



## Pérdida y Desperdicio

Estrategias para salvar el tercio  
de alimentos que se desaprovechan  
en el mundo

### 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. 39 / N.º 3 /  
Diciembre 2013, Buenos Aires, Argentina

**Propiedad Intelectual**  
Propiedad Intelectual N.º 5096363 – 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

Artes Gráficas Papiros  
4921-0982/84/86  
[www.papiros-sa.com.ar](http://www.papiros-sa.com.ar)

#### MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL INTA

**Vicepresidente a cargo:**  
Ing. Agr. Francisco Anglesio

**Consejeros Nacionales:**  
Méd. Vet. Daniel Gustavo Garello MAGyP  
Ing. Agr. Oscar Arellano - Facultades de Agronomía  
Dr. Eduardo Eliseo Baroni - Facultades de Cs. Veterinarias  
Ing. Agr. Horacio 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 Administración CPN  
Lic. Rosendo Tarsetti

**Coordinadores Nacionales:**  
CN de Transferencia y Extensión  
Ing. Agr. Julio Catullo

CN de Investigación y Desarrollo  
Dra. Norma Pensel

CN de Vinculación Tecnológica  
Ing. Adolfo Luis Cerioni

#### COMITÉ EDITORIAL

**Presidente:**  
Dr. Carlos Di Bella - INTA

**Vocales:**  
Ing. Agr. Jorge Mariotti - INTA  
Dr. Eduardo Baroni - UNL  
Dr. Rafael Fernández - UNCuyo  
Dr. Emilio Satorre - UBA  
Dr. Carlos Scoppa - ANAV  
Dr. Roberto J. Fernández Aldúncin - UBA

#### COMITÉ ASESOR

Ing. Agr. M.Sc. María Eugenia Beget - INTA  
Med. Vet. M.Sc. Ana María Canal - UNL  
Dra. Luciana Couso - UBA  
Dra. Sandra García Lampasona - INTA  
Dra. Betina Kruk - UBA  
Ing. Agr. M.Sc. Alejandro Rago - INTA  
Dr. Miguel Ángel Taboada - INTA  
Lic. Gabriela Marina Iturrioz - INTA  
Lic. Marta Zulema Galván - 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:  
Dr. Ricardo Sager  
Ing. Agr. Cristian Zuchini

**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

## Pérdidas y desperdicios

Las pérdidas y desperdicios en la producción y el consumo de alimentos se han transformado en un tema de gran preocupación a nivel mundial. Si bien en nuestro país existen escasos datos al respecto, se estima que en América Latina las pérdidas y desperdicios llegan en promedio a valores de alrededor de 220 kg/año/persona, la gran mayoría de ellos generados en las etapas que van desde la producción a la venta minorista, y solo una menor proporción al consumo.

En algunas cadenas, como la de las frutas y hortalizas, las pérdidas superan el 50%, siendo las etapas de producción, postcosecha y procesamiento responsables de aproximadamente el 80% de esta cantidad. Las causas de estas pérdidas son variables, dependiendo en mayor medida del sector productivo (cadena) y del país que se considera, presentándose variaciones importantes entre países industrializados y en vías de desarrollo. Dentro de este último grupo, un alto porcentaje de las pérdidas se generan en la etapa productiva por cuestiones como momentos de cosecha inadecuados o falta de una infraestructura apropiada de transporte y conservación. En gran medida, esto también tiene un componente cultural, ya que es común que se considere más “económico” y factible el descarte que el desarrollo y la implementación de tecnologías de aprovechamiento de subproductos. Otras cuestiones como la falta de un mercado para productos sub-estándar (por ejemplo, con defectos cosméticos, de forma o tamaño) también contribuyen al problema.

En este sentido, es importante generar un clima que favorezca las inversiones y organización necesarias para abordar este problema. Como una muestra de los esfuerzos que se están realizando a nivel internacional, la FAO ha venido trabajando en la implementación una interesante estrategia denominada “Save Food”, cuyo objetivo es reducir las pérdidas y desperdicios desde un enfoque de las cadenas, para lo cual considera aspectos sociales, culturales, la realización de estudios de factibilidad, y la difusión de información relacionada, lo cual contribuirá tanto a la producción como al consumo responsable de alimentos. Los elementos técnicos considerados en ese programa son el desarrollo de tecnologías y de infraestructura que contribuya al desarrollo de una agroindustria sustentable, la mejora en aspectos de manipulación, empaque y logística, y el diseño de mecanismos financieros que se adapten a las circunstancias particulares de cada país.

En consonancia con esto, el INTA ha venido trabajando en la temática en distintos proyectos, lo cual será profundizado en la nueva cartera programática en vigencia desde mayo de 2013. Algunos de los temas

focalizados, más allá de aquellos relacionados con la reducción, son los vinculados al aprovechamiento de las pérdidas y desperdicios en las etapas de producción y procesamiento, ya sea para la generación de bioenergía, la producción de alimento animal, o la recuperación de componentes para ser utilizados en la industria alimenticia.

Un caso emblemático en este último punto es el de la cadena láctea. Si bien en esta cadena las pérdidas llegan aproximadamente a un 20%, lo cual puede considerarse como bajo en comparación con otros sectores, cuando se considera en términos cuantitativos, los valores son igualmente impactantes. Un ejemplo claro de esto en Argentina es la cadena del queso, la cual genera como co-producto el lactosuero. La cadena láctea produce 11.500 millones de litros por año, de los cuales el 48% es transformado en quesos. Esto genera aproximadamente unos 4.200 millones de litros de lactosuero por año, de los cuales menos de la mitad es industrializado por unas pocas empresas. En este sentido, el gran desafío es el desarrollo de tecnologías que permitan obtener distintos subproductos comercializables, muchos de ellos de alto valor agregado, como los concentrados e hidrolizados proteicos, la biomasa en forma de levaduras o bacterias lácticas, y distintas enzimas de uso en la industria de alimentos.

Además de la cadena láctea, también se trabaja en la búsqueda de alternativas de aprovechamiento de los efluentes de la industria olivícola, y en residuos de distintos tipos de industria, para lo cual deben ser desarrolladas y/o adaptadas las tecnologías necesarias de extracción, concentración y estabilización de los productos obtenidos.

A su vez, con el objetivo de minimizar pérdidas, el INTA también trabaja en la adaptación y optimización de tecnologías de preservación de alimentos, las cuales, además de asegurar la inocuidad de los alimentos, permiten extender la vida de los mismos. En este sentido, en las carteras de proyectos institucionales anteriores y en la actual se trabaja en tecnologías de preservación térmicas (secado, pasteurización, esterilización, etc.) y no térmicas (altas presiones hidrostáticas, radiaciones UV, tecnologías de obstáculos – películas, compuestos conservantes, atmósferas, refrigeración-, deshidratación osmótica, etc.), aplicadas a diferentes productos: frutihortícolas, carnes y productos cárnicos y lácteos, entre otros. En conclusión, esta temática nos desafía a utilizar o generar las capacidades en ciencia y tecnología necesarias para lograr la mayor eficiencia posible por cada unidad de recurso natural invertido en la producción de un alimento.

## Actualidad en I+D

### Editorial

#### 216 Pérdidas y desperdicios

La producción y el consumo de alimentos se transformó en un tema de gran preocupación a nivel mundial por los derroches que se generan.

### Notas

#### 222 Recursos naturales en su mesa

Durante la cosecha y poscosecha se pierden más de la mitad de los alimentos. Opciones tecnológicas que reducen la huella alimentaria.



#### 229 El secreto para ganarle a las pérdidas

Durante el procesamiento de alimentos se generan pérdidas. Existen soluciones a largo plazo para enfrentarlas.

#### 234 Desperdicios: el rol del consumidor

La toma de conciencia y el cambio de hábitos serán clave para reducir los desechos de alimentos.

#### 240 “Ningún alimento debe ser desperdiciado”

Natalia Basso, del Ministerio de Agricultura, propone reducir la huella alimentaria en las distintas etapas de la cadena.



#### 244 Pastillas

Un breve resumen de las noticias más sobresalientes.

## Trabajos

### Comunicación corta

#### 245 Fauna benéfica en cerezos

Bado S.G.; Blum, R.; Santos, M.E.

### Artículos

#### 250 Micorrizas y rendimiento de soja

Clua, A.; Olgiati, J.; Beltrano, J.

#### 259 Indicadores económicos y ambientales

De Prada, J.D.; Gil, H.A.; Pereyra, C.I.; Becerra, V.H.

#### 267 Festuca alta en verano y otoño

Insúa, J.R.; Di Marco, O.N.; Agnusdei, M.G.

#### 273 Chinche para controlar plagas en frutilla

Lefebvre, M.G.; Reguilón, C.; Kirschbaum, D.S.



#### 281 Huella de Carbono en panificación

Sirotiuk, P.V.; Viglizzo, E.F.

#### 290 Características de huevos y pollitos Cobb 500

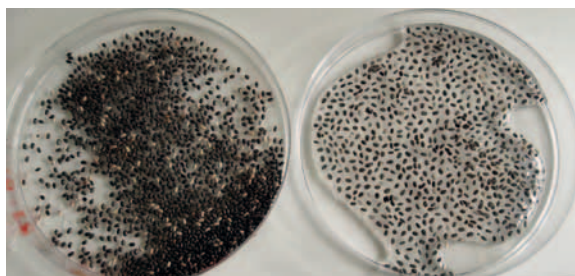
Yuña, M.; Bakker, M.; Cepeda, R.; Marinelli, C.; Malacalza, F.

#### 297 Análisis de la actividad vitícola

Espíndola, R.S.; Barrera, M.R.; Barrera, A.M.

#### 305 Chía para leche funcional

Martínez, G.M.



#### 312 Inoculación de *F. verticillioides* en maíz

Poulsen Hornum, M.; Ridao, A. del C.; Castaño, F.



## El impacto oculto del desecho

Más de la mitad de los desechos del mundo se pierden en las primeras etapas de la producción, lo que significa que por cada producto alimenticio que no se consume se desaprovechan nutrientes, agua y energía. El oficial de Agroindustrias de la FAO, Robert Van Otterdijk, asegura que "las razones de las grandes pérdidas de alimentos están asociadas con fallas en su ciclo de producción, después de ser cosechados se echan a perder, se descartan por diferentes motivos y nunca llegan a la etapa del producto final". Para reducir la huella alimentaria, el INTA desarrolla tecnología y técnicas para ajustar los procesos. **(Actualidad en I+D p. 222)**



## Procesar las pérdidas

Según un informe de la FAO, el 40 por ciento de las pérdidas de alimentos en los países en desarrollo se produce durante la poscosecha y el procesamiento. En la Argentina se plantean diversas soluciones para el aprovechamiento de subproductos de la industria a la vez que se estudian tecnologías de preservación para asegurar la inocuidad y extender la vida útil de los alimentos.

A su vez, el agregado de valor en origen se percibe como una solución posible para evitar pérdidas y desarrollar las economías regionales. Para ello, los recursos humanos altamente capacitados serán cumplirán un rol fundamental. **(Actualidad en I+D p. 229)**

## Consumidores y derroches

El desperdicio per cápita de alimentos por consumidor en Europa y América del Norte es de 95 a 115 kilogramos por año, mientras que en el África subsahariana y en Asia meridional y sudoriental esta cifra representa sólo de 6 a 11 kilogramos por año. Falta de planificación, excedentes en las comidas y deterioro de los productos mal conservados son algunas de las causas. En un mundo en el que se debate cómo alimentar a una población mundial de 9.100 millones de personas en 2050, despilfarrar el tercio de lo producido es una contradicción. Esto abre un nuevo debate: ¿Debemos producir más o desperdiciar menos? **(Actualidad en I+D p. 234)**

## "Sin desperdicios"

El Ministerio de Agricultura de la Nación, trabaja fuertemente en la educación alimentaria en nutrición, inocuidad y rotulado de alimentos envasados. Además, busca reducir la huella alimentaria, el principal indicador del impacto ambiental de las pérdidas y los desperdicios que se generan en el mundo.

"Reducir las pérdidas de alimentos a nivel de la producción industrial es una gran oportunidad para las empresas, no sólo por la consecuente disminución de los costos totales de producción, sino también los costos de disposición final y sobre todo el impacto ambiental", asegura Basso de la Dirección de Agroalimentos. **(Actualidad en I+D p. 240)**

## Fauna benéfica en cerezos

Conocer los agentes benéficos asociados a un cultivo forma parte de los aspectos básicos que deben tenerse en cuenta para establecer estrategias de control biológico. El trabajo brinda información acerca de los enemigos naturales en dos cultivos de cerezo en la Región Patagonia Sur donde no se emplean agroquímicos. Se desarrollaron monitoreos semanales para recolectar predadores y parasitoides. Se obtuvieron más de 170 individuos, entre los cuales el 70 por ciento pertenece a las familias Braconidae, Ichneumonidae y Chalcididae que poseen reconocida acción como agentes de biocontrol.

**(Actualidad en I+D p. 245)**



## Micorrizas y rendimiento de soja

La problemática de la fertilidad de suelos es propia de la producción agrícola. Por eso, hay un creciente interés de desarrollar biofertilizantes, ya que el aporte de la fertilización no es suficiente y es necesario buscar alternativas más limpias y menos costosas para suministrar nutrientes a las plantas.

En esta investigación se inocularon *Bradyrhizobium japonicum* y hongos formadores de micorrizas arbusculares sobre un cultivo de soja, y se determinó que la doble inoculación incrementa la altura de las plantas, el diámetro de los tallos y la acumulación de materia seca.

**(Actualidad en I+D p. 250)**

## Indicadores económicos y ambientales

El impacto de las actividades humanas sobre el ambiente motivó un cambio en las políticas de Estado, razón por la cual se comenzó a incorporar la cuestión ambiental en la toma de decisiones. Así, la Evaluación de Impacto Ambiental es el instrumento preventivo de gestión incorporado por el Estado para evaluar las alteraciones que inducen las inversiones sobre el ambiente y mitigar los posibles efectos indeseados.

Este trabajo propone incluir el análisis beneficios-costos y la valoración económica de las externalidades en los estudios de impacto ambiental de proyectos de inversión, en forma complementaria a los estudios ecológicos y sociales.

**(Actualidad en I+D p. 259)**

## Huella de Carbono en panificación

Las cadenas alimentarias son responsables de una gran parte de las emisiones totales de Gases de Efecto Invernadero (GEI). La Huella de Carbono (HC) representa un indicador para cuantificar la cantidad total de emisiones de GEI causadas por una actividad o las acumuladas durante la vida o etapas de un producto. El trabajo buscó estimar la HC del proceso de panificación incluyendo las etapas de producción primaria, molienda, panificación, consumo y los transportes del trigo y de la harina y, además, compararla con respecto al pan producido en Brasil y China, en función de las matrices energéticas de cada país.

**(Actualidad en I+D p. 281)**

## Análisis de la actividad vitícola

Más del 70 por ciento del cultivo de la vid en San Juan se destina a la vinificación y la mitad de los viñedos tienen cerca de cinco hectáreas y están caracterizados por una falta de rentabilidad, bajos rendimientos y calidades. Por esa razón, su industrialización es una actividad que genera valor agregado y es considerada una alternativa para el desarrollo económico de las familias rurales.

Este trabajo busca caracterizar socio-culturalmente al sector elaborador de vinos caseros, armar una tipología, determinar formas de comercialización y las principales limitantes de la actividad para elaborar estrategias que beneficien al sector.

**(Actualidad en I+D p. 297)**

## Festuca alta en verano y otoño

La festuca alta es una gramínea perenne que se adapta muy bien a suelos de baja aptitud agrícola. No obstante, esta especie rústica de excelentes características productivas puede disminuir drásticamente su calidad nutritiva en primavera avanzada y verano.

En este trabajo se evaluó el efecto de la morfogénesis y estructura foliar en la calidad de láminas de rebrotes de verano y otoño, y se determinó que ambas estaciones difirieron en variables de morfogénesis, estructura y calidad. Asimismo, las diferencias en digestibilidad de la materia seca estuvieron asociadas al efecto del largo foliar sobre la fibra detergente neutro y su digestibilidad.

**(Actualidad en I+D p. 267)**



## Chía para leche funcional

La leche de cabra es considerada un alimento con características beneficiosas para la salud humana, ya que su composición en ácidos grasos (AG) es uno de los parámetros con mayor influencia sobre su valor funcional. Un ejemplo, es su bajo contenido de caseína alfa 1 que es una proteína asociada a alergias en los seres humanos.

Este trabajo tuvo como objetivo conocer los cambios inducidos en el perfil de AG y en el índice de aterogenicidad (IA) de la leche mediante la suplementación estratégica con alimentos de bajo costo como las semillas de chía (*Salvia hispanica*) en cabras lecheras en pastoreo.

