (Carpes *et al.*, 2009).

Las muestras analizadas muestran un contenido heterogéneo de fenoles totales, con un valor mínimo de 55,6 mg y un valor máximo de 163,9 mg GAE/g de polen seco. El valor más alto se registró para la zona del VIRCH a fines del mes de diciembre. Los pólenes provenientes de la cordillera presentan un contenido fenólico inferior. Los resultados obtenidos para este parámetro superan ampliamente a aquellos reportados por Carpes *et al.* (2009) y Kroyer & Hegedus (2001) para los pólenes del sur de Brasil y de Viena (Austria) respectivamente, y son similares a los obtenidos para los pólenes del oeste español (Serra Bonvehí *et al.*, 2001) y del noreste brasileiro (Freire *et al.*, 2012).

Al igual que para los polifenoles, las mayores cantidades de flavonoides corresponden a las muestras polínicas del

valle. Solo una muestra proveniente de esta zona (VIRCH 06) se comportó de manera diferente, presentando valores elevados de polifenoles y bajo tenor de flavonoides. Esto sugiere la posible presencia de otros compuestos fenólicos como los ácidos fenólicos (Carpes, 2008). Los valores obtenidos en este trabajo son mayores que aquellos reportados por Carpes *et al.* (2009) para los pólenes brasileiros y por Serra Bonvehí *et al.* (2001) para los pólenes españoles. Los resultados obtenidos pueden deberse a las bajas temperaturas características de las áreas de producción, que serían determinantes en el incremento de los compuestos volátiles (aceites esenciales, compuestos fenólicos y flavonoides) presentes en el polen apícola (Collin *et al.*, 1995; Carbone *et al.*, 2009).

La actividad antioxidante de los extractos polínicos analizados en este estudio, representan la capacidad de los mismos de inhibir a los radicales libres y de evitar la propagación de la oxidación lipídica en los alimentos, (Kaur y Perkins, 1991).

Los altos valores registrados presentan una moderada correlación positiva con los contenidos fenólicos, en particular los flavonoides, cuya estructura química favorece la neutralización de las especies reactivas del oxígeno (Campos, 1997).

De acuerdo a los resultados obtenidos, el polen proveniente de las principales regiones melíferas de la provincia del Chubut constituye un producto apícola de alto valor nutricional y una fuente potencial de antioxidantes naturales cuya incorporación en la dieta humana representaría un beneficio para la salud. Dada la diversidad y complejidad del polen apícola, serán necesarias futuras investigaciones para evaluar estos componentes bioactivos según el origen botánico del polen apícola de la provincia del Chubut.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren manifestar su agradecimiento a la Sra. Jane Rojas Varas por su buena voluntad y desinteresada colaboración con el aporte y toma de muestras durante el verano de la temporada apícola 2011-2012 y primavera de la temporada apícola 2012-2013, para la zona del valle inferior del río Chubut (VIRCH).

Este trabajo fue realizado con un subsidio de investigación (2011) otorgado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la provincia del Chubut.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALMARAZ-ABARCA, N.; CAMPOS, M.; ÁVILA-REYES, J.; NARANJO-JIMENEZ, N.; HERRERA-CORRAL, J.; GONZÁLEZ-VALDEZ, L. 2004. Variability of antioxidant activity among honeybee-collected pollen of different botanical origin. *Interciencia* 29 (10): 574-578.
- ALMEIDA MURADIAN, PAMPLONA, L.; COIMBRA, S., BATHR O. 2005. Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *Journal of Food Composition and Analysis* 18: 105-111.

- BALDI CORONEL, B. 1999. Influencia del proceso de secado del polen para uso alimenticio. *Ciencia, Docencia y Tecnología* 18 (10): 241- 274.
- BALDI CORONEL, B.; GRASSO D.; PEREIRA S.; FERNÁNDEZ G. 2004. Caracterización bromatológica del polen apícola argentino. *Ciencia, Docencia y Tecnología* 29 (15): 145- 181.
- BOGDANOV, S. 2004. Quality and Standards of Pollen and Beeswax. *APIACTA* 38: 334-341.
- BRADFORD, M. 1976. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248-254.
- CAMPOS, M.G. 1997. Caracterização do polen apícola pelo seu perfil em compostos fenólicos e pesquisa de algumas actividades biológicas. Thesis. School of Pharmacy. Universidade de Coimbra. Portugal. 318 pp.
- CAMPOS, M.; WEBBY, R.; MARKHAM, K.; MITCHELL, K.; da CUHNA, A. 2003. Age-induced diminution of free radical scavenging capacity in bee pollens and the contribution of constituent flavonoids. *Journal of agricultural and food chemistry* 51: 742-745.
- CARBONE, F.; PREUSS, A.; De VOS, R.C.H.; D'AMICO, E.; PERROTTA, G.; BOVY, A.G.; MARTENS, S.; ROSATI, C. 2009. Developmental, genetic and environmental factors affect the expression of flavonoid genes, enzymes and metabolites in strawberry fruits. *Plant Cell Environ* 32: 1117-1131.
- CARPES, S.; BEGNINI, R.; de ALENCAR, S.; MASSON, M. 2007. Study of preparation of bee pollen extracts, antioxidant and antibacterial activity. *Ciência e Agrotecnologia* 31 (6): 1818-1825.
- CARPES, S.T. 2008. Estudo das características físico-químicas e biológicas do polen apícola de *Apis mellifera* L. da região sul do Brasil. Thesis. Universidade Federal do Paraná. Brasil. 255 pp.
- CARPES, S.; MOURÃO, G.; de ALENCAR, S.; MASSON, M. 2009. Chemical composition and free radical scavenging activity of *Apis mellifera* bee pollen from Southern Brazil. *Brazilian Journal of Food Technology*. 12 (3): 220-229.
- COLLIN, S.; VANHAVRE, T.; BODART, E.; BOUSETA A. 1995. Heat treatments of pollens: impact of their volatile flavor constituents. *Journal Agricultural and Food Chemistry* 43 (2): 444-448.
- FORCONE, A. 2002. Bee-collected pollen in the lower valley of the Chubut river (Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 37 (3-4): 251-259.
- FORCONE, A. 2003. Plantas nectaríferas utilizadas por *Apis mellifera* L. en la Patagonia extra-andina, Argentina. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.*, n.s. 5 (2): 363-369.
- FORCONE, A. 2008 Pollen Analysis of honeys from Chubut (Argentinean Patagonia). *Grana* 47: 147-158.
- FORCONE, A.; TELLERÍA, M. C. 1998. Caracterización palinológica de las mieles del valle inferior del río Chubut. (Argentina). *Darwiniana* 36 (1-4): 81-86.
- FORCONE, A.; TELLERÍA, M. C. 2000. Caracterización palinológica de las mieles de la llanura del río Senguerr (Chubut-Argentina). *Darwiniana* 38 (3-4): 267-271.
- FORCONE, A.; BRAVO, O.; AYESTARÁN, M. G. 2003. Intraannual variations in the pollinic spectrum of honey from the lower valley of the River Chubut (Patagonia, Argentina). *Spanish Journal of Agricultural Research* 1 (2): 29-36.
- FORCONE, A.; AYESTARÁN G.; KUTSCHKER, A.; GARCÍA, J. 2005. Palynological characterization of honeys from the Andean Patagonia (Chubut, Argentina). *Grana* 44: 1-7.
- FORCONE, A.; GARCÍA, J.; AYESTARÁN, G. 2006. Polen de las mieles de la Patagonia Andina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 41 (1-2): 25-39.
- FORCONE, A.; CALDERÓN, A.; KUTSCHKER, A. 2013. Apicultural pollen from the Andean region of Chubut (Argentinean Patagonia). *Grana* 52 (1): 49-58.
- FREIRE, K.; LINS, A.; DÓREA, M.; SANTOS, F.; CAMARA C.; SILVA T. 2012. Palynological Origin, Phenolic Content, and Antioxidant Properties of Honeybee-Collected Pollen from Bahia, Brazil. *Molecules* 17: 1652-1664.
- KAUR, H.; PERKINS, J. 1991. The free radical chemistry of food additives. En: Aruoma, O.I.; Halliwell, B. (Ed.), *Free Radicals and Food Additives*. Taylor & Francis, London, UK. 17-35 pp.
- KROYER G.; HEGEDUS, N. 2001. Evaluation of bioactive properties of pollen extracts as functional dietary food supplement. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 2: 171-174.
- LOUVEAUX, J. 1968. Étude expérimentale de la récolte du pollen. En R. Chauvin (Ed.), *Traité de biologie de l'abeille*. Masson. Paris, France. 325-362 pp.
- LOUVEAUX J. 1990. Les relations abelles-pollens. *Bulletin de la Société Botanique de France/ Actualités Botanique* 137: 121-131.
- MENSOR, L.; MENEZES, F.; LEITÃO, G.; REIS, A.; dos SANTOS, T.; COUBE, C.; LEITÃO, S. 2001. Screening of Brazilian Plants Extracts for Antioxidant Activity by the Use of DPPH Free Radical Method. *Phytotherapy Research* 15: 127 -130.
- MONTENEGRO, G.; GOMEZ, M.; AVILA, G. 1992. Importancia relativa de especies cuyo polen es utilizado por *Apis mellifera* en el área de la reserva nacional Los Ruiles, VII Región de Chile. *Acta Botánica Malacitana* 17: 167- 174.
- PARK, Y.; IKEGAKI, M.; ABREU, J.; ALCICI, N. 1998. Estudio da preparação dos extratos de própolis e suas aplicações. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 18 (3): 313-318.
- SÁ-OTERO, M.; ARMESTO-BAZTAN, S.; DÍAZ-LOSADA, E. 2009. Analysis of protein content in pollen loads produced in north-west Spain. *Grana* 48: 290-296.
- SARMENTO da SILVA, T.; AMORIN CAMARA, C.; da SILVA LINS, A.; BARBOSA-FILHO, J.; SARMENTO da SILVA, E.; MAGALHAES FREITAS, B.; RIBEIRO dos SANTOS, F. 2006. Chemical composition and free scavenging activity of pollen loads from stingless bee *Melipona subnitida* Ducke. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 507-511.
- SCHMIDT, J.; THOOENES, S.; LEVIN, M. 1987. Survival of honey bees, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae), fed various pollen sources. *Annals of the Entomological Society of America* 80: 176-183.
- SERRA-BONVEHÍ, J.; SOLIVA TORRENTÓ, M.; CENTELLES LORENTE, E. 2001. Evaluation of polyphenolic and flavonoid compounds in honeybee-collected pollen produced in Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49: 1848-1853.
- SINGLETON, V.; JOSEPH, A.; ROSSI, J. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. 16: 144-158.
- TELLERÍA, M. 2001. El polen de las mieles, un indicador de su procedencia botánica y geográfica. *Ciencia Hoy*. 11 (62): 63-66.
- WATERHOUSE, A. 2003. Determination of total phenolics. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. 1:11:11.1.