**(Actualidad en I+D p. 305)**

## Chinche para controlar plagas en frutilla

Tucumán es la principal provincia exportadora de frutilla de Argentina. Entre sus amenazas bióticas se destacan los trips como uno de los enemigos naturales más importantes que atacan hojas, flores y frutos.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la chinche de la flor (*Orius insidiosus*) como agente de control biológico de trips en la variedad "Festival". La chinche tuvo un efecto positivo en el control de ninfas y adultos de las especies de trips presentes. *O. insidiosus* se considera promisorio como recurso amigable con el medio ambiente para el control de plagas en cultivos de frutilla en el noroeste argentino.

**(Actualidad en I+D p. 273)**

## Características de huevos y pollitos Cobb 500

Las líneas genéticas utilizadas en la industria avícola provienen de compañías extranjeras y los parámetros productivos han sido obtenidos en condiciones experimentales en sus países de origen, por esta razón, las empresas avícolas requieren información de experiencias a campo en condiciones ambientales locales. El objetivo de este trabajo fue evaluar las características físicas del huevo incubable y de los pollitos nacidos de reproductores pesados Cobb 500 de entre 28 y 65 semanas de edad, en tres incubadoras con diferente humedad relativa, y comparar esos resultados obtenidos con los valores estándares para la línea genética.

**(Actualidad en I+D p. 290)**

## Inoculación de *F. verticillioides* en maíz

El maíz, segundo cereal de importancia después del arroz, es utilizado para alimentar humanos y ganado. En la última década, la Argentina incrementó su producción de 15.044.529 a 32.119.211 t en 2012/13. Este volumen ubica al país en los primeros puestos como exportador.

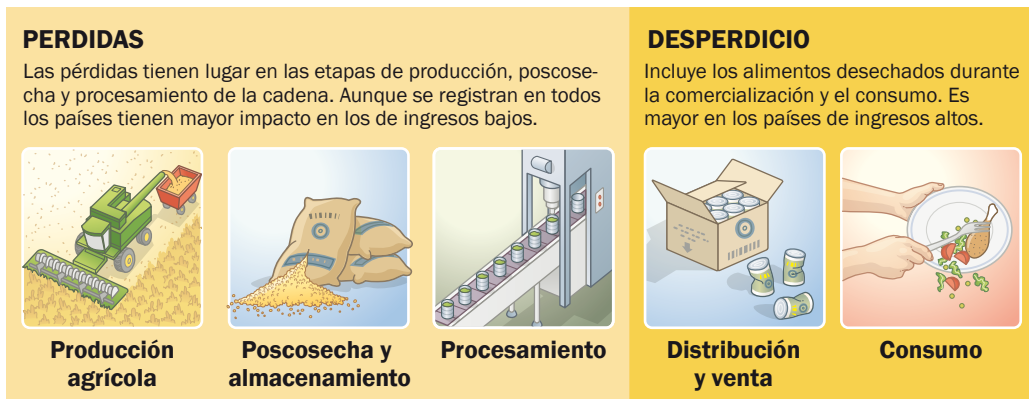
Varias especies de *Fusarium* son los patógenos más comunes y, debido a las condiciones ambientales que le favorecen, *F. verticillioides* es la especie más importante en la región maicera en Argentina. Se compararon técnicas de inoculación de *F. verticillioides* en espigas de maíz mediante el comportamiento de 15 cultivares frente a la incidencia y severidad de la podredumbre.

**(Actualidad en I+D p. 312)**

# Pérdida y desperdicio de alimentos en el mundo

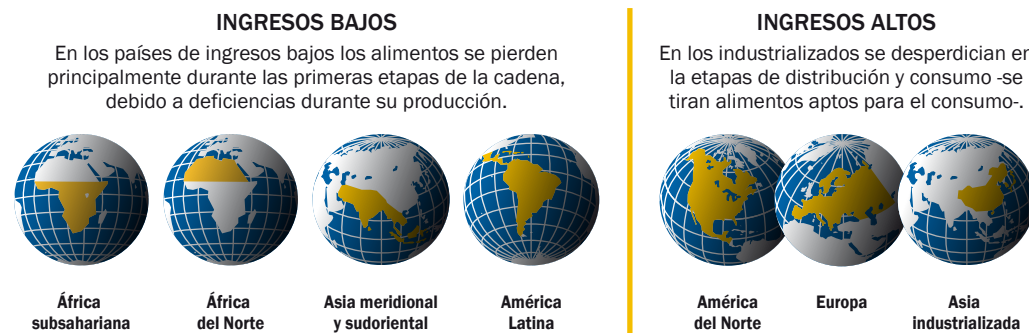
**CUÁNDO, CÓMO**

## Cadena de suministro de alimentos



**DÓNDE, QUIÉNES**

Si bien la pérdida y el desperdicio de alimentos existe en todas las regiones en diferentes niveles, se observó la siguiente tendencia:



	<b>CARNES</b>	Muertes durante la cría (bovinos, cerdos, aves, etc.)	Muertes durante el transporte al matadero y animales que se desechan en éste.	Derrames en el desbarbado durante la matanza y el procesamiento industrial.	Desperdicio en el sistema de mercado, por ejemplo, en mercados mayoristas, supermercados, vendedores minoristas o mercados tradicionales.	Pérdidas y desperdicio durante el consumo en el hogar y otros lugares, que provienen principalmente del comportamiento del consumidor.
	<b>PESCADO</b>	Peces que se desechan durante la pesca.	Derrames y deterioro durante el enhielado, transporte y tras la descarga.	Pérdidas en los procesos industriales, como el enlatado o el ahumado.		
	<b>LECHE Y DERIVADOS</b>	Disminución de la producción ocasionada por la mastitis en vacas lecheras.	Derrames y deterioro durante el transporte entre la granja y la distribución.	Derrames y pérdidas durante el tratamiento industrial y la transformación en derivados.		
	<b>PRODUCTOS VEGETALES</b>	Daños mecánicos y derrames durante la cosecha, la separación de cultivos, etc.	Derrames y deterioro durante el manejo, almacenamiento y transporte.	Derrames, deterioro y descartes durante el procesamiento industrial o doméstico.		

**QUÉ HACER**

En la **Argentina** sólo se consume la mitad de las frutas y hortalizas que se cosechan, el **INTA** impulsa diversas estrategias que brindan soluciones eficaces que reducen las pérdidas:

Capacitación en buenas prácticas de manejo de cosecha y poscosecha para mantener su calidad y condición.	Tratamientos antifúngicos y control de alteraciones fisiológicas para preservar la calidad y aumentar su vida útil.	Tecnologías de transformación, preservación y derivación para su aprovechamiento en otra producción.	Campañas de concientización y reutilización de los residuos mediante la elaboración de compostaje o abono orgánico y biodigestión anaeróbica de los residuos domiciliarios.
--	---	--	---

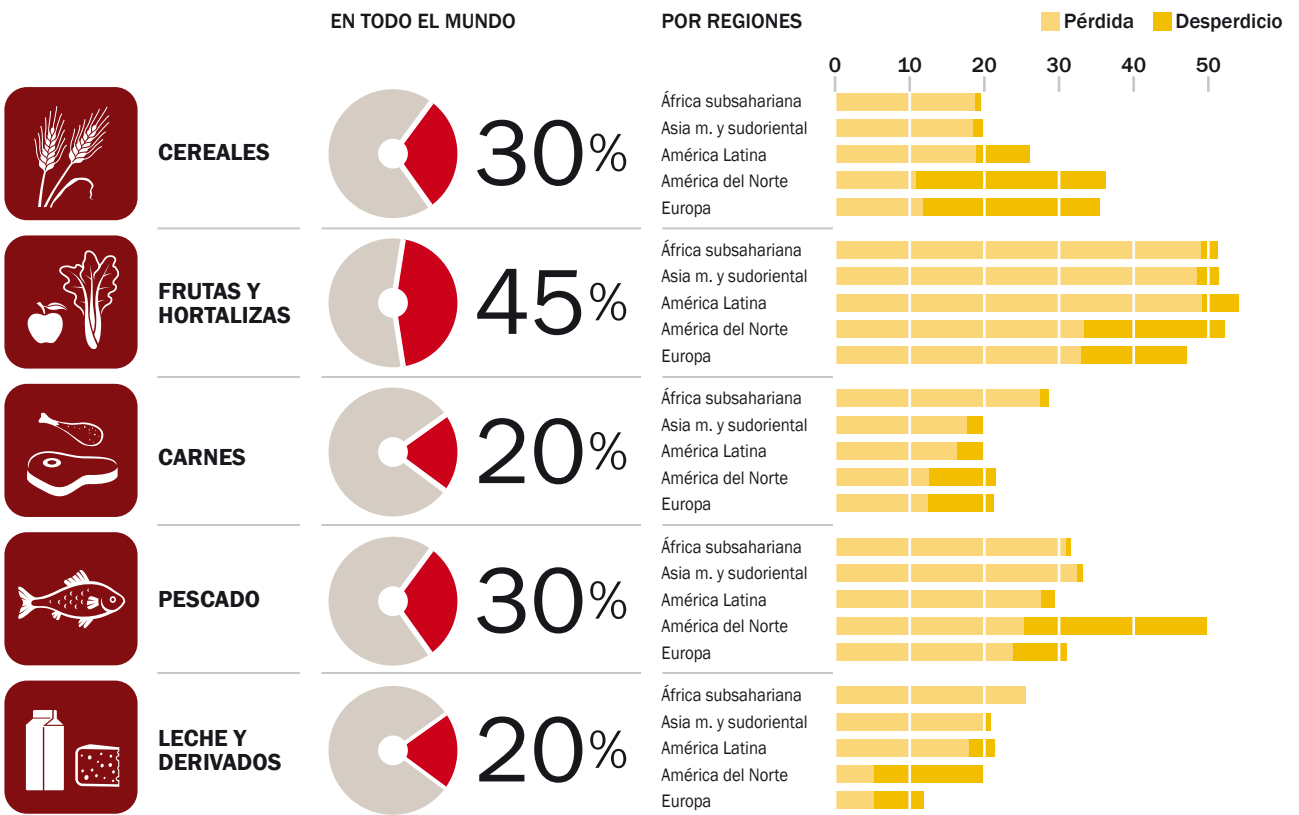
Las pérdidas y desperdicio de alimentos representan una oportunidad no utilizada para alimentar a una población mundial cuyo número va en aumento; también conllevan un elevado coste ambiental puesto que la calidad de las tierras, el volumen de los caudales de agua y la biodiversidad están sufriendo menoscabos.

# 1.300 millones de toneladas



**La tercera parte de los alimentos producidos en todo el mundo se pierde o desperdicia.**

**% de la producción total de cada alimento que se pierde y se desperdicia**



INFOGRAFIA: producción Revista RIA - INTA



MÁS PÉRDIDAS, MENOS ALIMENTOS

# Recursos naturales en su mesa

Por cada producto alimenticio que no se consume se desaprovechan nutrientes, agua y energía. La clave es ajustar las prácticas mediante la innovación para reducir la huella alimentaria. El INTA aporta tecnología y técnicas de eficiencia en cosecha y poscosecha que evitan mermas en la cadena.

Por Florencia Castilla



Detrás de cada alimento que se encuentra en una góndola hay un largo proceso recorrido desde el campo a la mesa de los consumidores. Cuando se descartan restos de comida o productos que no cumplen con requisitos de calidad... ¿se piensa en el impacto en vano que esa producción generó sobre los recursos naturales involucrados? Lo cierto es que las pérdidas de alimentos también se registran en las diferentes etapas de ese proceso y las instancias de cosecha, manipulación y almacenamiento en poscosecha son

responsables de más de la mitad de los desechos en el mundo.

En este sentido, la búsqueda de tecnologías que vuelvan más eficientes los procesos productivos representa una **oportunidad** para que, al tiempo que se evitan las pérdidas, se apliquen sistemas de manejo de cultivos con una lógica de bajas emisiones de carbono y un uso racional de los recursos.

Consultado por la Revista RIA, el oficial de Agroindustrias de la Organización de las Naciones Unidas para

la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), Robert Van Otterdijk, asegura que "las razones de las grandes pérdidas de alimentos están asociadas con fallas en su ciclo de producción, después de ser cosechados se echan a perder, se descartan por diferentes motivos y nunca llegan a la etapa del producto final".

El **costo ambiental** ocasionado por estas pérdidas, además de repercutir en la disminución de la calidad de las tierras cultivables y en el volumen de los caudales de agua, ocasionaría





## ALTERNATIVAS QUE CONSERVAN

Para combatir las alteraciones patológicas provocadas por organismos vivos en cítricos, desde el INTA se desarrollan tratamientos alternativos que reduzcan el uso de fungicidas y preserven la calidad de los frutos. Los investigadores recomiendan controlar la principal causa de podredumbre mediante baños de agua caliente a 50 °C durante un minuto con la adición de fungicida, a dosis de 500 ppm, que son efectivos y no se producen manchas o escaldaduras en los frutos. El patógeno *Penicillium digitatum*, conocido como “moho verde” es el más común y produce graves alteraciones en los cítricos ya que “basta que exista una pequeña herida en los frutos para que ingrese y comience el proceso de podredumbre: se ablanda el tejido del fruto y se forma una estructura blanca sobre la corteza donde están presentes los conidios, que equivalen a las semillas del hongo, y que son de color verde”, explica el investigador del programa Frutales del INTA Concordia, Daniel Vázquez.

Ante el temor por pérdidas de partidas afectadas por el moho verde se aumentan las dosis de fungicidas recomendadas, lo que genera cepas del hongo más resistentes. Por eso, Vázquez, destaca la importancia de combinar esas sustancias con otras más seguras como el bicarbonato o el agua caliente que sirven como complementos y son “amigables con el ambiente, no dejan residuos, son efectivos y disminuyen los riesgos de resistencia al tratamiento”, agregó.

contaminación por los descartes alimenticios que no se destinan a producciones secundarias y alteraría los servicios ecosistémicos.

En esa línea, el coordinador del Programa Nacional Frutales del INTA, Enrique Sánchez, explica que “cuando se desecha parte de la producción, los **insumos** que se utilizaron para obtenerla fueron malgastados. En estos casos, el contenido mineral que los alimentos extraen del suelo y el consumo del agua, son capitales que se desaprovechan”.

En América Latina y el Caribe, las principales pérdidas se producen en la cadena de las **frutas y hortalizas** (72 por ciento) y le siguen los **cereales** (23 por ciento) debido a causas variadas que incluyen desde la falta de precisión en la programación del calendario de cosecha hasta el uso de técnicas y equipos inadecuados en la recolección y el almacenamiento.

En ese sentido, Van Otterdijk, quien también dirige la iniciativa Save Food!, considera que “a pesar de que las tecnologías para la reducción de pérdidas

en poscosecha están ampliamente disponibles, la principal debilidad es el buen uso y su gestión y manejo”, para lo cual sería importante **capacitar** y formar a los usuarios para un mejor aprovechamiento de la producción.

**Doble despilfarro: producción y recursos**

Mientras el mundo se preocupa por incrementar la productividad de la agricultura y generar alimentos para la población creciente, un tercio de lo producido con ese propósito se desecha por falta de consumo y eso genera una **presión innecesaria** sobre los **recursos naturales**.

Según un informe de la FAO, en el 2007 se utilizaron casi 1.400 millones de hectáreas de tierras para producir alimentos que no se consumieron, lo que generó una degradación de los suelos cultivados que hoy representa uno de los mayores desafíos a revertir.

En la Argentina, el 75 por ciento del territorio pertenece a las regiones áridas y semiáridas que poseen ecosistemas frágiles proclives a la desertificación y el otro 20 por ciento está afectado por procesos de erosión hídrica y eólica que perjudican alrededor de 60 millones de hectáreas.

Frente a este panorama, la **clave** estaría en dejar atrás prácticas como la agricultura intensiva, que generan erosión, salinización y pérdida de nutrientes para dar paso a sistemas de producción sostenibles y eficientes que controlen esos procesos, mejoren el balance de carbono mediante rotaciones de cultivos y eviten las perturbaciones mecánicas del suelo.

La agricultura es la actividad que utiliza mayor cantidad de **recursos hídricos** porque consume alrededor del 70 por ciento del agua a escala mundial, ya sea de la lluvia (denominada agua verde) o de los ríos, lagos y acuíferos (agua azul).

En este sentido, los estudios sobre su utilización permiten tomar conciencia del agua que insume cada producción y que se desecha cuando los alimentos no son consumidos. La “huella hídrica”, es un indicador de empleo de agua dulce que no sólo representa el uso directo, sino que también hace referencia a su empleo indirecto en los diferentes

procesos que atraviesa un producto desde el campo hasta la góndola.