# Sustentabilidad económica de sistemas ganaderos representativos y mejorados en la zona ganadera homogénea de la región mesopotámica argentina

CALVI, M.<sup>1</sup>; RODRIGUEZ, M.<sup>2</sup>

## RESUMEN

En este trabajo se integran los conocimientos con un enfoque de sistemas de producción; se incorporan en el análisis los resultados físicos y económicos, el impacto tecnológico, la dimensión del riesgo y la sustentabilidad económica de los sistemas. Se identifican y analizan propuestas tecnológicas para sistemas ganaderos representativos de la zona ganadera homogénea del centro norte de Entre Ríos y centro sur de Corrientes. En primer lugar, el ingreso al capital que obtienen los sistemas ganaderos familiares condiciona el bienestar de la familia. Se observan diferencias muy favorables en los resultados productivos y económicos al incorporar la tecnología recomendada. A pesar de ello, con base en la situación de mercado actual y en las estimaciones consideradas de variabilidad en rendimientos y precios de venta, la incorporación estratégica de tecnología en los sistemas ganaderos no mejoraría la sustentabilidad económica de los mismos.

**Palabras claves:** ganadería, tecnología, economía, riesgo.

## ABSTRACT

*In this paper we integrate the knowledge with a focus on production systems, are incorporated into the analysis the physical and economic results, the impact of technology, the size of the risk and the economic sustainability of the systems. It identifies and analyzes technological proposals for representative farming systems livestock homogeneous area of north central Entre Rios and Corrientes south central. First, capital income earned by family livestock systems affects the welfare of the family. There are differences rave production and economic results by incorporating the recommended technology. However, based on the current market situation and considered estimates of variability in yields and selling prices, the strategic incorporation of livestock systems technology would not improve their economic sustainability.*

**Keywords:** livestock, technology, economics, risk.

<sup>1</sup>INTA CR Corrientes EEA Mercedes. Correo electrónico: calvi.mariana@inta.gob.ar

<sup>2</sup>INTA CR Entre Ríos EEA Paraná. Correo electrónico: rodriguez.mabel@inta.gob.ar

## INTRODUCCIÓN

Las regiones centro norte de Entre Ríos y centro sur de Corrientes se consideran una zona ganadera homogénea principalmente por sus similitudes en aspectos ambientales y productivos, por lo cual, el manejo que se realiza y la tecnología disponible en ganadería es muy semejante. En general, la ganadería es extensiva de cría a base de pasturas naturales, sin embargo, el tamaño de los establecimientos es uno de los factores que da origen a diferentes sistemas de producción y condiciona los resultados económicos de los mismos. En este sentido, Calvi *et al.* (2011), describieron un sistema de producción básico de la zona de referencia y midieron el impacto económico de la escala de producción.

Por un lado, estos sistemas dependen en gran medida de la producción del campo natural, que a su vez es dependiente de las condiciones climáticas, los resultados físicos presentan variabilidad entre años. Por otro lado, los precios de la hacienda son una variable aleatoria y de alto impacto en los resultados económicos. Estos factores (clima y mercado) son las principales fuentes de riesgo a las cuales están sometidos los sistemas ganaderos, existiendo un estado de incertidumbre sobre el futuro resultado económico del establecimiento. Al respecto, Acosta (2012) describieron sistemas de producción representativos del NEA y analizaron el riesgo asociado a la actividad ganadera.

Tanto el nivel de productividad como la estabilidad de los resultados físicos puede mejorarse con la incorporación de tecnología adecuada a cada sistema ganadero, esto genera, además, un resultado económico superior. Existen varios trabajos que demuestran el impacto de la adopción tecnológica (INTA EEA Mercedes, 2001; Calvi *et al.*, 2012; Rodríguez *et al.*, 2012).

Considerando los magros resultados económicos que se obtienen, especialmente en productores más pequeños y con menor nivel tecnológico, acentuado en los últimos años por el mayor incremento de costos en relación con los ingresos por venta (Rodríguez *et al.*, 2012; Calvi, 2013), en este trabajo se pretende buscar sistemas productivos sustentables, es decir, que logren rentabilidad, conserven los recursos naturales y mejoren el nivel de vida de los productores y sus familias (sustentabilidad con relación a las dimensiones económica, ambiental y social).

La hipótesis planteada es que la incorporación estratégica de tecnología en los sistemas ganaderos en la zona ganadera homogénea del centro norte de Entre Ríos y centro sur de Corrientes, mejora la sustentabilidad de estos.

## METODOLOGÍA

Se analizaron siete sistemas de producción ganaderos predominantes de la zona de estudio, de los cuales, cinco están publicados por Acosta *et al.* (2012) y los otros dos fueron incorporados a pedido de referentes en ganadería de la zona centro norte de Entre Ríos. Estos sistemas fueron identificados a través de diferentes métodos de análisis

de información, a su vez, se utilizaron distintas fuentes de información que van desde los censos nacionales CNPyV 2001 y CNA 2202 hasta la originada en talleres con informantes calificados o encuestas a una muestra representativa de productores. Cabe aclarar que, por un lado, estos sistemas no representan a todos los que pueden encontrarse y, por otro lado, corresponden a establecimientos donde la ganadería es la única o principal actividad.

Se propusieron para cada sistema predominante sistemas mejorados, a través de la incorporación de tecnología recomendada por los Grupos de Producción Animal de INTA EEA Paraná y EEA Mercedes. Una pauta establecida fue respetar la actividad desarrollada, sin modificar la proporción de ovinos en los casos de sistemas mixtos o de novillitos en el caso de cría-recría y sin cambiar la cantidad de equinos disponibles.

Los sistemas fueron clasificados en empresariales y familiares: los primeros fueron aquellos de mayor superficie o existencia y de igual o más cantidad de mano de obra asalariada con respecto a la familiar (Cittadini *et al.*, 1990). En la evaluación económica de los modelos, se utilizó la metodología consensuada por profesionales de INTA, la cual aplica la clasificación de costos directos e indirectos para analizar en primera instancia cada actividad por separado y luego el resultado global del establecimiento antes de los impuestos a las ganancias y bienes personales. A su vez, considera capital a la sumatoria básicamente de tierra, mejoras ordinarias, hacienda, maquinarias y capital circulante que se valúa de acuerdo a la naturaleza de cada uno (Ghida Daza *et al.*, 2009).

Los valores de los capitales así como los precios de insumos y servicios considerados corresponden a abril de 2013, mientras que las fuentes de información se adecuaron a cada uno de los territorios. La evaluación económica se realizó, en una primera etapa, considerando los índices productivos medios correspondientes a cada uno de los sistemas y valorizando los productos según el precio de venta registrado en abril de 2013. Posteriormente, se incorporó al análisis el efecto del comportamiento aleatorio de estas variables sobre los resultados económicos, mediante la construcción de modelos de simulación estocástica, evaluando así el riesgo productivo y de mercado.

Para ello, se seleccionaron variables, que impactaban en el desempeño económico de los modelos, del tipo físicas: porcentaje de preñez, peso al destete y otras relevantes para cada sistema en particular, y entre las variables del mercado: precios de ternero y demás productos relevantes de cada uno. Se construyeron distribuciones triangulares de frecuencias (mínimo, más frecuente y máximo) de los valores aleatorios que pueden tomar las mencionadas variables. En todos los casos, se consideró como valor más frecuente el utilizado en la evaluación económica de los modelos. En el caso de precios, los valores máximo y mínimo se determinaron a criterio de los autores del presente trabajo. Para determinar los valores máximo y mínimo de las variables físicas se recurrió a la consulta de informantes calificados en ganadería por territorio (Pueyo, J. y

Sampedro, D., centro norte de Entre Ríos y centro sur de Corrientes respectivamente). Se incorporaron, en algunos casos, coeficientes de correlación entre las variables; para los precios fueron calculados a partir de las bases históricas disponibles y para las físicas fueron estimados por los mismos informantes calificados.

Se procedió a la simulación del resultado operativo por hectárea con 5.000 iteraciones. Con esto se estiman las probabilidades de ocurrencia de los resultados económicos; se asume que ellos devienen de los valores que en forma conjunta y aleatoria toman determinadas variables seleccionadas previamente, y la aleatoriedad de esos valores determina una distribución de frecuencias de las diferentes magnitudes que alcanzan los márgenes económicos del sistema. Es decir, se recrean escenarios que permiten ver la fluctuación de los resultados económicos, percibiendo de esta manera el nivel de riesgo. Se utilizó el método Montecarlo, a través del programa de computación "Simulación 4" complementario al programa Excel, el cual funciona sobre planillas de cálculo especialmente elaboradas para la evaluación física y económica de los sistemas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características generales de los establecimientos

En las tablas 1 y 2 se sintetizan las características generales de los establecimientos empresariales y familiares respectivamente. El nivel tecnológico "básico" corresponde al sistema de producción predominante, mientras que el "mejorado" corresponde al propuesto por los profesionales de INTA.

Se observa que en los modelos de Corrientes la superficie ganadera es menor a la total debido a la ocupación de tierra por parte del ganado equino, el cual además de ser una herramienta de trabajo forma parte de la idiosincrasia del correntino. En líneas generales, la mano de obra permanente es proporcional al tamaño del establecimiento y siempre se utiliza mano de obra temporaria. Esta última, en los modelos mejorados, se incrementa salvo en el modelo familiar mixto de Corrientes que cambia la cantidad de jornales por mayor mano de obra permanente.

La presencia del ovino es importante en la zona, en Entre Ríos hay dos modelos vacunos y dos mixtos en los cuales

Tipo social agrario		Empresarial							
Ubicación		Centro Sur Corrientes				Centro Norte Entre Ríos			
Sistema productivo		Vacuno		Mixto		Vacuno		Mixto	
Nivel tecnológico		Base	Mejor	Base	Mejor	Base	Mejor	Base	Mejor
<b>Superficie</b>									
Total	ha	3.000	3.000	3.500	3.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Propia	ha	3.000	3.000	3.000	3.000	1.500	1.500	1.500	1.500
Arrendada	ha	0	0	500	500	0	0	0	0
<b>Uso del suelo</b>									
Superficie vacuna	ha	2.953	2.962	3.041	3.065	1.500	1.500	1.126	1.131
Superficie ovina	ha	0	0	234	238	0	0	374	369
<b>Rodeo</b>									
Vientres	cab	1.512	1.794	1.270	1.508	738	894	594	654
Total bovinos	cab	2.310	2.916	3.041	2.742	1.163	1.428	913	1.077
<b>Majada</b>									
Vientres	cab	--	--	761	941	--	--	1.200	1.357
Total ovinos	cab	--	--	989	1.223	--	--	1.804	1.997
<b>Orientación</b>									
Bovinos		Cría	Cría	Cría y recría	Cría y recría	Cría	Cría	Cría	Cría
Ovinos		--	--	Cría	Cría	--	--	Cría	Cría
<b>Mano de obra permanente</b>									
Total	pers	6	6	6	6	4	4	4	4
Familiar	pers	1	1	0	0	1	1	1	1
Asalariada	pers	5	5	6	6	3	3	3	3
<b>Mano de obra temporaria</b>									
	jorn	60	120	100	200	60	160	200	300

Tabla 1. Características generales de los establecimientos ganaderos empresariales.

Fuente: Elaboración propia, agosto 2013.

Tipo social sgrario		Familiar					
Ubicación		Centro Sur Corrientes		Centro Norte Entre Ríos			
Sistema Productivo		Mixto		Vacuno		Mixto	
Nivel Tecnológico		Base	Mejor	Base	Mejor	Base	Mejor
<b>Superficie</b>							
Total	ha	520	520	500	500	500	500
Propia	ha	520	520	500	500	500	500
Arrendada	ha	0	0	0	0	0	0
<b>Uso del suelo</b>							
Superficie vacuna	ha	396	396	500	500	379	376
Superficie ovina	ha	75	75	0	0	121	124
<b>Rodeo</b>							
Vientres	cab	208	218	248	254	200	198
Total bovinos	cab	355	349	387	407	308	317
<b>Majada</b>							
Vientres	cab	299	299	--	--	390	400
Total ovinos	cab	389	389	--	--	591	593
<b>Orientación</b>							
Bovinos		Cría	Cría	Cría	Cría	Cría	Cría
Ovinos		Cría	Cría	--	--	Cría	Cría
<b>Mano de obra permanente</b>							
Total	pers	1	2	2	2	2	2
Familiar	pers	1	1	1	1	1	1
Asalariada	pers	0	1	1	1	1	1
<b>Mano de obra temporaria</b>							
	jorn	200	40	100	200	100	200

**Tabla 2.** Características generales de los establecimientos ganaderos familiares.

Fuente: Elaboración propia, agosto 2013.

esta actividad participa con un 25% de la superficie tanto en empresariales como en familiares, mientras que en Corrientes hay un modelo vacuno y dos mixtos donde el ovino participa con un 7% en empresariales y 16% en familiares.

Se destaca el modelo empresarial mixto de Corrientes que realiza una recría del 50% de los terneros machos, la superficie ganadera incluye 500 ha arrendadas y no tiene mano de obra familiar.

A diferencia de Entre Ríos donde todos los modelos tienen resultados físicos similares, en Corrientes el modelo familiar tiene índices productivos más bajos que los empresariales.

### Características generales de la ganadería

Las propuestas para todos los sistemas se basan en la aplicación de tecnologías de proceso que implican costos mínimos, pero una importante capacitación y experiencia en el manejo de la hacienda. Las tecnologías de este tipo, que se incorporan con el objeto de aumentar la preñez del

rodeo, son el adelantamiento de la edad de entore (pasar de 27 a 18 meses) y el manejo de la lactancia (aplicar destetes precoz o temporario según condición corporal y estado reproductivo de los vientres). Para entorar a los 18 meses se requiere una buena recría de la vaquilla de reposición, la cual difiere según el modelo; dentro de los sistemas empresariales, en el vacuno de Corrientes y en el vacuno y en el mixto de Entre Ríos se suplementa con proteína durante el invierno sobre campo natural mejorado, mientras que en el mixto de Corrientes se hace un verdeo de invierno en la superficie arrendada. Dentro de los sistemas familiares, en el mixto de Corrientes (carga de 0,80 EV/ha) se hace un verdeo de invierno; en cambio, en el vacuno y en el mixto de Entre Ríos (entre 0,60 y 0,65 EV/ha de carga) se da suplementación proteica invernal sobre campo natural diferido. La recría sobre verdeo es una alternativa más fácil de implementar que la suplementación en extensiones grandes. A su vez, es una solución en sistemas familiares con problemas de alta carga animal, pero presenta como desventaja el deterioro del pastizal natural para el pastoreo inmediato. Por estos motivos, se recomienda la utilización

de verdeos solo al empresarial con campo arrendado y al familiar con alta carga.

Para los sistemas empresariales, en vista del mejor posicionamiento para la realización de inversiones, se propuso un paso más consistente en la mejora del recurso forrajero con el objeto principal de aumentar la carga animal y secundario de extraer mayor número de vacas gordas. En el vacuno y en el mixto de Corrientes se fertiliza con fósforo el 33% del campo (en el mixto la mejora se hace sobre la superficie propia) y en el vacuno y en el mixto de Entre Ríos se fertiliza con nitrógeno el 30% del campo. La distinta fertilización se debe a que las deficiencias son diferentes entre provincias.

Para aquellos sistemas que son mixtos tanto de Corrientes como de Entre Ríos, en la actividad ovina se propuso mejorar la sanidad y suplementación mineral cuando corresponda, seleccionar la majada y cambiar la esquila de primavera a invierno (preparto). El objetivo de esta última es mejorar la calidad de la lana e indirectamente aumentar el destete y peso de los corderos.

En las tablas 3 y 4 se observan los resultados productivos logrados en cada modelo, con sus respectivos sistemas: básico y mejorado.

Como puede observarse, el impacto productivo por la adopción tecnológica (mejorados) es importante en todos los casos, especialmente en los sistemas empresariales que pueden superar los 100 kg/ha de carne total. En estos últimos, además del incremento en los destetes y la cantidad de vacas gordas, influyó el aumento de la carga animal.

## Resultados económicos

En las tablas 5 y 6 se observan los resultados económicos por actividad y del establecimiento de cada modelo.

En primer lugar, se observan diferencias entre los márgenes brutos al incorporar la tecnología recomendada, tanto en bovinos como en ovinos.