Al respecto, Sánchez remarca que “basta con recordar que sólo el 0,5 por ciento del agua del planeta es dulce para darse cuenta del valor que tiene, fundamentalmente porque todo lo que sale del huerto y se vende, ya no se recicla”.

Los cereales, la fruta y la carne son los productos con mayor **huella hídrica**. Para obtener un kilogramo de carne se necesitan casi 15 mil litros de agua, mientras uno de trigo consume mil y uno de manzanas requiere 400, sólo de la planta (cifra que aumenta en procesos posteriores de la cadena).

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), en promedio, la cantidad de agua necesaria para producir alimentos es de aproximadamente **mil veces** el peso de la comida en sí.

Pero, a su vez, hay que tener en cuenta las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (**GEI**) que se generan en vano, ya que en las distintas etapas de la producción se emplea energía fósil (ya sea para la cosecha

**EN EL 2007 SE UTILIZARON CASI 1.400 MILLONES DE HECTÁREAS DE TIERRAS PARA PRODUCIR ALIMENTOS QUE NO SE CONSUMIERON (FAO).**





**“MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DISPONIBLE, LAS PÉRDIDAS PODRÍAN REDUCIRSE EN UN 20 POR CIENTO” (M. BRAGACHINI).**

mecanizada, el riego, el enfriamiento y el transporte) que se suman a las emisiones generadas cuando los alimentos son descartados en vertederos y se descomponen de forma anaeróbica.

#### **Para conservarte mejor**

De acuerdo con el especialista en Tecnologías de Preservación de Alimentos y de Aprovechamiento de Subproductos del INTA, Gustavo Polenta, en la Argentina sólo se consume la mitad de las frutas y hortalizas que se cosechan y, en el caso de los cereales, apenas un cuarto de su producción. Para disminuir esta cifra, desde el organismo se desarrollan tecnologías y tratamientos que permitan alargar la **vida útil** de los alimentos y disminuir la actividad de los microorganismos que pueden acelerar su caducidad.

Para el caso de los cereales, el retraso en el momento del inicio de las cosechas, las mermas por inclemencias climáticas, los daños mecánicos o derrames durante la cosecha y el deterioro en el almacenamiento son las

principales causas de las pérdidas en cosecha y poscosecha.

Según el especialista en cosecha y poscosecha del INTA Manfredi, Mario Bragachini, “el valor de la producción de biomasa anual en el país ronda los 45 mil millones de dólares y, en promedio, la pérdida de granos está en el orden del siete por ciento en la cosecha y del cinco en poscosecha”. El investigador estima que con la aplicación de la **tecnología disponible** esas pérdidas podrían reducirse en un 20 por ciento, lo que representaría un ahorro de alrededor de 600 millones de dólares anuales.

En esa línea, el especialista destaca la competitividad tecnológica del país: innovaciones en comunicación y telefonía celular para que el productor visualice lo que sucede en tiempo real en su campo, imágenes satelitales, sensores y modelos que permiten predecir eventos climáticos y adelantar las cosechas, sensores electrónicos para conocer las condiciones de los granos en las silobolsas, software para controlar el almacenaje en silos tradicionales que permiten el autocon-

## BOLSAS PLÁSTICAS, ALMACENAMIENTO EFICIENTE

La Argentina es líder mundial en almacenaje de grano en bolsas plásticas herméticas. Con este sistema se acopian alrededor de 40 millones de toneladas de granos secos en una atmósfera modificada con concentraciones bajas de oxígeno y altas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que permite disminuir el riesgo de deterioro del grano al controlar los insectos y hongos de forma rápida y a bajo costo.

El desarrollo de estas bolsas plásticas forma parte del paquete tecnológico argentino que tiene alcance internacional y que fue adoptado en 54 países como Vietnam, Camboya y la India. Al respecto, Bragachini, considera que “la Argentina dispone de las tecnologías competitivas a escala mundial como es el caso del sensoramiento electrónico que controla las condiciones de los granos en los silo-bolsas y silos tradicionales para evitar las pérdidas a tiempo”.

Según el INTA, las pérdidas por el mal manejo de los granos en la poscosecha ascienden al cinco por ciento y la tecnología disponible permite conocer en tiempo real los cambios de la atmósfera, temperatura y humedad de la cosecha, y alerta sobre posibles deficiencias en el proceso.

Para ello, es importante que “el conjunto de recursos humanos que opera en el campo sean capacitados y tomen conciencia de las diferentes metodologías porque son quienes toman las decisiones en todos los procesos e instancia de control”.

trol de plagas (insectos y hongos) que causan, en gran medida, los procesos de descomposición y las pérdidas de calidad y cantidad, entre otros. (Ver recuadro: “Bolsas plásticas, almacenamiento eficiente”).

Además, hay una **oferta tecnológica** con desarrollos de **fabricación nacional** como las cosechadoras con cabezales específicos para los principales cultivos con alimentación por lonas o Draper que permiten altos índices de cosecha y menor consumo de combustible y pérdidas de granos por cola.

Si bien los desechos podrían reducirse en forma significativa mediante la utilización de estos desarrollos y de la capacitación en mejores prácticas, el especialista propone que “una forma de aprovechar, por ejemplo, un silo mal fermentado que no posee calidad para alimento animal, es destinarlo al proceso de biodigestión y transformarlo en biogás, electricidad y fertilizante orgánico para darle una finalidad práctica en el establecimiento”.

A su vez, el mercado de frutas exige un alto **rendimiento y calidad** por hectárea como condición para comerciali-

zar los productos frescos, lo que significa que los agricultores que no cumplan con esos requisitos descarten entre el 30 y el 40 por ciento de su producción.

En este sentido, Sánchez asegura que “si bien parte de esa fruta puede destinarse a subproducciones como la industria juguera, los precios que se obtienen no tienen punto de comparación con los percibidos por venta de fruta fresca que, en muchos casos, no compensa el costo de producción y cosecha”.

Al mismo tiempo, los descartes que no se derivan a la industria y permanecen en el campo se pudren con las lluvias o el riego y son fuente de inóculo de plagas y enfermedades.

Las causas de los desechos son diversas ya sea por problemas de sanidad, cosecha fuera de término, déficit en el acondicionamiento, pérdidas naturales que son propias del proceso de maduración o la podredumbre generada por diversos patógenos en la poscosecha.

---

**LAS INSTANCIAS  
DE COSECHA  
Y POSCOSECHA SON  
RESPONSABLES DE MÁS  
DE LA MITAD DE LOS  
DESECHOS EN EL MUNDO.**

---






---

**LOS CERALES, LA FRUTA  
Y LA CARNE SON  
LOS PRODUCTOS CON  
MAYOR HUELLA HÍDRICA.  
PARA PRODUCIR  
UN KILOGRAMOS DE TRIGO  
SE NECESITAN MIL LITROS  
DE AGUA.**

---

El investigador en poscosecha de cítricos del INTA, Daniel Vázquez, señala que “hay alteraciones patológicas, que son provocadas por organismos vivos como los hongos, y fisiológicas, resultantes del mal manejo que realiza el hombre durante la cosecha, el empaque y el traslado, como daños por frío y escaldaduras”.

Para ello, se implementan una serie de **tratamientos antifúngicos** en poscosecha para conservar y aumentar la vida útil de las frutas, entre los que se destacan los biocontroladores, tratamientos térmicos y sustancias naturales para complementar el uso de fungicidas sintéticos. (Ver recuadro: “**Alternativas que conservan**”).

#### **Modelos sustentables**

Mientras más tarde se pierde un producto alimenticio mayores son las **consecuencias ambientales**, ya que al costo inicial de producción hay que sumarle los costos ambientales generados durante el procesado, el transporte y el almacenamiento.

La necesidad de revertir o minimizar ese impacto podría representar una oportunidad para desarrollar nuevos sistemas de manejo de cultivos como

los propuestos por la **agroecología** cuyos resultados se evidencian en la mejora de la eficiencia del uso de agua, el secuestro de carbono y la reducción del uso de pesticidas.

En este sentido, el INTA posee iniciativas para evaluar el desempeño ambiental, entre las que se destaca el modelo **AgroEcoindex®**, que es un soporte informático que contiene indicadores de gestión ambiental que permitiría ajustar las formas de producción para aumentar los rindes sin generar perjuicio sobre los recursos.

La herramienta utiliza 18 indicadores agroecológicos diseñados para empresas agropecuarias que se diferencien por su nivel de adopción de tecnologías ambientalmente adecuadas. Uno de sus creadores, Federico Frank, considera que “son indicadores para el primer eslabón de la cadena que sirven para cuantificar y conocer el impacto de las decisiones agronómicas y permiten actuar en consecuencia para disminuirlo”.

Además de esta propuesta, es importante considerar acciones que estén orientadas a las diferentes etapas de la cadena ya que lo que se hace (o no) en una parte tiene consecuencias en el res-

to. Ello debe permitir revertir la situación desfavorable en la que se encuentran los **pequeños productores** cuyas pérdidas de alimentos se traducen directamente en menores ingresos percibidos.

Para Bragachini, es importante el **trabajo asociativo** entre productores ya que “las cooperativas estarían en mejores condiciones para reducir las pérdidas de alimentos porque tendrían un mayor conocimiento del mercado y estarían en condiciones de hacer una planificación más eficiente, invertir en tecnologías de almacenamiento y refrigeración para llegar a las economías de escala y mejorar su capacidad de comercializar su producción”.

Puesta la mesa y a la hora de comer, es el momento de tomar conciencia de que todo lo que está sobre ella demandó recursos naturales no renovables y que por eso no deben ser desperdiciados.

#### **Más información:**

Mario Bragachini  
bragachini.mario@inta.gov.ar  
Enrique Sánchez  
sanchez.enrique@inta.gov.ar  
Daniel Vázquez  
dvazquez@correo.inta.gov.ar  
Federico Frank  
frank.federico@inta.gov.ar

## APROVECHAR TODO EL POTENCIAL

# El secreto para ganarle a las pérdidas

Durante la etapa de procesamiento se generan pérdidas de alimentos pero desde el Estado ya se consideran soluciones a largo plazo para enfrentarlas. Agregar valor en origen y el uso de ciertas tecnologías de transformación y preservación serán clave.

Por Felicitas Terreno

“El hombre utiliza sólo el **10 por ciento** de su cerebro”. Esto claramente es un mito, pero no por ello menos falso. Lo cierto es que el ser humano no hace uso de todo el potencial que posee...ni siquiera del que su ambiente le ofrece. Si lo hiciera, la solución al hambre estaría más cerca.

Según un estudio realizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), “las pérdidas de alimentos en países industrializados son tan altas como en los países en desarrollo”, aunque en

los últimos “**más del 40 por ciento** se produce en las etapas de poscosecha y procesamiento”.

¿Pero qué pasaría si esas pérdidas pudiesen, de alguna forma, aprovecharse? La clave, según comenta a la RIA el subsecretario de Agregado de Valor y Nuevas Tecnologías, Oscar Solís, está “no sólo en cómo minimizarlas, sino en **cómo utilizar los descartes**”. De esta manera, “podemos transformar todo en algo que, al agregar valor, **potencie la economía del lugar**”.

En el Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial Participativo y

Federal 2010-2020 (PEA<sup>2</sup>) se señala que el país enfrenta el **desafío de transformarse** de un proveedor de alimentos primarios a un “líder en la producción de bienes y servicios agroalimentarios y agroindustriales de creciente valor agregado, en particular, en origen”, lo que garantiza la seguridad y soberanía alimentaria, y promueve el desarrollo de la Nación.

Esto lleva a la inevitablemente a **augmentar el procesamiento de alimentos** en las zonas donde se producen y el **crecimiento equilibrado** de esas comunidades mediante la generación





**“DESDE EL PUNTO DE VISTA ‘HUMANO’ ES INACEPTABLE VIVIR EN UN MUNDO DONDE HAY HAMBRE Y VER CÓMO SE PIERDE O DESPERDICIA LO PRODUCIDO”  
(GUSTAVO POLENTA).**

de una mano de obra cada vez más especializada y de la reducción en los costos de transporte.

Así, el especialista en cosecha y poscosecha del INTA Manfredi, Mario Bragachini, advierte que, “en la medida en que la Argentina se quiera transformar en un país agroindustrial y agroalimentario habrá que **ajustar muchos factores**” y opina que “esa industrialización y ese desarrollo de los próximos años deberán hacerse con ordenamiento territorial y con una función indelegable del Estado”.

En este sentido, Solís considera que el trabajo de su Subsecretaría está en la “agregación de de ese **‘capital simbólico’**” que significa “posicionar un producto en un mercado determinado para que el consumidor de otras latitudes quiera comprarlo porque es argentino”.

De esta manera, una de las metas del PEA<sup>2</sup> es **incrementar en un 80 por ciento el valor agregado** en el procesamiento industrial de los productos de origen agropecuario que pasarían de un 22,8 por ciento registrado en 2010 a un 41 en 2020.

#### Mejor por más tiempo

Esta industrialización puede estar integrada por distintos procesos: de “**transformación**” o de “**preservación**”. Los primeros permiten convertir la materia prima en alimentos, mientras los segundos trabajan sobre el producto en sí para **asegurar inocuidad y extender su vida útil**.

Según el documento de la FAO, “Pérdidas y desperdicio de alimentos en el

mundo”, la industria de procesamiento de alimentos no posee la capacidad necesaria para procesar y preservar productos agrícolas frescos con los que responder a la demanda.

No obstante, el INTA trabaja en el desarrollo, adaptación u optimización de tecnologías adecuadas para hacer frente a esta problemática que aqueja a los países en desarrollo. Así, las investigaciones permitirán que los alimentos argentinos resulten **más seguros y se conserven por más tiempo**, lo que repercutirá en una mayor vida útil en góndolas y la llegada a mercados más lejanos.

El Programa Nacional de Agroindustria y Agregado de Valor (PNAIyAV) trabaja en **dos grandes grupos de tecnologías** (de transformación y preservación) para mejorar la calidad integral de los alimentos y, de esta forma, contribuir con conocimiento que permita proveer al mercado interno de productos mejorados en aspectos de inocuidad, y con de alta calidad sensorial y nutricional, e incrementar su competitividad en mercados externos.

Durante la transformación de materias primas se generan **residuos sólidos y efluentes líquidos** que suelen ser tratados para no volcarlos directamente al ambiente. No obstante, hay líneas de investigación que buscan recuperar ciertos compuestos con valor comercial para utilizarlos como insumos para la industria de alimentos.

#### Lactoejemplo

Hoy, la industria quesera genera más de **4.200 millones de litros de lacto-**





**“EN INTA TRABAJAMOS EN LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA APH CON DIFERENTES OBJETIVOS Y EN DISTINTOS ALIMENTOS” (SERGIO VAUDAGNA).**

**suero por año**, un subproducto rico en proteína, hidratos de carbono y vitaminas que puede ser utilizado para la producción de concentrados proteicos y biomasa (como la levadura) para la industria alimenticia.

Sin embargo, menos del **50 por ciento del lactosuero se industrializa** por muy pocas empresas, mientras **el resto se desaprovecha**. El coordinador de uno de los proyectos del Programa Nacional del INTA, Gustavo Polenta, asegura a esta revista que “se desaprovecha algo que tiene un enorme

potencial para el agregado de valor a todo el sistema productor lechero” y advierte que ello es “por falta de desarrollo y adaptación de tecnologías para su aprovechamiento”.

Según el investigador del INTA Castelar, se necesitan más tecnologías e inversiones pero también **recursos humanos** con un mayor grado de capacitación que puedan manejar estas tecnologías.

En este sentido, Solís considera que **“ellos son la clave del éxito para la**

**agregación de valor** a futuro en términos comerciales porque queremos optimizar el capital simbólico que tiene el poder de una marca, de un territorio y de un saber para colocar nuestros productos en el mundo”.

A su vez, Polenta señala que el lactosuero es un buen ejemplo de coproducto que, de no procesarlo para agregarle valor, puede terminar solamente como un **efluente**, pero explica que también existen **residuos sólidos** como los de la producción frutícola que no se utilizan y que contienen muchos compuestos de interés. “En la industria cítrica, por ejemplo, se generan desechos de cáscaras, de los cuales se pueden extraer compuestos volátiles para la generación de aromatizantes o aditivos para la producción de dulces”, comenta.

Por otra parte, el INTA incorporó diversas **tecnologías de preservación** de alimentos que permiten asegurar la inocuidad y extender la vida útil de los alimentos, a la vez que generan mínimos residuos y efluentes, consumen menos energía que los tratamientos convencionales y abren un mundo de posibilidades para ubicar productos seguros y de alta calidad sensorial y

## ALTAS PRESIONES HIDROSTÁTICAS

Es una de las tecnologías de preservación de alimentos de naturaleza “no térmica” con mayores aplicaciones en el mundo. Sólo el INTA posee este equipamiento en el país y actualmente se investigan otros usos además de asegurar la inocuidad y alargar la vida útil de los alimentos.