Sin embargo, el impacto económico en Corrientes es mayor, debido a que los costos directos no aumentan con la misma magnitud que en Entre Ríos. La explicación de lo anterior es que dentro de las propuestas de mejora en los empresariales de Corrientes está la fertilización con fósforo, por su poder residual, se considera una inversión y se la amortiza; mientras que la fertilización nitrogenada propuesta para los empresariales de Entre Ríos es un gasto y se computa por todo su valor. Con respecto a los familiares, el incremento de costos en Corrientes resultó compensado por la disminución de la mano de obra temporaria, la cual pasó por la cantidad de jornales demandados a relación de dependencia formando parte del gasto de estructura.

También se observan diferencias económicas entre los modelos familiares y empresariales. En líneas generales, las diferencias se presentan en los gastos de estructura y las amortizaciones indirectas, que son mayores en los sistemas familiares debido fundamentalmente a la menor superficie de estos establecimientos. Obviamente la mano de obra familiar tiene alta incidencia en los sistemas familiares. Además, el resultado económico de los familiares está muy por debajo del de los empresariales. A su vez,

Tipo social agrario		Empresarial							
Ubicación		Centro Sur Corrientes				Centro Norte Entre Ríos			
Sistema Productivo		Vacuno		Mixto		Vacuno		Mixto	
Nivel Tecnológico		Base	Mejor	Base	Mejor	Base	Mejor	Base	Mejor
<b>Carga animal</b>	EV/ha	0,60	0,74	0,65	0,79	0,61	0,73	0,64	0,73
Bovinos	%	100	100	93	93	100	100	75	75
Ovinos	%	--	--	7	7	--	--	25	25
<b>Producción total</b>									
Producción de carne	kg/ha	70	105	67	100	70	105	70	100
Producción de lana	kg/ha	--	--	1,2	1,5	--	--	4,5	5,6
<b>Coefficientes bovinos</b>									
Producción de carne (*)	kg/ha	71	106	72	107	70	105	72	105
Cantidad vaca gorda	%	42	90	31	90	41	90	41	90
Destete	%	66	83	69	86	66	83	66	83
<b>Coefficientes ovinos</b>									
Producción de carne (*)	kg/ha	--	--	67	90	--	--	64	85
Producción de lana (*)	kg/ha	--	--	18	22	--	--	18	23
Destete	%	--	--	65	75	--	--	75	85

**Tabla 3.** Principales resultados productivos de los sistemas empresariales.

Fuente: Elaboración propia, agosto 2013.

Tipo Social Agrario		Familiar					
Ubicación		Centro Sur Corrientes		Centro Norte Entre Ríos			
Sistema Productivo		Mixto		Vacuno		Mixto	
Nivel Tecnológico		Base	Mejor	Base	Mejor	Base	Mejor
<b>Carga animal</b>	EV/ha	0,80	0,80	0,61	0,62	0,64	0,64
Bovinos	%	84	84	100	100	76	75
Ovinos	%	16	16	--	--	24	25
<b>Producción total</b>							
Producción de carne	kg/ha	64	80	70	87	70	86
Producción de lana	kg/ha	3,2	3,2	--	--	4,5	5,0
<b>Coefficientes bovinos</b>							
Producción de carne (*)	kg/ha	68	87	70	87	71	89
Cantidad vaca gorda	%	46	71	41	90	41	90
Destete	%	54	73	66	83	66	83
<b>Coefficientes ovinos</b>							
Producción de carne (*)	kg/ha	87	96	--	--	66	77
Producción de lana (*)	kg/ha	22	22	--	--	19	20
Destete	%	70	80	--	--	75	85

**Tabla 4.** Principales resultados productivos de los sistemas familiares.

(\*) Calculado sobre superficie según uso del suelo.

Fuente: Elaboración propia, agosto 2013.

Tipo Social Agrario		Empresarial							
Ubicación		Centro Sur Corrientes				Centro Norte Entre Ríos			
Sistema Productivo		Vacuno		Mixto		Vacuno		Mixto	
Nivel Tecnológico		Base	Mejor	Base	Mejor	Base	Mejor	Base	Mejor
Ingreso Bruto Bovino (*)	\$/ha	629	983	645	1.008	626	995	651	975
Costo Directo Bovino (*)	\$/ha	168	370	244	412	138	461	164	465
<b>Margen Bruto Bovino (*)</b>	<b>\$/ha</b>	<b>461</b>	<b>613</b>	<b>401</b>	<b>596</b>	<b>488</b>	<b>534</b>	<b>487</b>	<b>509</b>
Ingreso Bruto Ovino (*)	\$/ha	--	--	826	1.118	--	--	825	1.111
Costo Directo Ovino (*)	\$/ha	--	--	204	351	--	--	235	451
<b>Margen Bruto Ovino (*)</b>	<b>\$/ha</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>622</b>	<b>767</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>590</b>	<b>660</b>
<b>Margen Bruto Total</b>	<b>\$/ha</b>	<b>461</b>	<b>613</b>	<b>390</b>	<b>574</b>	<b>488</b>	<b>534</b>	<b>513</b>	<b>546</b>
Gastos de Estructura	\$/ha	198	203	161	165	288	298	290	299
<b>Resultado Operativo</b>	<b>\$/ha</b>	<b>263</b>	<b>410</b>	<b>229</b>	<b>409</b>	<b>199</b>	<b>236</b>	<b>223</b>	<b>248</b>
Amortizaciones Indirectas	\$/ha	17	17	40	40	24	24	24	29
<b>Ingreso Neto</b>	<b>\$/ha</b>	<b>246</b>	<b>393</b>	<b>189</b>	<b>369</b>	<b>175</b>	<b>212</b>	<b>199</b>	<b>219</b>
Mano de Obra Familiar	\$/ha	30	30	0	0	38	38	38	38
<b>Ingreso al Capital</b>	<b>\$/ha</b>	<b>217</b>	<b>364</b>	<b>189</b>	<b>369</b>	<b>137</b>	<b>174</b>	<b>161</b>	<b>181</b>
Capital	\$/ha	11.633	12.172	10.531	11.076	13.344	13.953	13.493	13.980
<b>Rentabilidad</b>	<b>%</b>	<b>1,9</b>	<b>3,0</b>	<b>1,8</b>	<b>3,3</b>	<b>1,0</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>

**Tabla 5.** Principales resultados económicos de los sistemas empresariales.

(\*) Calculado sobre superficie según uso del suelo.

Fuente: Elaboración propia, agosto 2013.

Tipo Social Agrario		Familiar					
Ubicación		Centro Sur Corrientes		Centro Norte Entre Ríos			
Sistema Productivo		Mixto		Vacuno		Mixto	
Nivel Tecnológico		Base	Mejor	Base	Mejor	Base	Mejor
Ingreso Bruto Bovino (*)	\$/ha	595	813	627	821	660	849
Costo Directo Bovino (*)	\$/ha	310	326	151	281	195	305
<b>Margen Bruto Bovino (*)</b>	<b>\$/ha</b>	<b>284</b>	<b>487</b>	<b>476</b>	<b>540</b>	<b>465</b>	<b>544</b>
Ingreso Bruto Ovino (*)	\$/ha	1.074	1.189	--	--	851	976
Costo Directo Ovino (*)	\$/ha	282	216	--	--	244	291
<b>Margen Bruto Ovino (*)</b>	<b>\$/ha</b>	<b>792</b>	<b>973</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>607</b>	<b>685</b>
<b>Margen Bruto Total</b>	<b>\$/ha</b>	<b>330</b>	<b>511</b>	<b>476</b>	<b>540</b>	<b>500</b>	<b>579</b>
Gastos de Estructura	\$/ha	82	223	342	352	342	353
<b>Resultado Operativo</b>	<b>\$/ha</b>	<b>248</b>	<b>288</b>	<b>134</b>	<b>187</b>	<b>158</b>	<b>226</b>
Amortizaciones Indirectas	\$/ha	109	109	55	55	55	57
<b>Ingreso Neto</b>	<b>\$/ha</b>	<b>140</b>	<b>179</b>	<b>80</b>	<b>133</b>	<b>104</b>	<b>169</b>
Mano de Obra Familiar	\$/ha	141	141	113	113	113	113
<b>Ingreso al Capital</b>	<b>\$/ha</b>	<b>-1</b>	<b>38</b>	<b>-34</b>	<b>20</b>	<b>-10</b>	<b>56</b>
Capital	\$/ha	13.058	13.154	14.152	14.390	14.327	14.506
<b>Rentabilidad</b>	<b>%</b>	<b>-0,0</b>	<b>0,3</b>	<b>-0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>-0,1</b>	<b>0,4</b>

**Tabla 6.** Principales resultados económicos de los sistemas familiares.

(\*) Calculado sobre superficie según uso del suelo.

Fuente: Elaboración propia, agosto 2013.

existen diferencias importantes en el gasto de estructura de los modelos de Entre Ríos en relación con los de Corrientes, debido a la mayor incidencia del impuesto inmobiliario en los primeros por su incremento en el año 2012.

Con la incorporación tecnológica en los sistemas empresariales, el ingreso al capital en los modelos de Corrientes se incrementa del 70% al 95% y en los de Entre Ríos del 10% al 30%. El impacto económico en estos últimos es inferior por lo expuesto anteriormente acerca de que los costos de la tecnología recomendada en Entre Ríos son más elevados. Los sistemas familiares, a pesar de la mejora en los resultados físicos y económicos por la incorporación de tecnología, pasan de obtener un ingreso al capital negativo a uno positivo, pero del orden de los 20 \$/ha a 60 \$/ha. Lo cual implica que, con la propuesta mejorada, estarían retribuyendo la mano de obra familiar no remunerada, aspecto no menor. La obtención de un escaso ingreso al capital por parte de los sistemas familiares responde a su lógica de funcionamiento que no busca obtener tasas de rentabilidad considerables, pero al menos debería cubrir las necesidades de la familia. Todos estos resultados se obtuvieron sobre la base de los precios vigentes en abril de 2013.

### Análisis de riesgo

Previamente se establecieron las distribuciones triangulares para los precios de venta y para los rendimientos seleccionados, estos últimos de acuerdo al nivel tecnológico

de cada modelo. En líneas generales, los informantes calificados opinaron que los modelos mejorados tienen valores de rendimiento mínimo, más frecuente y máximo superiores y tienen una distancia menor entre mínimo y máximo. Tal es así, que en los modelos empresariales de Corrientes y Entre Ríos, y en los familiares de Entre Ríos, la preñez del básico se distribuye entre 90%, 75% y 60% y del mejorado, entre 95%, 90% y 70%. Otro ejemplo son los modelos familiares de Corrientes cuya preñez se distribuye entre 75%, 60% y 50% en el básico, mientras que en el mejorado es del 90%, 80% y 70%. Por otro lado y a modo de ejemplo, los precios utilizados en ternero fueron 14,50 \$/kg como máximo, 11,95 \$/kg como más frecuente y 8,50 \$/kg como mínimo.

El análisis se basa en la evaluación del comportamiento del resultado operativo, el cual no retribuye la mano de obra familiar ni paga las amortizaciones indirectas, es un indicador de la capacidad de autofinanciamiento del sistema señalando un nivel crítico en la relación ingresos-egresos. Con la simulación se estiman las probabilidades de ocurrencia de los resultados económicos, percibiendo de esta manera el nivel de riesgo (tablas 7 y 8).

En primer lugar, en los modelos de Corrientes el valor medio del resultado operativo al adoptar la tecnología recomendada se incrementa en proporciones diferentes según el caso. En cambio, en los modelos de Entre Ríos, el valor medio del resultado operativo disminuye con la incorporación tecnológica (salvo el caso de la familia que trabaja el ganado vacuno). Sin embargo, la incorporación de

Tipo Social Agrario		Empresarial							
Ubicación		Centro Sur Corrientes				Centro Norte Entre Ríos			
Sistema Productivo		Vacuno		Mixto		Vacuno		Mixto	
Nivel Tecnológico		Base	Mejor	Base	Mejor	Base	Mejor	Base	Mejor
<b>Estadística resultado operativo</b>									
Máximo	\$/ha	476	665	403	647	388	490	433	353
Mínimo	\$/ha	45	40	50	90	-6	-211	54	-106
Media	\$/ha	245	335	208	336	177	146	214	110
Desvío Estándar	\$/ha	68	104	54	79	57	109	55	69
D.E./Media	%	28	31	26	24	32	75	26	63
<b>Probabilidad resultado operativo</b>									
Resultado negativo	%	0	0	0	0	0	8,0	0	3,9
Resultado menor a la media	%	47,1	46,0	47,0	45,8	46,5	45,6	46,4	46,1

**Tabla 7.** Análisis de riesgo del resultado operativo en sistemas empresariales.

Fuente: Elaboración propia, agosto 2013.

Tipo Social Agrario		Familiar					
Ubicación		Centro Sur Corrientes			Centro Norte Entre Ríos		
Sistema Productivo		Mixto		Vacuno		Mixto	
Nivel Tecnológico		Base	Mejor	Base	Mejor	Base	Mejor
<b>Estadística resultado operativo</b>							
Máximo	\$/ha	456	500	321	412	365	337
Mínimo	\$/ha	81	94	-63	-146	8	-100
Media	\$/ha	238	272	108	112	155	129
Desvío Estándar	\$/ha	57	65	62	89	56	71
D.E./Media	%	24	24	58	79	36	55
<b>Probabilidad resultado operativo</b>							
Resultado negativo	%	0	0	2,7	9,1	0	2,4
Resultado menor a la media	%	47,9	46,5	47,2	46,0	47,0	45,4

**Tabla 8.** Análisis de riesgo del resultado operativo en sistemas familiares.

Fuente: Elaboración propia, agosto 2013.

tecnología en todos los modelos disminuye levemente la probabilidad de obtener un resultado operativo menor a la media. Los sistemas ganaderos de Entre Ríos serían más riesgosos dado que pueden obtener un resultado operativo negativo, a su vez la incorporación de tecnología aumenta esta probabilidad. La situación en Corrientes es opuesta, dado que la probabilidad de obtener un resultado operativo negativo es 0 (cero), tanto en los modelos básicos como en los mejorados.

## CONCLUSIONES

La incorporación estratégica de tecnología en los sistemas ganaderos de la zona ganadera homogénea del cen-

tro norte de Entre Ríos y centro sur de Corrientes, impacta positivamente en los resultados productivos y económicos. Sin embargo, los elevados costos de producción de los sistemas ganaderos de Entre Ríos provocan un resultado económico bajo y un impacto económico menor al esperado por la incorporación de tecnología recomendada.

Al momento de analizar el riesgo, solamente los modelos mejorados de Corrientes lograrían mejorar la sustentabilidad económica, ya que aumenta la media del resultado operativo manteniéndose el coeficiente de variación en el orden del 25% al 30%. Para Entre Ríos habría que analizar otro conjunto de tecnologías, tal vez con menos insumos, para que la sustentabilidad económica de los sistemas ganaderos mejore.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, F.A.; CALVI, M.; LYSIAK, E.; RODRIGUEZ, M.; SARCO, P. 2012. Análisis de resultados y sustentabilidad económica de sistemas ganaderos representativos en el noreste argentino. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales N.º 15 AEES INTA. ISSN 1851-6955. 103 pp.
- CALVI, M. 2013. Análisis productivo y económico de la tecnología disponible en el sistema de cría vacuna de la región centro sur de Corrientes, años 2011 y 2013. Noticias y Comentarios N.º 499. INTA EEA Mercedes. ISSN 0327-3059.
- CALVI, M.; RODRIGUEZ, M.; PUEYO, J.; SAMPEDRO, D.; DU-  
PLEICH, J.; PIZZIO, R. 2011. Caracterización productiva y económica del sistema de cría vacuna predominante en la región centro sur de Corrientes y centro norte de Entre Ríos. Noticias y Comentarios N.º 477. INTA EEA Mercedes. ISSN 0327-3059.
- CALVI, M.; RODRIGUEZ, M.; PUEYO, J.; SAMPEDRO, D.; DU-  
PLEICH, J.; PIZZIO, R. 2012. Impacto productivo y económico de la tecnología disponible en el sistema de cría vacuna predominante en la región centro sur de Corrientes y centro norte de Entre Ríos. Noticias y Comentarios N.º 482. INTA EEA Mercedes. ISSN 0327-3059.
- CITTADINI, R.; MANCHADO, J.; MOSCIARO, M. 1990. Las formas de organización social de la producción: marco conceptual y planteo operativo. Área de Economía y Sociología Rural, Universidad Integrada INTA EEA Balcarce – UNMP FCA. Documento 2. 21 pp.
- GHIDA DAZA, C.; ALVARADO, P.; CASTIGNANI, H.; CAVIGLIA, J.; D'ANGELO, M.L.; ENGLER P.; GIORGETTI, M.; IORIO, C.; SANCHEZ, C. 2009. Indicadores económicos para la gestión de empresas agropecuarias. Bases metodológicas. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales N.º 11 AEES INTA. ISSN 1851-6955. 39 pp.
- INTA EEA Mercedes. 2001. Día de Campo 10 años Unidad Experimental de Cría Vacuna.
- RODRÍGUEZ, M.; PUEYO, J.; CALVI, M.; SAMPEDRO, D.; DU-  
PLEICH, J.; PIZZIO, R. 2012. Análisis productivo y económico de la tecnología disponible en el sistema de cría vacuna en la región centro sur de Corrientes y centro norte de Entre Ríos. Años 2011 y 2012. Serie Extensión N.º 67. INTA EEA Paraná. ISSN 0325-8874. . 149-154 pp.
- RODRIGUEZ, M.; PUEYO, J.; DUPLEICH, J. 2012. Sistemas de cría vacuna mixta con ovinos en la región centro norte de Entre Ríos: impacto productivo y económico de la tecnología disponible. Serie Extensión N.º 67. INTA EEA Paraná. ISSN 0325-8874. 143-147 pp.
- SIMULACIÓN 4, programa de computación provisto por la Oficina de Riesgo Agropecuario del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación al Proyecto Específico "Competitividad y sustentabilidad de los sistemas de producción" del AEES INTA.