Algunos números a nivel global:

- 220 equipos de tipo industrial instalados en los cinco continentes
- 400.000 toneladas procesadas por año
- 150 o más productos tratados con APH

**“PODEMOS TRANSFORMAR  
TODO EN ALGO QUE,  
AL AGREGAR VALOR,  
POTENCIE LA ECONOMÍA  
DEL LUGAR.  
HAY QUE UTILIZAR  
LOS DESCARTES”  
(OSCAR SOLÍS).**

nutricional, tanto en el mercado interno como en los externos.

Además, en algunos casos, las tecnologías cubren las distintas escalas de producción y acompañan a pequeños, medianos y grandes productores en su desarrollo mediante la aplicación de **procesos adaptados a cada uno de ellos**. Por ejemplo, en la EEA Rama Caída del INTA se desarrollaron sistemas que optimizan las condiciones de secado solar de productos frutihortícolas, lo que permite preservarlos por más tiempo y mejorar su inocuidad. Estas técnicas son de aplicación en producciones de escala pequeña o familiar.

A su vez, hace más de 12 años el INTA comenzó a trabajar en el sistema de cocción-pasteurización **sous vide** (“bajo vacío” en idioma francés) a partir de los requerimientos del sector procesador de productos cárnicos, aunque con el paso del tiempo, su “campo de aplicación” se amplió. Hoy, ya se trabaja con productos preparados en base a vegetales. Esta tecnología permite obtener productos listos para consumir o “**quinta gama**”.

*Sous vide* es un sistema donde la materia prima es colocada dentro de una

bolsa o bandeja plástica, luego del envasado vacío, cocida-pasteurizada mediante combinaciones de temperatura y tiempo adecuadas para inactivar microorganismos patógenos relevantes, y luego conservada bajo refrigeración. Lo característico de esta tecnología es que el producto envasado conserva de manera excelente sus características sensoriales y es abierto directamente por el mismo consumidor.

Sergio Vaudagna, quien también coordina un proyecto del PNAlyAV, explica que **“la idea es proteger al alimento del ambiente de cocción**, ya que se lo envasa al vacío y se le quita el oxígeno, lo que minimiza las reacciones de oxidación y el desarrollo de microorganismos alteradores aerobios”. A su vez, destaca que “hay empresas con las que hemos hecho algunos desarrollos en este tipo de alimentos”.

Además, el INTA incorporó en 2009 un equipo de **Altas Presiones Hidrostáticas** (APH) de escala piloto, única en el país, para estudiar sus posibles aplicaciones. Este equipo está instalado en la planta piloto del Instituto Tecnología de Alimentos (ITA) del Centro de Investigación de Agroindustria (CIA) en el INTA Castelar.



## CARNE “LARGA VIDA”

El INTA desarrolló un procedimiento para obtener carne vacuna lista para consumir que puede conservarse hasta un año a temperatura ambiente. Mediante irradiación (una tecnología no térmica que permite pasteurizar los alimentos “en frío”), los investigadores del Instituto de Tecnología de Alimentos del INTA Castelar, desarrollaron un producto que, por sus características, puede destinarse a poblaciones que no puedan asegurar el mantenimiento de la cadena de frío o a gobiernos u organizaciones internacionales que atiendan situaciones de siniestros o programas de lucha contra el hambre.

Este proceso, desarrollado exclusivamente por científicos argentinos, consiste en, una vez elaborado, el producto es enfriado, envasado al vacío, empacado en cajas y luego irradiado con rayos gamma, lo que permite eliminar microorganismos patógenos y alteradores, y, así, obtener un producto seguro y estable a temperatura ambiente por varios meses.

Sin embargo, el Código Alimentario Argentino no contempla este tipo de alimentos para comercialización en el mercado interno, por lo cual la empresa Productos Curuchet, a quienes el INTA licenció este proceso a través de un convenio de transferencia de tecnología, podría acordar con el gobierno del estado brasilero de Paraná la producción de este tipo de carne para que forme parte de la “cesta básica” de alimentos que entregan a la población necesitada.

**“MÁS DEL 40 POR CIENTO  
DE LAS PÉRDIDAS  
DE ALIMENTOS SE PRODUCE  
EN LAS ETAPAS  
DE POSCOSECHA  
Y PROCESAMIENTO”  
(FAO).**

Según el investigador, con ella buscan no sólo asegurar la inocuidad y extender la vida útil de los alimentos, sino también **desarrollar productos u optimizar procesos de la industria alimentaria**. “Trabajamos en el estudio de APH para la preparación de productos cárnicos reducidos en sodio y en grasas. Al disminuir el contenido de sal en la formulación de los productos, la aplicación de alta presión compensa su efecto”, explica.

A su vez, también se utiliza APH para probar alternativas en la maduración de quesos duros. Así, la aplican en **quesos reggianito** cuyo tiempo de maduración que es de al menos seis meses. Sin embargo, con esta tecnología, se busca reducirlo en forma importante.

Por último, el INTA trabaja junto con investigadores de la Universidad de Buenos Aires para el desarrollo de una delgada **película comestible antioxidante** que se puede aplicar en el envasado de carnes, frutas, hortalizas y quesos para protegerlos y aumentar su vida útil. Ese recubrimiento permite controlar la difusión de gases con su entorno y mantener las características sensoriales de los alimentos.

La directora del ITA, Alejandra Ricca, asegura que las investigaciones que llevan a cabo en el INTA buscan “brindar **soluciones a la industria alimenticia** a partir de la gestión integral de los residuos, y el aporte de conocimiento y de tecnologías para preservar, almacenar y prolongar la vida útil de los alimentos sin alterar sus propiedades fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales”.

Si se tiene en cuenta que la pérdida y el desperdicio de alimentos se producen en las diferentes etapas de las cadenas de valor, el **costo económico mundial** asciende a **750 mil millones de dólares** (con base en precios del 2009), lo que equivale al PBI de Turquía o Suiza al 2011. Y si además se tiene en cuenta que los alimentos perdidos o desperdiciados sólo en América Latina podrían alimentar a **300 millones de personas**; o que en esta región existen **49 millones de personas afectadas por el hambre**, entonces perder o desperdiciar alimentos se vuelve algo **casi inmoral**.

Para Polenta “desde el punto de vista de la competitividad del sistema, tiene un impacto bastante importante el hecho de que se tire algo que no

se aprovecha, pero desde el punto de vista ‘humano’ es **inaceptable vivir en un mundo donde hay hambre** y ver cómo se pierde o desperdicia lo producido”.

Aprovechar los subproductos de la industria, preservar los alimentos, reducir pérdidas y desperdicios, trabajar con los productores (pequeños, medianos y grandes) y contar con el apoyo del Estado pueden ser la clave para que, finalmente, **el hombre aproveche todo el potencial** que su ambiente le proporciona, sin desperdiciar los recursos naturales. De esa forma, podría combatir el hambre y, en el camino, aumentar sus ingresos y mejorar su calidad de vida.

### **Más información:**

Oscar Solís

Subsecretario de Agregado de Valor y Nuevas Tecnologías. Ministerio de Agricultura.

Gustavo Polenta

Proyecto “Tecnologías de Preservación de Alimentos y Aprovechamiento de Subproductos” del PNAlyAV.

Sergio Vaudagna

Proyecto integrador “Desarrollo y optimización de procesos agroindustriales para el agregado de valor” del PNAlyAV.

EL ROL DE LOS CONSUMIDORES

# REDUCIR el desperdicio para alimentar al MUNDO

Cada persona derrocha hasta 115 kilos de comida al año, mientras los especialistas debaten cómo sustentar a una población de 9.100 millones de habitantes en 2050. Alternativas y recomendaciones para atenuar esta contradicción.

Por Laura Perez Casar

Las proyecciones muestran que para alimentar una población mundial de 9.100 millones de personas, en 2050, sería necesario aumentar la producción de alimentos en un 70 por ciento. Pero, si se tiene en cuenta que cada año el mundo pierde un tercio de lo que produce (unas 1.300 millones de toneladas anuales) se abre un nuevo debate entre los especialistas: **¿Debemos producir más o desperdiciar menos?**

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) el **46 por ciento del desperdicio de alimentos** ocurre de manera significativa en los países desarrollados en las etapas de procesamiento, distribución y consumo incluso, cuando todavía son aptos para la alimentación humana.

En el Área Metropolitana de Buenos Aires, Argentina, según un estudio realizado por la Facultad de Ingeniería de la UBA, los desechos alimenticios son el primer componente en el flujo de **residuos sólidos** (representan el

41,55 por ciento para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y el 37,65 para los alrededores).

Los barrios porteños que lideran el derroche son **Palermo, Recoleta y Caballito** (118,26; 107,55 y 90,12 toneladas por día, respectivamente), mientras que en los municipios con mayor desperdicios alimenticios son Avellaneda, Lanús y Quilmes (con el 45,61; 43,08 y 40,75 por ciento de los residuos).

En esta línea, un estudio realizado para el Congreso Internacional Save Food! indica que para aquellos que viven en la pobreza o con unos ingresos familiares limitados, desperdiciar alimentos es algo **inaceptable**. Mientras que el alto poder adquisitivo y la actitud del consumidor conllevan un alto desperdicio de alimentos en los países industrializados.

La reducción del despilfarro de alimentos es necesaria como una de las primeras medidas para **luchar contra el hambre** a la vez que contribuye a **preservar los recursos naturales**. Así lo asegura la técnica del equipo de Nutrición y Educación Alimentaria del

---

**EL 46 POR CIENTO DE LOS  
DESPERDICIOS MUNDIALES  
OCURREN EN LOS PAÍSES  
DESARROLLADOS EN LAS  
ETAPAS DE PROCESAMIENTO,  
DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO.**

---



**FALTA DE PLANIFICACIÓN,  
EXCEDENTES EN LAS COMIDAS  
Y DETERIORO DE LOS  
PRODUCTOS MAL  
CONSERVADOS SON ALGUNAS  
DE LAS CAUSAS  
DE LAS PÉRDIDAS.**

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, Natalia Basso (ver entrevista: “**Ningún alimento debe ser desperdiciado**”).

En esta línea, el análisis de Save Food! indica que si bien es primordial aumentar la producción primaria de alimentos para hacer frente al futuro crecimiento de la demanda final, las tensiones entre la producción y el acceso a los alimentos pueden subyugarse con la reducción de las pérdidas de alimentos. Existen soluciones eficaces a lo largo de toda la cadena alimentaria.

Según las estadísticas de la FAO, el desperdicio per cápita de alimentos por consumidor en Europa y América del Norte es de **95 a 115 kg/año**, mientras que en el África subsahariana y en Asia meridional y sudoriental esta cifra representa sólo de **6 a 11 kg/año**.

Se estima que la pérdida anual en las sociedades ricas por parte de los consumidores es de 222 millones de toneladas, esto casi alcanza a la **producción alimentaria neta del África subsahariana** (230 millones de toneladas).

La tendencia general hace referencia tanto a la **actitud de los individuos** como a habilidades prácticas de **gestión de los alimentos**: planificación, racionamiento y almacenamiento. En consecuencia, los desechos se generan en los restos de los platos, exce-

dentes de cocina y en aquellos productos no consumidos a término.

Para directora del Instituto de Alimentos (ITA) del INTA Castelar, Alejandra Ricca, resulta “**primordial informar y formar al consumidor** sobre el impacto social, económico y ambiental de su comportamiento a fin de modificarlo.

De acuerdo con la FAO, esto sucede porque los individuos no planifican sus compras, lo hacen en exceso estimulados por el marketing y la publicidad, o reaccionan de modo exagerado a las fechas de caducidad y consumo preferente de los productos, mientras que las normas estéticas y de calidad llevan a los minoristas a rechazar grandes cantidades de alimentos perfectamente comestibles.

Entre los productos con una **tasa más alta de desperdicios anuales** en el mundo están las frutas y hortalizas, raíces y tubérculos, seguidas por los cereales y el pescado, y en último lugar se ubican los cultivos oleaginosos, carne y productos lácteos.

**“Ama la comida, odia el desperdicio”**

El Programa de acción de residuos y recursos del Reino Unido (WRAP, por sus siglas en inglés) asegura que las personas que planifican, hacen listas de compra y controlan la comi-

da de la que disponen, desperdician menos alimentos que los compradores espontáneos.

Así, y bajo el lema “ama la comida, odia el desperdicio” la organización anima a los consumidores a **aprovechar las sobras y utilizar los alimentos** con fecha de caducidad próxima en nuevas recetas. Además, aconseja sobre cómo reducir desperdicios mediante una correcta interpretación de las etiquetas y de su conservación en congeladores y almacenamiento.

Por su parte, la iniciativa Save Food! y la campaña PIENSA.ALIMENTATE. AHORRA (ambas de carácter internacional, fundadas por la FAO, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el Reto Hambre Cero y la organización Messe Düsseldorf) aseguran que **es posible combatir el desperdicio** de alimentos mediante pequeños cambios en nuestros hábitos cotidianos.

Así, mínimas acciones de consumidores y productores pueden disminuir los 1,3 billones de toneladas de alimentos que se pierden o desechan cada año y ayudar así a la puesta en marcha de un futuro más sostenible.

### Parecidos pero distintos

Si bien técnicamente, la pérdida de alimentos o desechos se refiere a la disminución cualitativa o cuantitativa de productos destinados al consumo humano durante el proceso productivo, la campaña PIENSA.ALIMENTATE. AHORRA aclara una leve diferencia.

La **pérdida** de alimentos se refiere a productos que se estropean, se pierden o cuya calidad se ve disminuida durante el proceso productivo antes de que lleguen al consumidor. Normalmente, tiene lugar durante la producción, almacenamiento, procesamiento o distribución.

Mientras que el **desperdicio** se refiere a productos que terminan el proceso productivo con buena calidad y listos para su consumo, pero que aún así nunca llegan a ser consumidos ya que son descartados antes incluso de estropearse. El desecho de alimentos tiene lugar casi siempre, aunque no de forma exclusiva, en la etapa de venta o consumo.

### Lo que uno no quiere, otro lo desea

Según la FAO, la Argentina produce alimentos suficientes para **alimentar a**



## 10 CONSEJOS PARA EVITAR EL DESPERDICIO DE COMIDA

Por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación

- Planificar las compras: ver lo que hay en casa, qué hace falta y hacer una lista. Si se realizara una compra para toda la semana, planear las comidas.
- Consumir los alimentos de la despensa, heladera y freezer antes de volver a comprar.
- Usar el freezer para conservar los alimentos por más tiempo y en mejor estado.
- Consumir frutas y verduras “feas” en forma de licuados, budines o compotas.
- Al visitar restaurantes, solicitar que envuelvan las sobras y llevar las viandas gourmet.
- Si sobra comida, guardarla para el almuerzo o congelarla para otro momento en el que no querramos cocinar.
- Chequear las fechas de vencimiento y ordenar los productos en las alacenas para que queden primero los que tienen fecha más próxima.
- Elegir las porciones adecuadas que se consumirán, no más.
- Fabricar una abonera con los residuos orgánicos generados.
- Donar todo lo que no se utilice, antes de que sea tarde.

**CUANTO MÁS TARDE  
EN LA CADENA  
DE PRODUCCIÓN SE PIERDE  
UN ALIMENTO,  
MAYORES SERÁN  
LAS CONSECUENCIAS  
AMBIENTALES.**



Los desechos alimenticios son el primer componente en el flujo de residuos sólidos.



\*Área Metropolitana de Buenos Aires

Fuente: Estudio de calidad de los residuos sólidos urbanos del Área Metropolitana de Buenos Aires (CEAMSE y UBA)



**10 veces su población.** No se trata, entonces, de un problema de disponibilidad de alimentos, sino de falta de acceso por parte de los sectores más pobres de la población.

Dentro del conjunto de herramientas de la FAO para abordar el problema se destaca la **reutilización** de alimentos, en el caso de excedentes, dentro de la cadena alimentaria humana, la **búsqueda de mercados** secundarios o **donarlos** a los miembros vulnerables de la sociedad, representa la mejor opción. Si los alimentos no son aptos para el consumo humano, lo siguiente es desviarlos para alimentar al ganado, conservando recursos que de otra

forma serían utilizados para producir pienso comercial.

En cuanto a la redistribución de comida en buen estado, los **bancos de alimentos** tienen un rol fundamental. Así, países como Austria, Dinamarca, Italia, España, Reino Unido e, incluso, la Argentina trabajan para hacer llegar a los miembros vulnerables de la sociedad productos excluidos del circuito comercial pero aptos para el consumo humano.

La Red Argentina de Bancos de Alimentos es una asociación civil sin fines de lucro creada en 2003 con el fin de mejorar la situación nutricional del

país. En 2012, mediante los 17 bancos que la integran, la Red distribuyó casi **siete millones de kilos de alimentos** entre 1.300 organizaciones de ayuda comunitaria que asisten a alrededor de 200 mil personas.

Generados por excedentes de producción, con errores de envasado, con fecha corta de vencimiento o que no reúnen las especificaciones técnicas o de calidad que las empresas se imponen, estos alimentos son donados a la Red que, a su vez, los clasifica y distribuye en plazos muy cortos con la garantía de una adecuada manipulación a una red de comedores que asisten a personas necesitadas.





Una vez recibidos en los comedores comunitarios, las cocineras son las responsables de aprovechar al máximo las donaciones **sin descuidar la inocuidad**. Así, mediante el programa de capacitaciones de la Dirección de Agroalimentos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, reciben diversas recetas que facilitan su labor.

Para Basso, mediante los talleres se aprendió que en los comedores “**ningún alimento debe ser desperdiciado** porque los recursos son escasos”.

### Nada se tira, todo se transforma

Cuando ya se intentó todo y sólo queda desecharlo, aún así queda una oportunidad: el **compostaje**. Entre el 40 y 50 por ciento en peso de la basura que se genera en las casas son residuos orgánicos. Si se dispone de lugar, se pueden **transformar un desperdicio en abono** para las plantas.

“Abordar el despilfarro de comida” se refiere al **reciclaje** y la **recuperación**: el reciclaje de subproductos, la digestión anaeróbica, el compostaje y la incineración permiten recuperar energía y nutrientes de los residuos de alimentos, lo que representa una ven-

taja significativa sobre el tirarlos en los vertederos.

Para ello, el especialista en desarrollo rural del ProHuerta Área Metropolitana Buenos Aires (INTA AMBA), Claudio Leveratto, recomienda tener un tacho con tapa al lado del que se tiene en casa para juntar todo lo que se desintegra rápido (yerba, café y té usados, cáscaras de frutas, restos de verduras, cáscaras de huevo bien rotas, etc).

Mientras tanto, en el jardín se coloca en una “montañita” todo lo recolectado y se agregan hojas secas, pasto y yuyos. A esto se le suma un poco de tierra y cada tanto estiércol de caballo, de ave, de conejo o de vaca (pero nunca de perro ni de gato). Además, se debe remover la pila cada 15 ó 20 días.

En la abonera proliferan una multitud de organismos benéficos llamados “descomponedores”, que degradan los restos orgánicos y liberan los nutrientes que poseen para que puedan ser utilizados por las plantas. Estará lista en cinco o seis meses (en invierno) y tres o cuatro meses (en verano).

### Más información:

Alejandra Ricca,  
aricca@cniia.inta.gov.ar  
Claudio Leveratto,  
leveratto.claudio@inta.gob.ar

## IMPACTO EN LOS RECURSOS

# “Ningún alimento debe ser desperdiciado”

Así lo afirma Natalia Basso del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca en una entrevista exclusiva para la Revista RIA. Ella colabora con la concientización para la reducción de la huella alimentaria en las distintas etapas de la cadena agroalimentaria.

Por la Dirección de Agroalimentos. MinAgri.

*“La reducción del despilfarro de alimentos es necesaria como una de las primeras medidas para luchar contra el hambre a la vez que contribuye a preservar los recursos naturales”.*

El equipo de Nutrición y Educación Alimentaria del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación trabaja para reducir la **huella alimentaria**, el principal indicador del impacto ambiental de las pérdidas y los desperdicios de alimentos que se generan en el mundo.

“Reducir las pérdidas de alimentos a nivel de la producción industrial es una **gran oportunidad** para las empresas, no sólo por la consecuente disminución de los costos totales de producción, sino también los costos de disposición final y, sobre todo, el impacto ambiental”, asegura Natalia Basso, que se desempeña en la Dirección de Agroalimentos.

El equipo que conforma trabaja fuertemente en la **educación alimentaria** en nutrición, inocuidad y rotulado de alimentos envasados y también en normativa alimentaria. Desde el año pasado realizan **capacitaciones** destinadas a personas que trabajan en comedores comunitarios para que se aprovechen las características de cada alimento sin perder de vista su calidad integral.

“Entendemos que esta iniciativa es muy útil para comunicar y compartir información siempre y cuando exista la **colaboración de todos los actores**:

productores de alimentos, supermercados, consumidores, restaurantes, bares, hoteles, casas de estudios y clubes sociales, entre otros”, manifiesta.

## ¿Qué es la huella alimentaria?

Así como las huellas de carbono y agua se utilizan como métodos para evaluar y comparar los impactos ambientales de los productos agrícolas, la huella alimentaria se propone como **un primer indicador** para contabilizar el impacto ambiental de las pérdidas y desperdicios de alimentos. Durante toda la cadena alimentaria se utiliza agua y energía, se generan gases y se usan fertilizantes, por ejemplo. Así, a medida que el alimento avanza en la cadena, la huella es mayor. La reducción del despilfarro de alimentos es necesaria como una de las primeras medidas para **luchar contra el hambre** a la vez que contribuye a **preservar los recursos naturales**.

## ¿Cómo surgió la inquietud de trabajar para reducir la huella alimentaria?

Desde el año 2012 venimos trabajando en forma conjunta con la Red Argentina de Bancos de Alimentos y este año se sumó a colaborar la Representación de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en Argentina (FAO). Poco a poco conocimos el trabajo que llevan a cabo los **Bancos de Alimentos** que luchan por reducir el hambre y la desnutrición en el país. Su objetivo principal es recuperar, a través de

donaciones, los alimentos aptos para el consumo humano sin valor comercial para las empresas productoras. Posteriormente, los clasifican y redistribuyen a una red de comedores que asisten a personas necesitadas.

En este sentido, nuestro trabajo se canaliza en un **programa de capacitaciones** a personas que trabajan en las cocinas de esos comedores comunitarios vinculados a la ONG para brindar información útil y mejorar el desempeño de sus funciones considerando que se ocupan de alimentar a muchas personas.

A raíz de esta experiencia de talleres entendimos que en los comedores **ningún alimento debe ser desperdiciado** porque los recursos son escasos. Por lo tanto, esta temática se instaló en cada uno de nuestros encuentros como una unidad más donde las mismas cocineras nos cuentan sus métodos para **aprovechar al máximo cada comida**, sin descuidar la inocuidad. Esto también enriquece nuestro trabajo ya que vamos acumulando recetas e ideas “caseras”.

**“BUSCAMOS GENERAR  
UNA PRODUCCIÓN  
Y CONSUMO NACIONAL  
DE ALIMENTOS  
MÁS EFICIENTE”**

Cabe destacar que, así como el desperdicio en el hogar, también existen las **pérdidas de alimentos a nivel industrial**, es decir, en las etapas de poscosecha, elaboración, almacenamiento y transporte. En algunos casos se produce por falta de eficiencia y defectos en alguna etapa de la cadena, en otros, por elevados estándares de calidad. Un ejemplo concreto son las frutas y verduras que muchas veces se “discriminan” por su forma, tamaño, maduración o color, cuando en realidad su valor nutritivo no se modifica.

#### ¿De qué forma se articuló el trabajo con FAO Argentina?

A raíz del inicio de colaboración con la Representación de FAO Argentina conocimos la iniciativa Save Food! y la campaña *PIENSA.ALIMENTATE. AHORRA* Reduce tu huella alimentaria. Ambas son de carácter internacional, fundadas y acompañadas por varios organismos relevantes como la FAO, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el

---

**“ES POSIBLE COMBATIR LOS DESECHOS DE ALIMENTOS MEDIANTE PEQUEÑOS CAMBIOS EN NUESTROS HÁBITOS COTIDIANOS”**

---





“**TODOS DEBEMOS SENTIRNOS RESPONSABLES Y APORTAR CON PEQUEÑAS ACCIONES COTIDIANAS NUESTRO GRANITO DE ARENA**”

Reto Hambre Cero y otros del sector privado como la organización Messe Düsseldorf. A su vez conocimos el estudio realizado para el Congreso Internacional Save Food! en Interpack 2011, Düsseldorf (Alemania) que arroja **cifras alarmantes a nivel mundial**.

Empezamos a recopilar información sobre el tema ya que queríamos saber cuántas pérdidas y desperdicios teníamos en la Argentina pero no hallamos mucha información. A mitad de año, junto con la FAO Argentina nos propusimos comenzar con la **difusión de esta problemática, la iniciativa y la campaña** para invitar a todos aquellos interesados a sumarse con acciones concretas.

### ¿Cuáles fueron esas acciones?

Armamos un marco para la implementación de PIENSA.ALIMENTATE. AHORRA y comenzamos con su difusión. A través de ese documento quisimos mostrar brevemente cuáles eran las **posibles acciones** que se pueden realizar para disminuir las pérdidas y desperdicios de alimentos.

La campaña en sí radica en **concientizar** a la población del problema global del despilfarro de alimentos y los efectos negativos para el ser humano y el medio ambiente, así como también para la economía. Por otro lado, pretende transmitir que **es posible combatir este problema mediante pequeños cambios** en nuestros hábitos cotidianos. Así, tuvimos la oportunidad de acercar la inquietud a empresas productoras de alimentos, universidades y hasta estudiantes.

A su vez, la coordinadora de comunicación y gestión del conocimiento de FAO Argentina, Silvina Ferreyra, participó de la 9.º Conferencia Nacional de la Red Argentina de Bancos de Alimentos, que tuvo como tema lema “*Salvar los alimentos que se tiran: consumos y producciones conscientes como vía de sociedades sostenibles*”. Allí tuvo la oportunidad de dar a conocer el Documento Marco e invitar a otros actores a participar.

### ¿Cuál es el rol de la Dirección de Agroalimentos frente a esta problemática?

La Dirección de Agroalimentos busca generar mejores capacidades de

gestión empresarial, la diferenciación de productos, la inclusión social y la sostenibilidad de los recursos, y contribuir al **posicionamiento de los productos agroalimentarios argentinos**. Con esta misión, trabajar en la reducción de las pérdidas de alimentos a nivel de la producción industrial es una gran oportunidad para las empresas, no sólo por la consecuente disminución de los costos totales de producción (materias primas, equipamiento, energía y agua utilizadas en el proceso, mano de obra, etc.), sino también los costos de disposición final y sobre todo el impacto ambiental. En pocas palabras, generar una producción y consumo nacional de alimentos **más eficiente**.

Hasta ahora nuestro aporte consistió en recopilar información y acompañar a la FAO en la difusión de ideas concretas para reducir la huella alimentaria.

### ¿Podría comentarme algunas de esas ideas?

En primer lugar, se diseñó una ficha de información técnica especialmente para los consumidores en la que se detalla las diferencias entre “pérdidas” y “desperdicios”, y brinda **consejos** para reducir el desperdicio generado en los hogares.

Posteriormente, se publicó una **nota en la Revista Alimentos Argentinos** a través de la cual se dio a conocer información extraída de ese documento y el estudio sobre Residuos Sólidos Urbanos elaborado por el Instituto de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la UBA.

A su vez, el 16 de octubre, en conmemoración al Día Mundial de la Alimentación, organizamos un pequeño evento destinado a compartir un **espacio de reflexión** sobre esta problemática con todo el personal del Ministerio. La primera presentación la realizó Silvina Ferreyra, quien explicó acerca del informe, algunas cifras y los inicios de la Iniciativa y la campaña ya mencionadas. A continuación, la directora de la Red Argentina de Bancos de Alimentos, Victoria Ancarola, compartió su experiencia de trabajo en una ONG que mucho tiene que ver con esta cuestión ya que su objetivo es recuperar alimentos. Por último, desde el equipo hicimos hincapié en la necesidad de involucrarse en esta iniciativa

a través de nuestros propios hábitos de consumo mediante diversos **consejos para disminuir el desperdicio** desde el hogar.

Entendemos que esta iniciativa es muy útil para comunicar y compartir información siempre y cuando exista la colaboración de todos los actores: productores de alimentos, supermercados, consumidores, restaurantes, bares, hoteles, casas de estudios, clubes sociales, entre otros.

### ¿Qué acciones se pueden encarar para reducir la huella alimentaria?

Se puede actuar en diversos planos y en diferentes niveles a lo largo de toda la cadena agroalimentaria. A grandes rasgos, la propuesta es la siguiente: Implementar Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y de Manufactura, **concientizar** al personal acerca de las pérdidas y desperdicios de alimentos, alinear las actividades de los servicios de alimentación con el objetivo de la iniciativa y revisar las líneas de producción a fin de **identificar los**

**puntos críticos** para implementar estrategias o realizar modificaciones orientadas a disminuir la huella alimentaria. También se busca considerar un posible destino para la utilización de materia prima que no cumpla con los criterios de calidad, incluir la **educación** sobre esta temática en los programas de Responsabilidad Social Empresaria y, por último, generar acciones **que fomenten la reducción de la huella alimentaria** en todas las áreas que tengan incidencia en la pérdida y el desperdicio de alimentos de forma coherente y **sostenible en el tiempo**.

### Luego de todas estas acciones... ¿Cómo ve a futuro los resultados de esta campaña?

Es ideal que esta propuesta tenga un espacio en los medios de comunicación para **que todos podamos tomar conciencia y buscar diferentes soluciones**. Es indispensable entender que no se trata de "culpar a alguien" (como ocurre muchas veces), sino que

todos debemos sentirnos responsables y aportar con pequeñas acciones cotidianas nuestro granito de arena. Los cambios orientados a disminuir las pérdidas o desperdicios dependerán del rol que cada uno tenga para con la problemática, aunque el **esfuerzo debe ser proporcional**. Es decir, se entiende que no es lo mismo para un productor de alimentos, para un retail y para un ama de casa. No obstante, cada esfuerzo suma.

Por otra parte, al momento los datos relacionados a las pérdidas y desperdicios en nuestro país son muy escasos y no tenemos en funcionamiento proyectos directamente relacionados con esta temática. Aún así, estamos proyectando ya con miras al **2014** orientarnos a trabajar en ese sentido.

#### Más información:

*Natalia Basso.*

*Licenciada en Nutrición de la UBA y parte del Equipo de Nutrición y Educación Alimentaria perteneciente a la Dirección de Agroalimentos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.*



## Pastillas

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

### Biodigestor Bovino: GEI en GNC

¿Imagina un vehículo que funcione con metano generado en el rumen de las vacas? Además de ser fuente de alimento, estos animales emiten gases que pueden proveer energía alternativa para uso doméstico. Técnicos del INTA demostraron que es posible capturar el metano, transformarlo en biocombustible y utilizarlo para generar luz, calor, alimentar una heladera y hasta el motor de un auto.

“Como los bovinos liberan Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera, proponemos una forma económica y práctica de secuestrarlos y utilizarlos como sustituto energético”, afirmó el coordinador del grupo de Fisiología Animal del INTA Castelar, Guillermo Berra.



### Mapa genético de la papa

Los casi 40 mil genes que conforman el genoma de la papa fueron identificados, ordenados y ahora vinculados con un mapa genético que facilitará la identificación de genes específicos responsables de ciertos caracteres. El logro corresponde a un grupo de científicos de 14 países, en el cual participan investigadores del INTA en representación de la Argentina.

El director del Laboratorio de Agrobiotecnología del INTA Balcarce, Sergio Feingold, consideró al logro como “un gran descubrimiento” que abre la posibilidad de identificar genes de interés agronómico, nutricional e industrial para incorporarlos a los programas de mejoramiento de manera dirigida.



### Vacuna vs diarrea viral bovina

A partir de plantas transgénicas, investigadores del Instituto de Genética y Virología del INTA crearon una vacuna para combatir el virus de la diarrea viral bovina (DVB), un desarrollo de bajo costo que permitirá proteger al rodeo de cría y trasladar esa respuesta inmune a los terneros mediante el calostro.

El investigador del INTA Castelar y responsable del logro, Andrés Wigdorovitz, se refirió al avance como “una alternativa superadora de las vacunas que actualmente hay en el mercado, porque es la primera fabricada a partir de este sistema innovador que permite producir la proteína E2 en cantidades suficientes y resulta más inmunogénica que las tradicionales”.

### SilvoINTA: Manejo forestal portátil

Para facilitar el trabajo de los silvicultores en la toma de decisiones sobre la corta de bosques nativos, investigadores del INTA crearon una aplicación para dispositivos móviles que permite registrar datos forestales y consultar los resultados acumulados en forma inmediata desde el lugar del relevamiento.