# Índice de daño de gorgojos y rendimiento de forraje en poblaciones de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con alto número de raíces laterales

ODORIZZI, A.<sup>1</sup>; AROLFO, V.<sup>1</sup>; BASIGALUP, D.<sup>1</sup>

## RESUMEN

Obtener poblaciones de alfalfa (*Medicago sativa* L.) que posean un sistema radicular ramificado o con alto número de raíces laterales, puede ser importante para atenuar los daños causados por las larvas de gorgojos. En el programa de mejoramiento de alfalfa del INTA Manfredi se desarrollaron varias poblaciones experimentales de diferente grado de reposo invernal obtenidas por selección fenotípica recurrente por alto número de raíces laterales o sistema radicular ramificado, dos de las cuales fueron utilizadas en este estudio. Los ensayos de evaluación fueron sembrados en 2008 en la Estación Experimental Agropecuaria (E.E.A.) del INTA en Manfredi (Córdoba, Argentina). Los caracteres evaluados fueron: biomasa de forraje (B) durante las temporadas de corte 2008/2009 y 2009/2010 y categoría (Cat) de daño de gorgojos (de 1 = sin daño a 5 = daño muy severo). Se construyó un índice de daño de gorgojos (IDG). El rendimiento de biomasa aérea de la SIMA 614 no difirió estadísticamente del rendimiento de los testigos sin reposo invernal ProINTA Mora y ProINTA Súper Monarca, los cuales fueron desarrollados en base a un alto potencial de producción forrajera como principal criterio de selección. Por su parte, la SIMA 545 (si bien en un menor escalón de rendimiento que los anteriores) tampoco difirió del testigo ProINTA Patricia. El rango de IDG (3.18 a 3.80) indica que el complejo de gorgojos ocasionó daños altos en todos los materiales, sin haberse detectado diferencias entre ellos. En ese contexto, las SIMAs 545 y 614 ocuparon respectivamente el segundo y el tercer lugar en el ranking de severidad de daño, muy cerca de ProINTA Súper Monarca, la más afectada por la plaga. En todos los materiales, la categoría 4 (daño severo) fue la más frecuente. Al igual que con el IDG, las SIMAs 545 y 614 y el testigo ProINTA Súper Monarca exhibieron la mayor cantidad de plantas con daños muy severos (Cat 5) y, complementariamente, las menores frecuencias de plantas sin daño (Cat 1) y daño leve (Cat 2). A pesar de ello, tanto ProINTA Súper Monarca como las SIMAs 545 y 614, se ubicaron entre los materiales de más rendimiento de forraje. Se infiere que estas tres poblaciones poseen niveles considerables de tolerancia al daño de las larvas de gorgojos.

**Palabras clave:** *Medicago sativa*, alfalfa, gorgojo.

## ABSTRACT

*In the genetic improvement of alfalfa (Medicago sativa L.), those genotypes selected for branched root system or high number of lateral roots may be important to reduce the damage caused by the root curculio complex in Argentina. The alfalfa breeding program at INTA Manfredi developed several experimental populations with different fall dormancy obtained by phenotypic recurrent selection for high number of lateral roots or branched root system, two of which were used in this study. The evaluation trials were planted in 2008 in the EEA Manfredi - INTA (Cordoba, Argentina). The evaluated traits were curculio damage (Categories (Cat) 1 =*

<sup>1</sup>INTA – EEA Manfredi. Ruta Nac. Nº 9 km. 636, 5988 Manfredi, Córdoba, Argentina.  
Correo electrónico: aodorizzi@manfredi.inta.gov.ar

no damage to 5 = very severe damage), dry matter yield (B) during cutting season 2008/2009 and 2009/2010 and 2009/2010 and curculio damage index (IDG). The forage yield of SIMA 614 did not differ statistically from the non dormant checks ProINTA Super Monarca and ProINTA Mora, both developed based on a high potential for forage production as the main selection criteria. Meanwhile, the SIMA 545 although not differed from ProINTA Patricia. The IDG range (3.18 to 3.80) indicates that the curculio complex caused high damage in all materials, without being detected differences. In this context, SIMAs 545 and 614 respectively occupied the second and third place in the ranking of severity, close to ProINTA Super Monarca, the most affected by the plague. In all materials, the category 4 (severe damage) was the most frequent. As with the IDG, the SIMAs 545 and 614 and ProINTA Super Monarca exhibited the greatest number of plants with severe damage (Cat 5) and additionally, the lower frequencies of undamaged plants (Cat 1) and slight damage (Cat 2). ProINTA Super Monarca and SIMAs 545 and 614, despite having recorded the highest IDG and the highest frequency of plants in Cat 5, were the materials most forage yield productive. In this context, might infer that these populations have significant levels of damage tolerance to the larvae curculio complex.

**Keywords:** *Medicago sativa*, alfalfa, *curculio*.

## INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de lotes productivos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) implica, entre otras cuestiones, la prevención y el control de organismos dañinos (Sulc y Rodes, 1997), tanto enfermedades como muchas especies de insectos. El complejo de gorgojos de la alfalfa (Coleoptera: *Curculionidae*) tiene una muy amplia difusión en los alfalfares de todo el país, aunque las mayores poblaciones ocurren en las zonas subhúmeda y semiárida de la región pampeana (Brewer y Varas, 1975). El complejo incluye más de 20 especies, en su mayoría pertenecientes a los géneros *Pantomorus* (*P. leucoloma* Boh.; *P. auripes* Hust.; *P. vercundus* Hust.; *P. viridisquamosus* Boh.; etc.) y *Naupactus* (*N. cinereidorsum* Hust.), a los que se agregan *Priocypus bosqui* Hust. y *Trychonaupactus densius* Hust. (Aragón e Imwinkelried, 2007). El daño que estos insectos provocan a las raíces de la alfalfa disminuye la productividad y la persistencia del cultivo (Imwinkelried *et al.*, 1992). La mayor acción destructiva se debe a las larvas, que provocan galerías y perforaciones en las raíces, tanto en la principal como en las secundarias. En muchos casos, cuando las larvas alcanzan su mayor desarrollo, pueden cortar la raíz a una profundidad no muy alejada de la superficie. Las consecuencias de tales daños pueden ser fatales durante la implantación del cultivo, cuando la alfalfa está al estado de plántula o de planta joven, ya que las lesiones a la raíz principal pueden provocar la destrucción de ese sistema radical incipiente (Parodi, 1964). Usualmente, daños moderados o leves no inciden en forma significativa en los rendimientos del alfalfar, a menos que se produzca una situación de sequía en la que las plantas con mayor incidencia de daño pueden secarse. Por otro lado, las heridas provocadas en las raíces son vía de entrada para una gran diversidad de hongos patógenos, como *Fusarium spp.* y *Phoma spp.*, que amplían el área radicular dañada y reducen su capacidad de absorción y conducción de nutrientes.

El manejo del complejo de gorgojos constituye uno de los mayores desafíos para el control de plagas, dados su hábito de alimentación polífago y los distintos picos poblacionales a lo largo del año de las especies que lo integran (Harcourt

*et al.*, 1986). Los métodos de control cultural, como la rotación de cultivos y el control biológico a través de enemigos naturales, pueden constituir herramientas importantes para disminuir las poblaciones de gorgojos. El control de larvas por medio de insecticidas es muy difícil y poco práctico, ya que los estadios preimaginales y los huevos se hallan enterrados en el suelo, protegidos entre los terrones o cubiertos con diferentes sustancias. No existen métodos de control eficientes de larvas y pueden registrarse daños aún cuando la semilla sea tratada con insecticidas (Gassen, 1996). La ausencia de fuentes de resistencia genética y de adecuados protocolos de selección invalida el empleo de métodos tradicionales de mejoramiento, haciendo que no haya antecedentes de variedades resistentes (Todd, 1968; De Durana, 1981; Bariggi *et al.*, 1986; Basigalup e Hijano, 1995).

Una posible forma de atenuar sus daños sería contar con genotipos que posean un sistema radical ramificado o con alto número de raíces laterales, como forma de ofrecer mayores porciones de tejido radical que puedan escapar al ataque de los gorgojos. Otra forma sería disponer de plantas capaces de regenerar sus raíces cuando éstas son cortadas o destruidas por la plaga.

Desde hace algunos años, la E.E.A. Manfredi del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), ha reunido una importante colección de materiales de diferente grado de reposo invernal (GRI 4 a 9) y de muy diferentes orígenes. Ese germoplasma fue sometido a selección fenotípica recurrente (SFR) por alto número de raíces laterales o por raíces ramificadas. Los genotipos seleccionados fueron luego combinados en poblaciones experimentales.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar, bajo condición de secano, el comportamiento de dos poblaciones experimentales seleccionadas por alto número de raíces laterales frente al daño provocado por gorgojos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo para la evaluación agronómica se sembró el 18/03/2008 en un lote de la E.E.A. Manfredi con ante-

cedentes de alta infestación de gorgojos y caracterizado como Haplustol éntico (Serie Oncativo), profundo, bien drenado y ubicado en la región pampeana semiárida, con 744 mm de precipitación media anual. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones y una densidad de siembra de 350-400 semillas viables m<sup>-2</sup>. Las parcelas tuvieron una dimensión de 1 x 5 m con una distancia entre hileras de 0,20 m.