“Esta App, surgió para resolver la necesidad de aplicación de criterios de corta, asistir a la toma de decisiones sobre qué árboles cortar y mejorar el control que se tiene sobre este tratamiento”, explicó el responsable del proyecto, Marcelo Navall. La App, además de registrar información, realiza cálculos para controlar la intensidad de corta.

### Robot de invernáculo

El INTA creó un robot con inteligencia artificial para invernáculos para mejorar la producción de cultivos intensivos a escala de plantas mediante la gestión eficiente de recursos y su planificación.

“Se trata de una plataforma multipropósito cuyas acciones dependerán de las funciones que uno le asigne. Así, se puede adaptar a las necesidades y demandas de los territorios donde se la utilice”, explicó el desarrollador del robot, Ricardo Garro. El productor se vería beneficiado económica y productivamente porque trabajaría con mayor precisión mediante la aplicación de dosis justas de agua y fertilizantes de acuerdo a la necesidad de cada planta.



# Fauna benéfica asociada a cultivos de cerezo (*Prunus avium* L.) en el Valle Inferior del Río Chubut (Región Patagonia Sur)

BADO S.G.<sup>1</sup>; BLUM, R.<sup>1</sup>; SANTOS, M.E.<sup>1</sup>

## RESUMEN

El conocimiento de los agentes benéficos asociados a un cultivo forma parte de los aspectos básicos que deben tenerse en cuenta a la hora de establecer estrategias de control biológico. El objetivo del trabajo es brindar información acerca del complejo de enemigos naturales hallado en dos cultivos de cerezo en la Región Patagonia Sur donde no se emplean agroquímicos. Para ello, se desarrollaron monitoreos semanales con el fin de recolectar predadores y parasitoides sobre el cultivo. La determinación de los individuos se realizó con ayuda de claves entomológicas adecuadas. Se contó con la colaboración de especialistas taxonómicos. Se obtuvieron más de 170 individuos en ambos predios, entre las cuales el 70% pertenece a las familias Braconidae, Ichneumonidae y Chalcididae (Orden Hymenoptera) que son las que poseen reconocida acción como agentes de biocontrol.

**Palabras clave:** enemigos naturales, biodiversidad, Hymenoptera, control biológico conservativo.

## ABSTRACT

*The knowledge of the natural enemies associated with a culture is one of the basic aspects to think of when applying strategies for biological control. The aim of this study is to obtain information about the complex of natural enemies present in two cherry orchards in southern Patagonia where no application of agrochemicals takes place. Surveys were carried out weekly in order to collect predators and parasitoids in the orchards. Determination of individuals was carried out by means of entomological determination keys. Furthermore, specialized taxonomists were consulted for determination of doubtful individuals. More than 170 individuals were determined from both sites, of which around 70% belonged to the families Braconidae, Ichneumonidae and Chalcididae, which are known for their great potential as agents for biocontrol.*

**Key words:** natural enemies, biodiversity, Hymenoptera, conservative biological control.

---

<sup>1</sup>Estación Experimental Agropecuaria Chubut, INTA. 25 de Mayo 4870 (9100), Trelew, Chubut.  
Correo electrónico: bado.silvina@inta.gov.ar



## INTRODUCCIÓN

El conocimiento específico de los artrópodos auxiliares, limitadores naturales de las poblaciones fitófagas, o de sus relaciones en los ecosistemas agrarios son fundamentales en el ámbito de la protección, en particular la integrada (Martins *et al.*, 2002).

La manipulación de los enemigos naturales por el hombre para controlar las plagas recibe el nombre de “control biológico” y se diferencia del “control natural” que ocurre sin intervención humana (Van der Bosch, 1971). Entre los beneficios del control biológico se destaca el hecho de que no produce ningún efecto nocivo colateral de los enemigos naturales hacia otros organismos (incluido el hombre), no genera resistencia de las plagas, es relativamente a largo término, tiene frecuencia permanente, posee relación costo/beneficio favorable, no produce la surgencia de plagas secundarias ni problemas de intoxicaciones, entre otras (Barrera, 2012).

Los agentes benéficos pueden ser usados de diferentes maneras para el control de las plagas agrícolas, ya que son sus características biológicas las que determinan la estrategia a seguir (Greathead y Waage, 1983). Básicamente, se pueden distinguir tres formas o clases de control biológico: por conservación, por introducción y por incremento (Anónimo, 1990; Trujillo, 1991). De acuerdo con este último autor, el control biológico por conservación es el que más se adecua a las condiciones de los países latinoamericanos, ya que la mayoría de las plagas son endémicas, forma parte de las prácticas agroecológicas y su aplicación es más económica.

El control biológico por conservación es la alternativa que se presenta como el mayor desafío desde una perspectiva ecológica y agronómica. Se basa en un aprovechamiento más eficiente de recursos existentes pero requiere de un profundo conocimiento de las interrelaciones de los componentes de agroecosistema para manipular el ambiente en favor de los enemigos naturales. Por medio de manipulaciones ambientales se desea proteger, aumentar la diversidad y efectividad de los mismos (De Bach, 1964; Van Emden, 2003; Kean *et al.*, 2003; Landis *et al.*, 2005).

En el pasado, la conservación se intentaba con una especie a la vez, y se concentraba en suplir las necesidades del enemigo natural que se pensaba era el más importante en un sistema particular. Aunque éste continuara como enfoque muy útil, ahora parece posible que la teoría ecológica básica provea la información para el diseño y manejo de paisajes para conservar e incrementar la efectividad de comunidades enteras de enemigos naturales (Nicholls Estrada, 2008).

En cultivos de cerezo de la Región Patagonia Sur, si bien son escasas las aplicaciones de agroquímicos que se llevan a cabo, hasta el presente sólo este tipo de medida es tenido en cuenta para el manejo de adversidades fitosanitarias. Monitoreos realizados en cultivos de cerezo en el Valle Inferior del Río Chubut (VIRCH) en campañas previas revelaron que la mayor parte de las especies ani-

males perjudiciales producen daños indirectos, no existiendo plagas claves directas hasta el presente (Bado, 2007). Brunner (1996), afirma que este aspecto constituiría una ventaja dado que las plagas indirectas pueden ser toleradas a mayores densidades que las directas y las tácticas de control no químicas, tales como el control biológico, resultan más exitosas.

Teniendo en cuenta estos aspectos, en el marco del desarrollo de un Programa Integrado de Plagas, el control biológico conservativo representaría una medida de manejo factible para ser incorporada en el cultivo de cerezo de la región.

El objetivo del trabajo es brindar información acerca del complejo de enemigos naturales hallado en dos cultivos de cerezo, como base para el desarrollo a futuro de un programa de control biológico conservativo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo durante la campaña 2010-2011 en dos cultivos de cerezo ubicados en el VIRCH (predios 1 y 2). El predio 1, situado en el campo experimental de INTA EEA Chubut (43° 27' 27,06''S/ 65° 36' 14,85''O), abarcó una superficie de 0,25 ha con plantas de crecimiento libre de variedades origen francés, *Lapins* y *Brook*. En el predio 2, de una superficie de 0,5 ha (43°16'16''S - 65 15' 0,3''O), contó con las variedades *Van*, *Belle Manifique*, *Stella*, *Rainier*, *Napolitan*, *Bígaro Burlat*, bajo sistema de conducción “eje central”. En ninguno de los predios se realizaron aplicaciones con insecticidas.

Los monitoreos se iniciaron en el mes de noviembre y finalizaron en febrero. Consistieron en una recorrida semanal en cada predio durante una hora, donde se recolectaba todo el material posible de predadores y parasitoides. Los predadores eran colocados directamente en frascos de boca ancha con alcohol etílico 70%, mientras que en el caso de los parasitoides, se utilizó un aspirador entomológico. Una vez transportados al laboratorio, el material recolectado se acondicionó en frascos debidamente identificados que contenían alcohol etílico 70%.

La determinación de los individuos se realizó con ayuda de claves entomológicas, bajo Lupa Motic SMZ 168, hasta el nivel de familia. Se contó con la colaboración de especialistas taxónomos para la confirmación de algunas clasificaciones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En ambos predios se destacó como especie perjudicial *Caliroa cerasi* L. (Hymenoptera: Tenthredinidae) la “babosita del peral”, por su abundancia y daño ocasionado al cultivo (Bado, 2010). Otras especies presentes en el predio 2 en escasas densidades fueron *Edwarsiana froggatti* “chicharrita del manzano” (Hemiptera: Cicadellidae), *Nauphactus xantographus* “burrito de la vid” (Coleoptera: Curculionidae), *Scolytus rugulosus* “taladrillo” (Coleopte-

ra: Curculionidae) y *Bryobia rubrioculus* "arañuela parda" (Acarina: Tetranychidae).

Se determinaron más de 170 individuos de insectos asociados con el cultivo en los dos predios de los cuales 153 son, potencialmente, benéficos. La gran mayoría (133 individuos), son parasitoides que pertenecen al Orden Hymenoptera.

Además, se identificaron 20 individuos de coccinélidos (Coleoptera), predadores que se alimentan principalmente de pulgones.

En ambos predios las familias más abundantes dentro de los himenópteros parasitoides fueron Braconidae, Ichneumonidae y Chalcididae (figura 1). La primera se representó con 46 individuos. Los braconídeos son una de las familias más diversas dentro de los insectos con más de 12.000 especies conocidas hasta la actualidad y entre 40.000 y 50.000 especies estimadas (Ghahari *et al.*, 2011). Todas las especies son parásitas de insectos al estado larval (Lizzardí, 2006), principalmente de lepidópteros, incluyen a otros órdenes como Diptera, Hemiptera, Trichoptera, Mecoptera, Siphonaptera, Hymenoptera y Coleoptera, entre otros (Nájera Rincón y Souza, 2010).

De la familia Ichneumonidae se identificaron 21 ejemplares en total para las dos chacras. Juntos con los braconídeos, se encuentran en la superfamilia Ichneumonea, que son parasitoides de una gran variedad de especies perjudiciales. Algunas especies de los ichneumonídeos son criadas comercialmente y usadas para el control biológico de plagas (De Bach & Ros, 1991)

Una gran variedad de familias se encontró dentro de la superfamilia Chalcidoidea. Se determinaron siete familias diferentes: Chalcididae, Torymidae, Eulophidae, Encyrtidae, Eurytomidae, Pteromalidae, Scelionidae con un total de 48 individuos (figuras 1 y 2).

La mayoría de las especies de los Chalcidoideos son parasitoides, pero también hay especies depredadores y otras que son fitófagas (Noyes, 2003) Son insectos muy especializados en un tipo de alimento, como por ejemplo en una sola especie de huésped. Algunas especies de este grupo ya están registradas como enemigos naturales de plagas que se encuentran en los cultivos de cerezo en el VIRCH (Noyes, 2003).

De las familias Ceraphronidae y Platygastriidae se identificaron tres individuos respectivamente (figura 1). Con respecto a la familia Platygastriidae, se comportan como parasitoides primarios de dípteros; los Ceraphronidae, en muchos casos, son hiperparasitoides (información personal de la Dra. Marta Loíacono de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata).

Las familias Proctotrupidae y Bethyidae fueron poco abundantes (figura 1). La mayoría de especies de estas familias son parasitoides de coleópteros. De la familia Figitidae fueron colectados ocho individuos. Generalmente, éstos se comportan como parasitoides de larvas de dípteros que incluyen las moscas y los mosquitos (Buffington *et al.*, 2006).

Los resultados denotan una gran variedad y abundancia de insectos parasitoides y predadores en estos cultivos de cerezo en el VIRCH donde no se emplean agroquímicos, lo que presenta un gran potencial para el control biológico de plagas de cerezo en la región Patagonia Sur. Particularmente, las familias Braconidae, Ichneumonidae y las diferentes familias de los Chalcidoideos representan potentes enemigos naturales de numerosas especies de plagas de cultivos. Por ello, algunas especies de esas familias ya son conocidas y aplicadas en otras partes del mundo para el

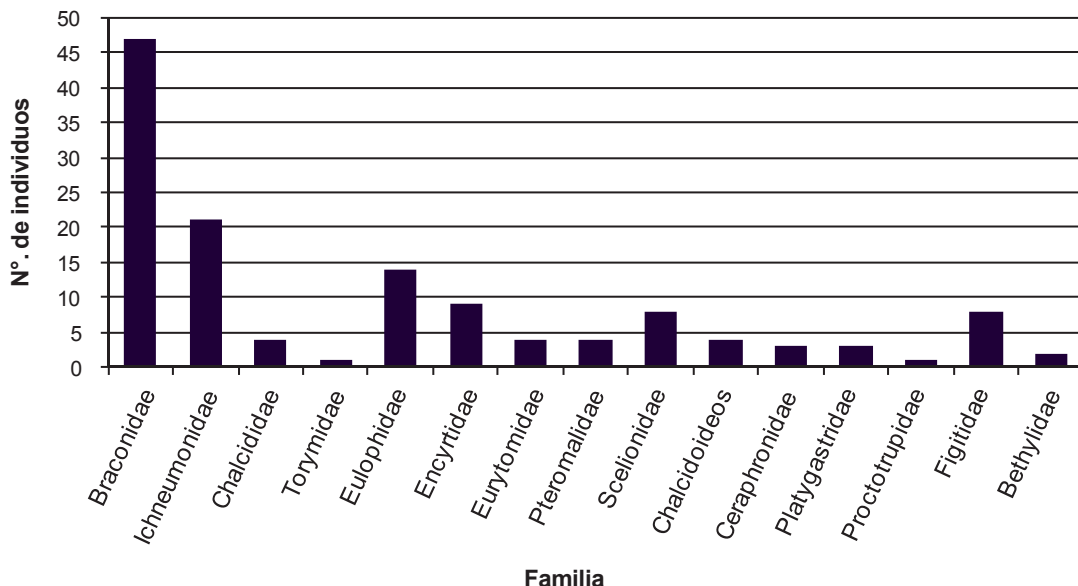


Figura 1. Abundancia de familias de himenópteros parasitoides registrados en dos predios del Valle Inferior del Río Chubut (VIRCH).



**Figura 2.** Ejemplares de tres familias distintas de la superfamilia Chalcidoidea encontrados en el VIRCH.  
a) Scelionidae b) Torymidae c) Eulophidae.

control biológico (Urbareja *et al.*, 2012; Gisloti & Pardo, 2012; De Bach & Rosen, 1991). Sin embargo, el estudio detallado de esos insectos es esencial para armar un plan de manejo más ecológico y económico de los cultivos.

Futuras investigaciones incluirán la determinación detallada de las especies presentes, las relaciones de las especies entre sí y la influencia de factores externos como por ejemplo: clima, humedad y diversidad de refugios a la estructura de la comunidad y a la presencia de algunas especies en particular. Esos datos ayudarán a optimizar el ambiente en los cultivos para atraer y mantener más cantidad de especies benéficas. También, se llevarán a cabo estudios sobre la dieta de los diferentes grupos para poder identificar las especies más potentes para el control biológico de plagas en la región Patagonia Sur.

Es un punto de partida para que a futuro se conozca el efecto de prácticas como la introducción de biodiversidad vegetal sobre las especies perjudiciales.

#### AGRADECIMIENTOS

A los especialistas taxónomos Dr. Daniel Aquino y Dra. Marta Loíancono (Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata.) por su colaboración en la confirmación de la clasificación de algunos individuos.

#### BIBLIOGRAFIA

ANÓNIMO. 1990. Manual de capacitación en control biológico. CENICAFE/CIBC. Colombia, 174 pp.

BADO, S.G. 2007. Plagas del cultivo de cerezo. Revista Fruticultura N.º 171. Extraordinario. pp: 14-22

BADO, S.G. 2010. "Dinámica poblacional de *Caliroa cerasi* L. (Hymenoptera: Tenthredinidae) en cultivos de cerezo (*Prunus avium* L.) (Rosaceae) del Valle Inferior del Río Chubut (Patagonia Sur-Argentina)". Revista IDESIA Vol. 28 (3) 51:60.

BARRERA, J.F. 2012. Introducción, Filosofía y alcance de control biológico. En: [http://www.controlbiologico.org.mx/Documentos/Intro\\_al\\_CB.htm](http://www.controlbiologico.org.mx/Documentos/Intro_al_CB.htm), verificado el 26/2/13.

BRUNNER, J.F. 1996. Management and control of Insect and mite pests of cherry. In: Cherries. Crop physiology, production and uses. CAB International, UK. 513 pp.

BUFFINGTON, M.L.; RONQUIST, F.; HANSON, P.; FONTALCAZALLA, F.M.; ROS-FARRÉ, P. 2006. Cynipoidea. En: F. Fernández, M. J. Sharkey. 2006. Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical. Serie Entomología Colombiana. Sociedad Colombiana de Entomología, Bogotá D. C., Colombia.