El material vegetal estuvo compuesto por dos poblaciones sintéticas experimentales (SIMA) desarrolladas por el programa de mejoramiento genético de la EEA Manfredi a partir de accesiones de alfalfa perennes introducidas desde los Estados Unidos entre 1992 y 1994. Después de cuatro ciclos de SFR, en los que se combinaron trabajos de campo y de invernáculo, se obtuvieron alrededor de 25 sintéticas con reposo invernal moderado (grados de reposo invernal o GRI = 6-7) y con alto número de raíces laterales y/o sistema radical ramificado. En base a una evaluación previa de esos materiales en condiciones de campo (Odozzizi *et al.*, 2008), se identificaron para este trabajo las dos sintéticas de comportamiento más promisorio: SIMA 545 (GRI 6) y SIMA 614 (GRI 7). Como testigos se utilizaron los cultivares comerciales ProINTA Luján (GRI 6), ProINTA Patricia (GRI 7), ProINTA Súper Monarca (GRI 8), ProINTA Mora (GRI 9) y SIMA1132 (GRI 9 y seleccionada por su tolerancia a suelos pesados), todos con sistema radical predominantemente pivotante.

El ensayo se condujo durante dos temporadas (2008/09 y 2009/10), en las que se evaluaron el rendimiento de forraje (biomasa aérea) y el daño a las raíces causado por los gorgojos. Para la evaluación de la biomasa aérea (B), se cortó y pesó todo el forraje producido dentro de cada unidad experimental, cada vez que se alcanzaba el 10% de floración o cuando los rebrotes desde la corona medían aproximadamente 0,05 m. La producción se expresó en kg de materia seca por ha (kg MS ha<sup>-1</sup>) por corte y total acumulado. Al finalizar la segunda temporada, se estimó el daño provocado por los gorgojos. Para esto, después de extraer todas las plantas del ensayo y de lavar sus raíces con una

hidrolavadora, se tomaron 100 individuos de cada parcela al azar a los que se clasificó según la siguiente escala visual de categorías de daño (Cat): 1: sin daño; 2: daño leve, con muy pocas canaletas visibles; 3: daño moderado, con canaletas visibles pero poco profundas; 4: daño severo, con canaletas profundas; y 5: daño muy severo, con abundantes canaletas profundas, raíces cortadas o muy destruidas y presencia de infección secundaria en las áreas afectadas. Con estos datos se construyó un índice de daño de gorgojos (IDG), calculado según la siguiente ecuación:

$$IDG = \frac{[(N^{\circ}1*1)+(N^{\circ}2*2)+(N^{\circ}3*3)+(N^{\circ}4*4)+(N^{\circ}5*5)]}{[N^{\circ} \text{ total de plantas de la población}]}$$

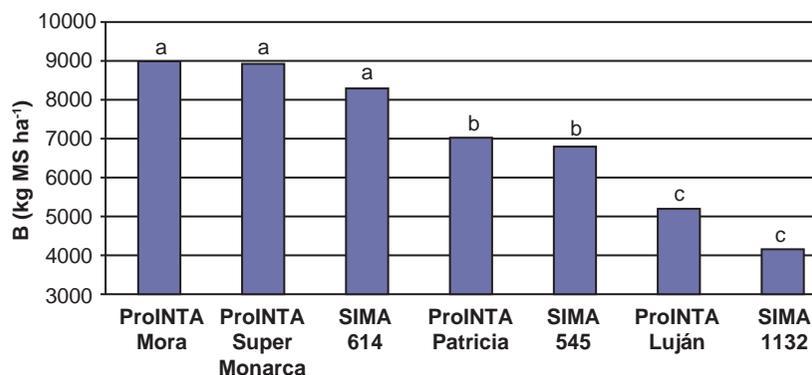
en donde N<sub>1,5</sub><sup>o</sup> es el número de individuos dentro de una determinada categoría; 1 a 5 son las categorías de daño; y n es el total de plantas (n) evaluadas en la población.

Los valores de IDG se interpretaron de la siguiente manera: < 1.40: no daño; 1.41 y 2.40: daño bajo; 2.41 y 3.00: daño moderado y entre 3.01 y 3.80: daño alto.

Para cada variable evaluada, se realizó un análisis de la varianza (ANAVA) y las medias se analizaron a través de test de comparaciones múltiples DGC (Di Rienzo, *et al.*, 2002), que realiza todas las comparaciones posibles de a pares. La medida de asociación entre las variables se estimó a través del coeficiente de correlación de Pearson (r). Los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoGen/P 2006i.1 Versión 1.0 (Balzarini *et al.*, 2005).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de B acumulada durante las dos temporadas de corte y para todos los materiales evaluados, se presentan en la figura 1. En líneas generales, las producciones de forraje fueron bajas y acordes a las condiciones de deficiencia hídrica durante ambas temporadas, con precipitaciones por debajo de la media anual para la zona. En el período 2008/2009 se realizaron cuatro cortes y, en 2009/2010, se realizaron cinco. Es interesante destacar que el rendimiento



**Figura 1.** Biomasa media acumulada (temporada 2008/2010) para cada población y testigo. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) prueba de comparaciones múltiples DGC.

Material	Medias	
ProINTA Super Monarca	3,80	a
SIMA545	3,79	a
SIMA614	3,55	a
ProINTA Luján	3,30	a
SIMA1132	3,29	a
ProINTA Patricia	3,26	a
ProINTA Mora	3,18	a

**Tabla 1.** Comparaciones múltiples DGC entre las medias de la variable IDG entre poblaciones y testigos.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

de biomasa aérea de la SIMA 614 no difirió estadísticamente del de los testigos sin reposo invernal ProINTA Mora y ProINTA Súper Monarca, que fueron desarrollados en base a un alto potencial de producción forrajera como principal criterio de selección. Por su parte, la SIMA 545 (si bien en un menor escalón de rendimiento que los anteriores) tampoco difirió del testigo ProINTA Patricia, un cultivar de reposo invernal intermedio de excelente comportamiento productivo en la Red Nacional de Evaluación de Cultivares del INTA (Spada, 2009). El buen comportamiento forrajero de estas dos poblaciones experimentales es consistente con lo señalado anteriormente por Odorizzi *et al.* (2008).

En la tabla 1 se presenta el análisis del daño de gorgojos (IDG) estimado para las dos poblaciones experimentales y para los testigos. El rango de IDG (3.18 a 3.80) indica que el complejo de gorgojos ocasionó daños altos en todos los materiales, sin haberse detectado diferencias entre ellos. En ese contexto, las SIMAs 545 y 614 ocuparon respectivamente el segundo y el tercer lugar en el ranking de se-

veridad de daño, muy cerca de ProINTA Súper Monarca, la más afectada por la plaga.

En la figura 2 se resumen las frecuencias de cada categoría de daño gorgojos (Cat) que se registraron en cada una de las poblaciones experimentales y de los testigos. En todos los materiales, la categoría 4 (daño severo) fue la más frecuente. Al igual que con el IDG, las SIMAs 545 y 614 y el testigo ProINTA Súper Monarca exhibieron la mayor cantidad de plantas con daños muy severos (Cat 5) y, complementariamente, las menores frecuencias de plantas sin daño (Cat 1) y daño leve (Cat 2).

Los valores de correlación lineal fenotípica de Pearson ( $r$ ) entre las variables B, IDG y Cat, para el conjunto de poblaciones y testigos evaluados, se presentan en la tabla 2.

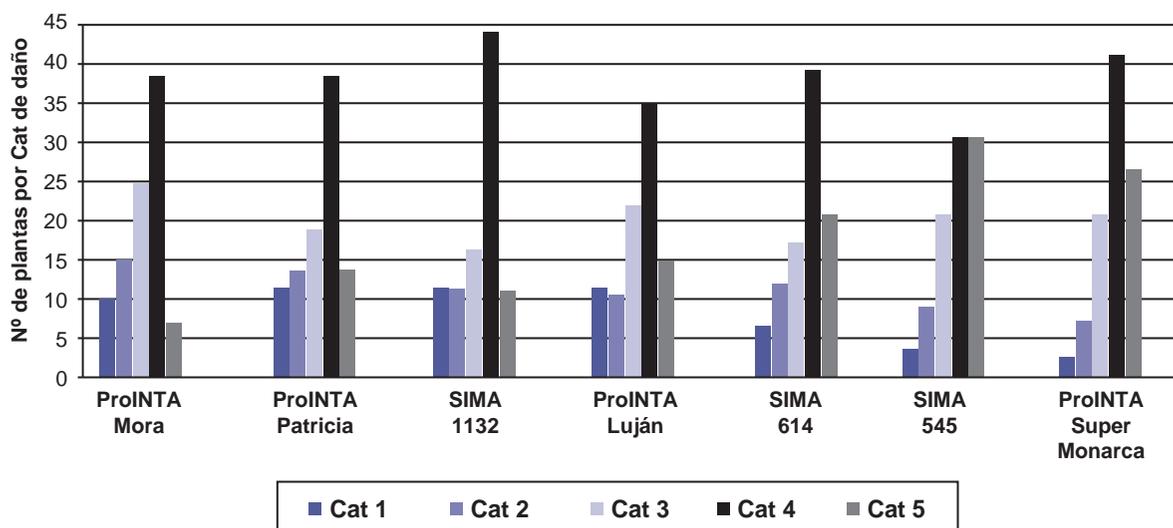
La producción de biomasa aérea (B) no se correlacionó ( $p > 0,05$ ) con las categorías de daño (Cat), ni con el índi-

Variables <sup>(†)</sup>	B	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5	IDG
<b>B</b>	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<b>Cat1</b>	-0,39	1	ns	ns	ns	**	**
<b>Cat2</b>	-0,05	0,32	1	ns	ns	*	**
<b>Cat3</b>	0,14	0,08	-0,20	1	ns	ns	ns
<b>Cat4</b>	-0,23	-0,19	-0,02	-0,28	1	ns	ns
<b>Cat5</b>	0,32	-0,60	-0,47	-0,32	-0,40	1	**
<b>IDG</b>	0,32	-0,87	-0,58	-0,29	0,02	0,87	1

**Tabla 2.** Correlaciones fenotípicas de Pearson para las variables en estudio entre poblaciones.

<sup>(†)</sup>B: biomasa media acumulada, Cat 1 a 5: categorías de daño de gorgojos, IDG: Índice de daño de gorgojos.