DE BACH, P. 1964. The scope of biological control. In: De Bach, P. Ed. Biological control of insect pests and weeds. New York: Reinhold:3-20.

DE BACH, P.; ROSEN, D. 1991: Biological Control by Natural Enemies. CUP Archive.

GHAHARI, H.; FISCHER, M.; PAPP, J. 2011. A study on the Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) from Ilam province, Iran. Calodema160, 1-5.

GISLOTI, L.J.; PRADO, A.P. 2012. Parasitism of *Neosilba perezii* (Diptera: Lonchaeidae) Larvae by a Braconid, *Phaenocarpa neosilba* (Hymenoptera: Braconidae: Alysiniinae). Florida Entomologist 95(4), 900-904.

- GREATHEAD, D.J.; WAAGE, J.K. 1983. Opportunities for biological control of agricultural pests in developing countries. The World Bank, Washington, D.C., World Bank Technical Paper Number 11, 44 pp.
- KEAN, J.; WRATTEN, S.; TYLIANAKIS, J.; BARLOW, N. 2003. The population consequences of natural enemy enhancement, and implications for conservation biological control. *Ecol. Lett.* 6:604-612.
- LANDIS, D.A.; MENALLED, F.D.; COSTAMAGNA, A.C.; WILKINSON, T.K. 2005. Manipulating plant resources to enhance beneficial arthropods in agricultural landscapes. *Weed Science* 53 (6):902-908.
- LIZZARDI, N.A. 2006. Estudio de los artrópodos asociados a una banda floral implementada como método de diversificación vegetal en cerezo (*Prunus avium* L.) tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Valparaíso. 46pp.
- MARTINS, F.M.; MEDONCA, T.R.; LAVANDINHO, A.M.P.; VIEIRA, M.M. 2002. Entomofauna num pome de limoeiros no Escarpim (Ribatejo) em Portugal. *Bol. San. Veg.* 28:435-433.
- NÁJERA RINCÓN, M.B.; SOUZA, B. 2010. Insectos benéficos. Guía para su identificación. Instituto Nacional de investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias México. 72 pp.
- NICHOLLS ESTRADA, C.I. 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Editorial Universidad de Antioquia, Colombia, 294 pp.
- NOYES, J.S. 2003. Universal Chalcidoidea Database. World Wide Web electronic publication. En: <http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>, verificado 23/09/2013.
- TRUJILLO, J. 1991. Metodología del control biológico. pp. 43-46. In: L. A. Rodríguez del Bosque y R. Alatorre (eds.), Memorias del II Curso de Control Biológico, SMCB-UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah, México. 7-9 Octubre, 1991.
- URBANEJA, A.; GONZÁLEZ-CABRERA, J.; ARNÓ, J.; GABARRA, R. 2012. Prospects for the biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes of the Mediterranean basin. *Pest Management Science* 68 (9), 1215-1222.
- VAN DER BOSCH, R. 1971. Biological control of insects. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 2:45-66
- VAN EMDEN, H.F. 2003. Conservation biological control: from theory to practice. En: Proceedings of the International Symposium on Biological Control of Arthropods, Honolulu, Hawaii, 14-18 January 2002 (ed. VanDriesche, R. ), USDA Forest Service, Morgantown, WV:199-208.

# Evaluación de la doble inoculación *Bradyrhizobium*-micorrizas y el uso de fitoterápicos de semilla en el crecimiento, eficiencia de inoculación y el rendimiento de un cultivo de soja

CLUA, A.<sup>1</sup>; OLGATI, J.<sup>1</sup>; BELTRANO, J.<sup>1,2</sup>

## RESUMEN

La problemática de la fertilidad de suelos adquiere relevancia en la producción agrícola en general y en el cultivo de soja en particular. El interés creciente por los biofertilizantes surge de la necesidad de desarrollar alternativas más limpias y menos costosas para suministrar nutrientes a las plantas. La inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* y hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) *Glomus mosseae*, es una alternativa a tener en cuenta. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la doble inoculación *Bradyrhizobium*-micorrizas y su interacción con fitoterápicos de semillas, sobre el crecimiento y rendimiento final de *Glycine max*. El ensayo se llevó a cabo sobre un cultivo de soja, implantado en el partido de Lobos en la provincia de Buenos Aires. Se estableció un diseño experimental en bloques al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron: Control sin inoculación (C); Inoculación con *B. japonicum* (IB); Inoculación combinada *Bradyrhizobium*-micorrizas (IBM); Inoculación con *Bradyrhizobium* + curasemilla (IBC); Inoculación combinada + curasemilla (IBMC). Se determinaron parámetros de crecimiento, eficiencia de nodulación y micorrización, rendimiento y sus componentes. Comparados con el control, IBM e IBMC mostraron un aumento significativo, del orden del 40 %, en los parámetros de crecimiento. Todos los tratamientos aumentaron significativamente el número de plantas noduladas, comparados con el control. El número de nódulos por planta aumentó significativamente en todos los tratamientos de inoculación, con mayor nodulación en los tratamientos de inoculación combinada, comparados con los de inoculación simple. Sólo los tratamientos IBM e IBMC aumentaron significativamente el porcentaje de raíces micorrizadas, comparados con el control. Los tratamientos IB, IBC e IBMC aumentaron significativamente el rendimiento, con valores de 4.750, 4.825 y 4.850 Kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, comparados con el control (4.100 Kg ha<sup>-1</sup>). El rendimiento se incrementó significativamente en los tratamientos con doble inoculación y fitoterápicos de semilla (IBMC) y en aquellos con simple inoculación con *B. japonicum*, independientemente de la aplicación de fitoterápicos de semilla (IB e IBC).

**Palabras clave:** *Glycine max*, *Glomus mosseae*, nodulación.

<sup>1</sup>INFIVE. CONICET-UNLP. Diagonal 113 N° 495, CC 327, (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Correo electrónico: arielclua@yahoo.com.ar

<sup>2</sup>CICBA

## ABSTRACT

Soil fertility is a relevant aspect of agricultural production, particularly so in soybean crops. Biofertilizers such as *Bradyrhizobium japonicum* and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are studied in order to find sustainable alternatives to providing crops with mineral nutrients. The aim of this work was to study the effect of the co-inoculation of *Bradyrhizobium-mycorrhizal* fungi on the growth and yield of *Glycine max* and its interaction with the fungicides applied to seeds. The experiment was conducted on a soybean crop planted at Lobos, Buenos Aires province. The treatments were: Control: no inoculation (C); Inoculation with *B. japonicum* (IB); combined inoculation of *Bradyrhizobium-mycorrhizal* (IBM); Inoculation with *Bradyrhizobium* + fungicides (IBC); combined inoculation + fungicides (IBMC). In the experiment the following were determined: growth parameters, nodulation and mycorrhization efficiency, and yield and its components. The IBM and IBMC treatments showed a significant increase in growth parameters, around 40% compared to control. All treatments significantly increased the number of nodulated plants compared with the control. The number of nodules per plant was significantly higher in all inoculated treatments compared with the control, and the highest values were observed with the co-inoculation treatments as compared with single inoculation treatments. IBM and IBMC treatments increased the percentage of mycorrhizal roots compared with the control. IB, IBC, and IBMC treatments showed a significant increase in yield: 4,750 Kg ha<sup>-1</sup>; 4,825 Kg ha<sup>-1</sup>, and 4,850 Kg ha<sup>-1</sup>, respectively, compared with the control (4,100 Kg ha<sup>-1</sup>). The yield was increased in the combined inoculation and fungicide (IBMC) treatments and those inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* only, independently of fungicide use (IB and IBC).

**Keywords:** *Glycine max*, *Glomus mosseae*, nodulation.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años el escenario agrícola de nuestro país experimentó cambios significativos a partir de la implementación de tecnologías que derivaron en el papel preponderante del cultivo de soja. El constante incremento del área sembrada con este cultivo, que en la actualidad alcanza 18 millones de hectáreas, posicionó a la Argentina en el primer y segundo lugar como exportador de aceite y de harina de soja, respectivamente, y el cuarto lugar como productor de grano (Bolsa de Cereales de Buenos Aires, 2010).

Se sabe que la disponibilidad y la eficiencia en el uso de los nutrientes, principalmente de nitrógeno, fósforo, azufre y potasio, afectan los procesos que regulan el crecimiento, la generación del rendimiento y la calidad de los granos (Satorre, 2003).

El incremento en la producción de soja es consecuencia no sólo del aumento en la superficie sembrada, sino también por incrementos en los rendimientos, los cuales se hallan entre los más altos del mundo (Melgar *et al.*, 2011). Esto fue posible en parte debido al subsidio energético representado por el empleo de fertilizantes (Satorre, 2003).

En nuestro país, en los principales cultivos, incluido la soja, el aporte de nutrientes a través de la fertilización no es suficiente para compensar los extraídos del suelo. El balance entre los aportes de nutrientes y la extracción por los granos muestra, en promedio para todos los cultivos, una reposición de tan sólo 45, 25 y 10% para P, N y S, respectivamente (Quiroga *et al.*, 2006).

La tendencia de la producción agrícola actual parece incompatible con la sustentabilidad de los agroecosistemas debido

fundamentalmente a la potencial degradación del recurso suelo, la pérdida de fertilidad actual y la aplicación indiscriminada de fertilizantes químicos, con el consiguiente deterioro progresivo del ambiente y su contaminación (Altieri, 1997). Como consecuencia creció notablemente el interés por los biofertilizantes para desarrollar alternativas más limpias y menos costosas para suministrar nutrientes a las plantas. Entre los biofertilizantes más estudiados y utilizados se encuentran aquellos que contienen *Bradyrhizobium japonicum* en su formulación, así como los que contienen hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) (Corbera y Napoles, 2000).

Dado que en el cultivo de soja la vía de aporte más importante de nitrógeno es la proveniente de la fijación biológica de N (FBN), con valores que oscilan habitualmente entre el 25 y el 84% del total absorbido (Satorre, 2003), la práctica más recomendable para optimizar la FBN es la inoculación con cepas de *B. japonicum* incorporadas mediante preparados comerciales inoculantes (Gutiérrez Boem y Schainer, 2005; Ferraris y Couretot, 2010).

En el caso del fósforo, el bajo contenido en suelos (Darwich, 1983), sumado al hecho que su disponibilidad para las plantas está influenciada por factores edáficos como pH, materia orgánica y textura, suscitó un interés en el estudio de microorganismos como los HFMA, capaces de mejorar el aprovechamiento de este elemento.

La simbiosis micorrícica es una interacción entre especies de hongos del Phylum Glomeromycota y las raíces de la mayoría de las plantas terrestres (Schüssler *et al.*, 2001). Esta simbiosis puede ocurrir naturalmente con la microflora autóctona del suelo, ya que incrementa la habilidad de las plantas para soportar situaciones adversas o de estrés

como salinidad, sequía y patógenos (Rabie y Almadini, 2005; Juniper y Abbott, 2006; Beltrano *et al.*, 2003). A su vez, produce incremento de la biomasa en plantas colonizadas (Porcel y Ruiz Lozano, 2004), lo que representa, de esta manera, un impacto positivo en la productividad de los cultivos (Johnson *et al.*, 1997). Este efecto benéfico se puede deber a un incremento en la absorción de nutrientes con baja movilidad como P, Zn y Cu y a una mejora en las relaciones hídricas (Ruiz-Lozano y Azcon, 1995; Al-Karaki y Al-Raddad, 1997; Al-Karaki y Clark, 1998).

En el caso de la soja, esta asociación favorece el crecimiento en cultivos bajo condiciones de estrés (Tian *et al.*, 2004). Además, Plenchette y Duponnois (2005) y Sharifi *et al.* (2007), determinaron un mayor crecimiento y una mayor absorción de P de las plantas inoculadas.

En función de lo expuesto, el estudio y desarrollo de prácticas sustentables, como la incorporación de microorganismos que establezcan una asociación positiva y que le permita a las plantas soportar situaciones adversas, es de importancia en sistemas degradados para el mejor aprovechamiento de los recursos. En este sentido, con el objeto de optimizar el aprovechamiento del nitrógeno y el fósforo en los cultivos, en los últimos años se realizaron experimentos con el empleo de inoculaciones conjuntas de rizobios y hongos micorrícicos en oleaginosas, lo que provocó incrementos tanto en el crecimiento como en el rendimiento (Corbera y Napoles, 2000).

Además, es muy común que junto a la práctica de inoculación se realicen tratamientos con fitoterápicos de semillas para prevenir plagas y enfermedades. Generalmente, se mencionan los principios activos de estos compuestos como responsables de un efecto nocivo sobre la eficiencia de la inoculación con rizobios (Peticari y Puente, 2006). La información acerca del efecto de estos terapéuticos de semillas y la eficiencia de colonización de los hongos micorrícicos es escasa, a pesar de que en los últimos años diversas investigaciones intentaron esclarecer el tema (Vijayalakshmi y Rao, 1993; Schreiner y Bethlenfalvay, 1997; Giovannetti *et al.*, 2006; Samarbakhsh *et al.*, 2009).

Este trabajo propone evaluar la eficiencia de la doble inoculación *B. japonicum*-hongos micorrícicos arbusculares (HFMA) sobre el crecimiento y rendimiento final del cultivo de soja, comparada con la inoculación tradicional con *B. japonicum*. A su vez, se busca observar el efecto de los terapéuticos de semillas sobre los distintos inóculos utilizados. De este modo, se plantean como hipótesis a) la co-inoculación rizobio-HFMA en soja, produce efectos benéficos sobre el cultivo y b) la eficiencia de estos organismos en la simbiosis con la soja es modificada por el empleo de fitoterápicos de semilla.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el partido de Lobos, provincia de Buenos Aires (35° 11' 07" L.S.; 59° 05' 41" L.O). El lote de experimentación se encuentra en producción agrícola continua, al menos durante las últimas 15 campañas,

con el maíz como cultivo antecesor en la campaña inmediata pasada y soja en rotaciones previas.

El lote fue seleccionado en base a su baja dotación de fósforo, determinada a partir de muestras compuestas de suelo (tabla1), sobre el cual se diseñó el experimento. El suelo se clasifica taxonómicamente como un Hapludol éntico, perteneciente a la serie Bolívar y su clasificación según capacidad de uso es IIIs (INTA, 1989).

Determinación	Resultado
Profundidad de la muestra (cm)	20
Materia Orgánica (%)	4,25
Conductividad eléctrica (ds.m <sup>-1</sup> )	0,075
Ph	5,84
Contenido de NO <sub>3</sub> (ppm)	35
Fósforo asimilable (ppm)	2,5

**Tabla 1.** Análisis de suelo del lote de experimentación.

La siembra se realizó el día 13 de noviembre de 2010, en siembra directa, con una sembradora "Agrometal Mix", de 7,56 m de ancho de labor, con una distancia entre líneas de 21 cm. La variedad utilizada fue Don Mario 3700. Se estableció un diseño experimental en bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento, en parcelas de 7,56 m de ancho por 10 m de largo. Los inoculantes utilizados fueron: *B. japonicum*, en concentración de  $1 \times 10^8$  rizobios vivos por cc de inoculante y una mezcla de trozos de raíces de trébol blanco (*Trifolium repens*) infectadas con micelio y esporas de *Glomus mosseae*, con una riqueza de 50 esporas g<sup>-1</sup> de inóculo, más *B. japonicum* en idéntica concentración al anterior. La inoculación fue realizada inmediatamente antes de la siembra, empleando dosis de 400 cc por cada 100 Kg<sup>-1</sup> de semilla y 10 g por Kg<sup>-1</sup> de semilla y 10 g Kg<sup>-1</sup> de semilla, para el primer y segundo inóculo, respectivamente. Conjuntamente con la inoculación se procedió al curado de la semilla mediante una combinación de fungicidas de acción complementaria (thiram- contacto- y carbendazim –sistémico-), la composición de la mezcla utilizada fue 12,5% Thiram + 12,5% Carbendazim (p/v), aplicando una dosis de 200 cc por cada 100 Kg<sup>-1</sup> de semilla. Previo a la siembra, se tomaron muestras compuestas de suelo para su análisis (tabla 1). A la siembra se fertilizó en líneas, mediante cajón fertilizador, con 80 kg ha<sup>-1</sup> de una mezcla física de grado 0 % N<sub>2</sub>, 32 % P (25 kg ha<sup>-1</sup>) y 4 % S (3,2 kg ha<sup>-1</sup>). Los tratamientos fueron: Control sin inoculación (C); Inoculación con *B. japonicum* (IB); Inoculación combinada *Bradyrhizobium*-micorrizas (IBM); Inoculación con *Bradyrhizobium* + curasemilla (IBC); Inoculación combinada + curasemilla (IBMC).