\*, \*\*, ns: significativo, altamente significativo y no significativo a los niveles de probabilidad 0,05 y 0,01, respectivamente.



**Figura 2.** Categoría de daño de gorgojos para cada población y testigo.

ce de daño de gorgojos (IDG). En un trabajo realizado por Romero (2004), que comparó en condiciones de secano el comportamiento de dos cultivares de alfalfa de raíz ramificada con un testigo pivotante, concluyó que la mayor expresión del carácter raíz ramificada y el menor daño de gorgojos de los dos primeros no se tradujeron en mayores rendimientos de biomasa aérea. No obstante, se aprecia una cierta tendencia a disminuir el rendimiento de materia seca a niveles de daño leve a severo, donde las correlaciones son en general negativas (si bien no significativas). Por el contrario, los mayores niveles de daño (Cat 5) registraron una correlación positiva con B, aunque sin alcanzar significancia estadística.

## CONCLUSIONES

Tanto el testigo ProINTA Súper Monarca como las SIMAs 545 y 614, que registraron los mayores IDG y la más alta frecuencia de plantas Cat 5, se ubicaron entre los materiales de más rendimiento de forraje. En ese contexto, podría inferirse que estas poblaciones poseen niveles considerables de tolerancia al daño de las larvas de gorgojos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARAGÓN, J. y IMWINKELRIED, J. 2007. Manejo integrado de plagas de la alfalfa. En: El cultivo de la alfalfa en la Argentina. D. H. Basigalup (Ed.) Buenos Aires: INTA, Cap. 9, p. 165-197.
- BALZARINI, M.; BRUNO, C.; ARROYO, A. 2005. InfoGen/P 2006p.1 Versión 1.0. Software para estadística genómica y aplicaciones en mejoramiento genético. Córdoba (AR): Universidad Nacional. Estadística y Biometría. Disponible en: [www.info-gen.com.ar](http://www.info-gen.com.ar)
- BARIGGI, C.; MARBLE, B.; ITRIA, C. y BRUN, J. (Eds.), 1986. Investigación, tecnología y producción de alfalfa. Colección científica del INTA, Tomo XXII, Buenos Aires, 488 pp.
- BASIGALUP, D. e HIJANO, E. 1995. Mejoramiento genético de la alfalfa. En: La alfalfa en la Argentina. Subprograma alfalfa. INTA Manfredi, .272 pp.
- BREWER, M.M. Y VARAS, D.L. 1975. Gorgojos de la alfalfa: Sistemática y curvas poblacionales de *Trichonaupactus densius* Hustache y *Priocyphus bosqi* Hustache (Col. Curculionidae). Phytos 34(88):41-56.
- DE DURANA, J. 1981. Establecimiento y manejo del cultivo de alfalfa en la región subhúmeda y semiárida pampeana. Boletín de divulgación. N.º 3 INTA Anguil. La Pampa. 68 pp.
- DI RIENZO J.A.; GUZMÁN, A.W. y CASANOVES, F. 2002. A multiple-comparisons method based on the distribution of the root node distance of a binary tree. Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics, 7 (2):129-142.
- GASSEN, D. 1996. Estrategias de manejo de plagas sobre plantío directo. En: IV Congreso Nacional de Siembra Directa, AA-PRESID. Villa Giardino, Córdoba. p. 253-278.
- HARCOURT, D.; ARAGÓN, J. y GONZÁLEZ, R. 1986. Plagas de la alfalfa. En: Bariggi, C., B. Marble, C. Itria y J. Brun (Eds.) Investigación, tecnología y producción de alfalfa. Colección científica del INTA, Tomo XXII, Buenos Aires, 488 pp.
- IMWINKELRIED, J.; ALBRECHT, R.; SALTO, C.; ZHEUDER, R. Y GALETTO, A. 1992. Implementación de una estrategia para el control integrado de plagas de la alfalfa en un área restringida de la provincia de Santa Fe. INTA-E.E.A. Rafaela (Arg.) Agronomía Inf. para Ext. N.º 151, 4 pp.
- ODORIZZI, A.; BASIGALUP, D.; AROLFO, V. y BALZARINI, M. 2008. Análisis de la variabilidad de caracteres de raíz en poblaciones de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con alto número de raíces laterales. Agriscientia, Vol. XXV (2): 65-73.
- PARODI, L. 1964. Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería. Ed. Acme, Buenos Aires, 2 (2): 775 pp.
- ROMERO, N. 2004. Evaluación a campo de variedades de alfalfas con raíz ramificada. En: Investigación en producción animal 2002-2003. Región subhúmeda y semiárida pampeana. Bol. Div. Téc. N.º 79. p. 45-54.
- SPADA, M. 2009. Avances en Alfalfa. Ensayos territoriales. E.E.A. Manfredi-INTA. Año 19 N.º 19, 73 pp.
- SULC, R. y RODES, L. 1997. Planting date, fungicide and cultivars effect on Sclerotinia crown and stem rot severity in alfalfa. Plant. Dist 81: 13-17p.
- TODD, J. 1968. Laboratory evaluation of insecticides against white-fringed weevil (*Graphognatus leucoloma*). J. Agric. Research. 11: 903-910.

## Lista de evaluadores 2014 (RIA, Vol. 40)

---

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.

Adriana Soutullo	Hernán Bongioanni
Alejandro Constantini	Hugo Von Bernard
Alejandro Javanovski	Jaume Lloverás
Alicia Gamboa	Jordi Voltas
Alicia Gamboa De Buen	Jorge Nazralla
Ana. B. Guarnaschelli	Jorge Toledo
Ana María Folcia	Juan Igancio Rattalino Edreira
Andrea Rodríguez	Leonor Deis
Beatriz Pugliese	Liliana Gray
Bertha Baldi	Lucía Vignoni
Carlos Ghida Daza	Luciana Ghermandi
Carlos Luders	María Catena
Claudina Vissio	María Eugenia Van Den Bosch
Edgar Cerchiai	María Inés Moyano
Edith Obschatko	Mariana Combina
Elizabeht Jacobo	Mirna Mosciaro
Eloisa Ferro	Pablo Liedo
Emilio Hernández Ortiz	Paula Olaizola
Fernando Biganzoli	Pilar Vilaríño
Gabriela Lucero	Roberto Borgo
Guillermina Fagundez	Roberto Fernández
Guillermo Berra	Raúl Fernández González
Gustavo Ferraris	Sergio Castellanos

**Evaluación de condiciones de proceso y conservación en la calidad de mandarina Satsuma**

Bello, F.; Panozzo, M.; Almirón, N.; Vázquez, D.

**Rendimiento de grano y eficiencia en el uso del agua en maíz bajo riego complementario con agua salina**

Saenz, C.A.; Gómez Hermida V.F.; Frigerio, K.L.; Morabito, J.A. Terenti, O.A.; Cortés M.P.

**Potencialidad de especies y procedencias de *Cedrela* para el establecimiento de plantaciones sustentables en diferentes ambientes del Noroeste Argentino**

Grignola, J.; Acreche, M.; Di Rienzo, J.; Gatto, M.; Fornes, L.

**Emisión de gases en un sistema ganadero intensivo**

Guzmán, M.L.; Veneciano, J.H.; Sager, R.L.

**Análisis fisiológico de la aplicación del sistema de secado de uvas en parrales con ahorro de jornales en cosecha**

Espíndola, R.S.; Ferreyra, M.; Pringles, E.; Battistella, M.

**Respuesta biológica y poblacional de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) sobre ocho cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) en condiciones de laboratorio**

La Rossa, F.; Vasicek, A.; López, M.; Bosco, N.; Imperiale, P.; Bainotti, C.

**Fertilización nitrogenada en *Festuca arundinacea* Schreb. para producción de semilla con riego en el norte de Buenos Aires, Argentina**

Bazzigalupi, O.; Bertín, O.D.

**Propiedades bioactivas y nutricionales del polen apícola de la provincia de Chubut, Argentina**

Aloisi, P.V.; Ruppel, S.

**Sustentabilidad económica de sistemas ganaderos representativos y mejorados en la zona ganadera homogénea de la región mesopotámica argentina**

Calvi, M.; Rodríguez, M.I

**Índice de daño de gorgojos y rendimiento de forraje en poblaciones de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con alto número de raíces laterales**

Odorizzi, A.; Arolfo, V.; Basigalup, D.



Ministerio de  
Agricultura, Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria  
Rivadavia 1439 (C1033AAE) - Buenos Aires