El control de plagas y malezas del cultivo se realizó de forma convencional para la región.

Dos meses previos a la siembra y durante todo el periodo

de evaluación del experimento, se registraron las precipitaciones (587 mm). Este registro fue inferior al promedio histórico del partido de Lobos, para el mismo período, que es de 795 mm (figura 1). Asimismo, se estimó la evapotranspiración, por medio de la metodología de Thornthwaite, confeccionando el balance hídrico para todo el ciclo del cultivo (figura 2).

A los 30 días de la siembra, se evaluó la eficiencia de implantación del cultivo en los diferentes tratamientos, mediante el recuento de plantas por metro lineal, realizándose cuatro repeticiones por tratamiento. Asimismo, a los 30, 60 y 90 días, se extrajeron 10 plantas por tratamiento seleccionadas al azar y se midieron parámetros de crecimiento, como altura de planta, diámetro de tallo y materia seca de parte aérea. A los 90 días posteriores a la siembra se midió índice de verdor, sobre el primer par de hojas expandidas, inmediatamente por debajo del ápice, utilizando un SPAD.

A los 45 días de la siembra, se realizó una evaluación de la nodulación, considerándose infectivas aquellas plantas con más de tres nódulos funcionales, determinados por la coloración de los mismos (Vincent, 1970). Asimismo se evaluó la presencia de micorrizas, mediante observaciones en microscopio óptico, en cinco plantas por parcela, seleccionadas al azar. A la cosecha sobre 1 m<sup>2</sup> de cada parcela, se determinaron los componentes del rendimiento como número de vainas por planta, número de granos por vaina y por planta, peso de 1000 granos y se calculó el rendimiento. Además, se calculó, en los tratamientos que correspondía, la dependencia micorrízica (DM), de acuerdo a la siguiente fórmula (Ruscitti *et al.*, 2011):

$$DM = \frac{PS \text{ de plantas micorrizadas} - PS \text{ de plantas no micorrizadas}}{PS \text{ de plantas micorrizadas}} \times 100$$

Los datos se analizaron estadísticamente por análisis de varianza, mediante el programa STATGRAPHICS 7.0 y las

medias se compararon por LSD ( $P < 0,05$ ). Para el análisis estadístico, los datos expresados en porcentaje (plantas noduladas y micorrizadas, raíces micorrizadas) se transformaron en arcoseno y eso mejoró la homogeneidad de varianzas (Lison, 1976).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la eficiencia de implantación, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos y el porcentaje de emergencia fue del 90%. En la altura de plantas, a los 30 días no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (tabla 2). A los 60 y 90 días, los tratamientos IBM e IBMC mostraron una altura significativamente mayor comparado con el resto de los tratamientos, sin diferir entre ellos.

A los 30 días después de la siembra, el diámetro del tallo de todos los tratamientos fue significativamente superior al control, el IBM e IBMC fueron superiores a IB e IBC. Esta misma tendencia se mantuvo a los 60 y 90 días (tabla 2).

A los 30 días, la materia seca de la parte aérea, en los tratamientos IB, IBC e IBMC, fue significativamente superior a IBM y C, los cuales no difirieron entre sí. A los 60 días los tratamientos micorrizados, IBM e IBMC fueron significativamente superiores al resto (los cuales difirieron significativamente entre sí). IBC fue superior a IB y éste superior a C. A los 90 días, se observaron los mismos resultados para IBM e IBMC, aunque sin diferencias significativas entre IBC, IB y C (tabla 2). El índice de verdor no mostró diferencias significativas entre tratamientos (tabla 2).

Estas respuestas se produjeron en condiciones ambientales adversas, con déficit hídrico, durante el estado vegetativo del cultivo (meses de noviembre y diciembre). En el periodo crítico para la determinación del rendimiento, durante los meses de enero y febrero, las condiciones hídricas fueron adecuadas (figura 2).

Tratamiento	Plantas Emergidas (pl.m <sup>-1</sup> )	Altura de plantas (cm)			Diámetro tallo (mm)			M S (g.pl <sup>-1</sup> )			I.V
		30 d	60 d	90 d	30 d	60 d	90 d	30 d	60 d	90 d	
C	12,0 a	20,7 a	58,5 c	70,2 c	5,7 c	8,5 c	9,6 c	10,5 b	15,7 d	26,2 b	39,7 a
IB	12,7 a	22,1 a	61,5 b	73,8 b	6,5 b	9,4 b	10,5 b	12,6 a	18,9 c	25,2 b	40,3 a
IBM	12,0 a	19,4 a	65,0 a	76,5 a	7,4 a	10,3 a	11,2 a	10,3 b	32,0 a	39,9 a	40,2 a
IBC	12,7 a	20,4 a	61,0 b	73,4 b	6,5 b	9,6 b	10,6 b	12,4 a	22,0 b	27,3 b	40,0 a
IBMC	12,7 a	20,5 a	65,2 a	77,2 a	8,0 a	10,3 a	11,9 a	11,5 a	33,6 a	37,6 a	40,0 a
F	2,01	2,39	2,73*	6,78*	7,80*	9,64*	3,88*	8,20*	3,17*	4,02*	0,75

**Tabla 2.** Número de plantas emergidas, a los 30 días de la siembra (pl m<sup>-1</sup>), altura de plantas (cm), diámetro de tallo (mm), materia seca de parte aérea (MS g pl<sup>-1</sup>), a los 30, 60 y 90 días de la siembra e índice de verdor (IV) a los 90 días de la siembra, en tratamientos de inoculación y co-inoculación en soja.



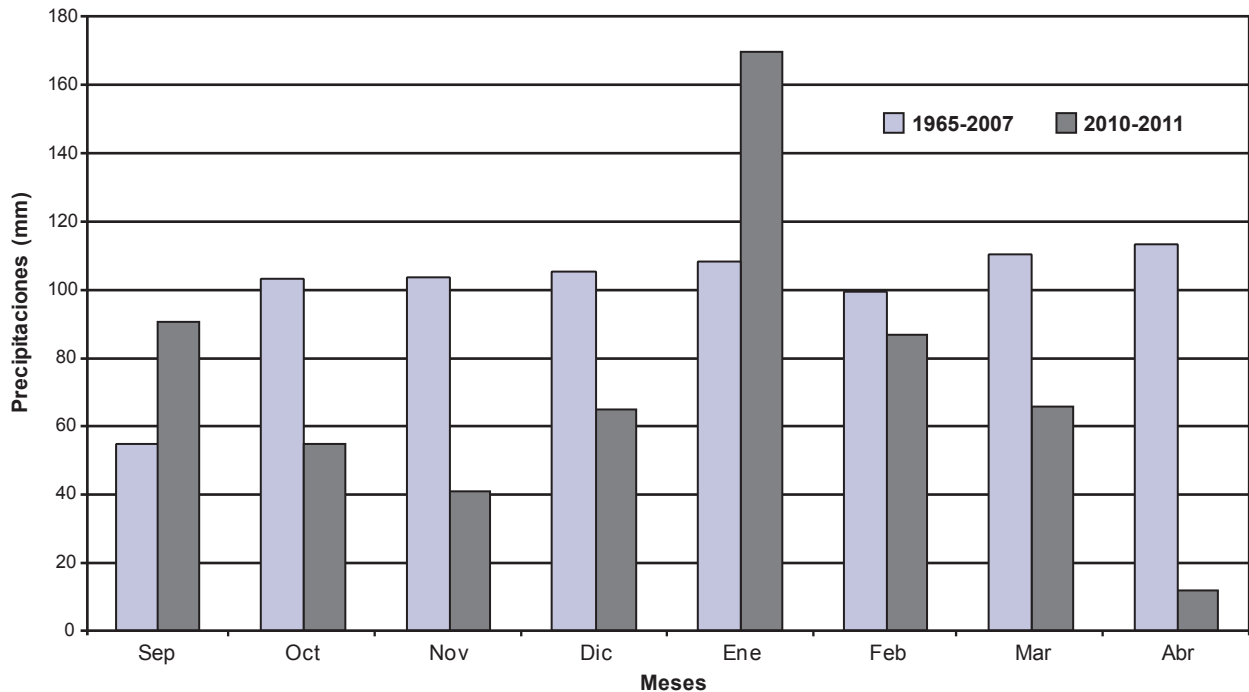


Figura 1. Promedios mensuales históricos de precipitaciones (mm) en el partido de Lobos (1965-2007).

Fuente: Sociedad Rural de Lobos). Precipitaciones mensuales (mm) ocurridas durante el periodo del ensayo.

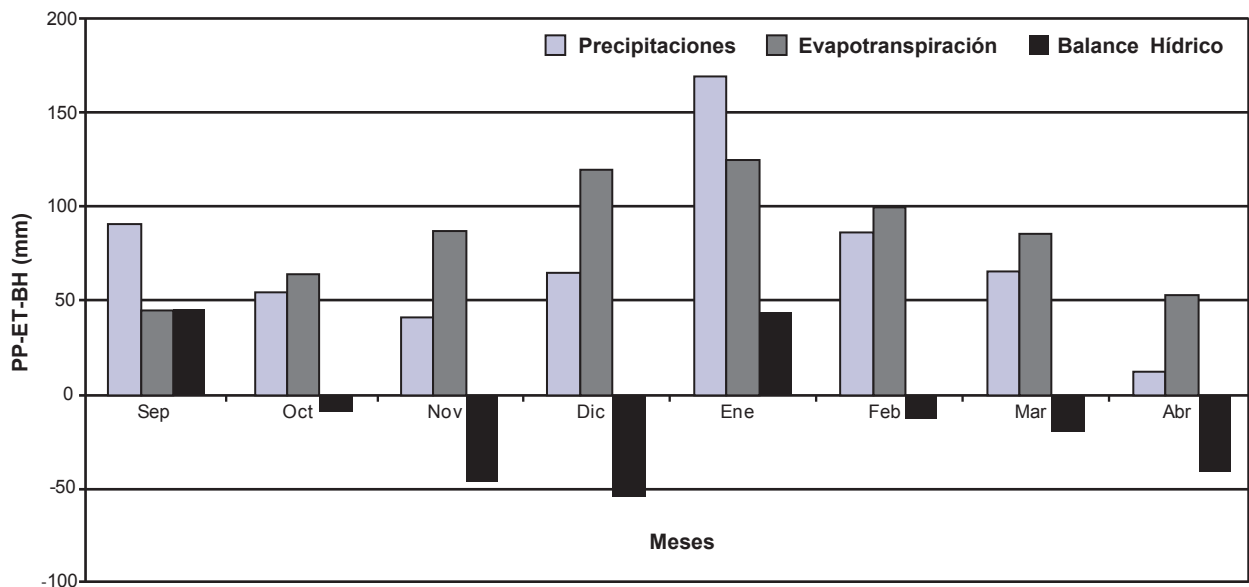


Figura 2. Precipitaciones registradas durante el ensayo, evapotranspiración estimada y balance hídrico calculado (mm, Thornthwaite).

Los tratamientos de micorrización con y sin curasemilla presentaron un mayor crecimiento (altura de planta, diámetro de tallo y materia seca), en comparación con las plantas no micorrizadas. Este efecto se puede atribuir a una mayor eficiencia en la absorción de agua y nutrientes, principalmente P, y en la resistencia a factores de estrés como el déficit hídrico (Porcel y Ruiz Lozano, 2004). También es

sabido que las micorrizas incrementan el número y peso de los nódulos, cuando son co-inoculadas con *B. japonicum*. Consecuentemente, la dependencia micorrícica (esto es la relación entre la biomasa –PS aéreo– de las plantas micorrizadas comparadas con las no micorrizadas) alcanzó valores de más del 50% a los 60 días después de la siembra y de más del 30% a los 90 días (datos no presentados).

Los mayores valores de DM de los tratamientos inoculados con micorrizas, demuestran la mayor eficiencia del inóculo micorrícico utilizado respecto de las cepas autóctonas. Por otra parte, la concentración de nitrógeno en las leguminosas con doble inoculación se incrementa gracias a una mayor fijación por parte de los nódulos y a un mayor aporte de P por acción de la inoculación micorrícica (Barea *et al.*, 1987).

Los resultados de este trabajo coinciden con los presentados por Halos *et al.* (1982), Hernández y Hernández (1996) y Pijeira *et al.* (1996), quienes observaron estimulación del crecimiento vegetativo en soja, con inoculación conjunta *Bradyrhizobium japonicum*-*Glomus mosseae*.

La eficiencia de la nodulación, expresada a través del número de plantas noduladas, mostró la presencia de nódulos funcionales en los tratamientos de inoculación y co-inoculación, con incrementos significativos, del orden del 20% (tabla 3) comparados con el control. En relación al número de nódulos por planta, todos los tratamientos presentaron diferencias significativas con respecto al control. Los tratamientos IBM e IBMC, sin diferencias entre ellos, presentaron un mayor número de nódulos comparados con los tratamientos IB e IBC. Estos resultados muestran una mayor nodulación en los tratamientos de inoculación combinada, con respecto a los de simple inoculación (tabla 3).

Los tratamientos IBM e IBMC también mostraron un porcentaje significativamente mayor de plantas micorrizadas, comparados con el control. Los restantes tratamientos no mostraron diferencias con el control (tabla 3). Con respecto al porcentaje de raíces micorrizadas, los resultados fueron similares a lo observado para la variable anterior (tabla 3).

Si bien el cultivo de soja presenta necesidades muy elevadas de N, una parte importante de este requerimiento es cubierto, vía fijación biológica, a través de la simbiosis con *B japonicum* (Andrade y Cirilo, 2000). La inoculación de la semilla es una práctica ya incorporada e indispensable, y de bajo costo, para lograr una adecuada provisión de nitrógeno para el cultivo. En la región pampeana se determinaron aportes de N por esta asociación del orden

del 30 al 70% de las necesidades totales de N del cultivo, en función del nivel de fertilidad nitrogenada del suelo y las características climáticas de la estación de crecimiento (González, 2000).

Los altos porcentajes de micorrización encontrados en este trabajo, del orden de 85 % para los tratamientos inoculados (IBM e IBMC), comparados con los tratamientos control, IB e IBC (no inoculados) que presentaron valores significativamente inferiores del orden del 15%, demuestran la baja eficiencia en la colonización micorrícica por parte de poblaciones nativas.

Existe información que demuestra que la población nativa de HFMA presente en el suelo es afectada por las prácticas agrícolas como tipo de siembra (convencional o directa), aplicación de herbicidas y fertilizantes (Dodd y Jeffries, 1989; Schalamuk y Cabello, 2010). Además, otros autores observaron en siembra directa, como en este trabajo, un mayor porcentaje de hifas, arbuscúlos, vesículas y número de propágulos infectivos de hongos micorrícicos de la familia Glomeromycota, comparados con suelos con labranza convencional (Douds *et al.*, 1995; Mc Gonigle and Miller, 1996; Mozafar *et al.*, 2000; Schalamuk *et al.*, 2004).

El uso de herbicidas como glifosato es otro de los factores que puede afectar significativamente a las comunidades de Glomeromycota, debido a la eliminación de sus hospedantes alternativos, dada su característica de simbioses obligados (Feldman y Boyle, 1998). Es así que el mayor uso de herbicidas, no sólo afectaría a la población nativa de HFMA, sino que también perjudicaría al inóculo utilizado. Sin embargo, los resultados de este trabajo muestran una elevada eficiencia de la inoculación micorrícica, contraponiéndose a lo observado en otros casos (Ronco *et al.*, 2008; Savin *et al.*, 2009). Ello puede deberse a las distintas características edáficas, en cuanto a textura, pH y dotación de fósforo, que influyen la adsorción-desorción del herbicida y su liberación en la solución del suelo (Clua *et al.*, 2012).

El uso de fertilizantes y la fertilidad del suelo, constituyen otras variables que afectan marcadamente el desarrollo

Tratamiento	Plantas noduladas (%)	No de nódulos pl <sup>-1</sup>	Plantas micorrizadas (%)	Raíces micorrizadas (%)
C	80 b	17,75 c	55 c	15 c
IB	100 a	26,75 b	55 c	15 c
IBM	100 a	33,75 a	70 b	60 b
IBC	100 a	25,75 b	55 c	15 c
IBMC	100 a	32,00 a	85 a	85 a
F	3,57*	16,45*	30,08*	25,2*

**Tabla 3.** Porcentaje de plantas noduladas, número de nódulos por planta, porcentaje de plantas micorrizadas y porcentaje de raíces micorrizadas, en tratamientos de inoculación y co-inoculación en soja.

Tratamiento	Nº de granos.vaina <sup>1</sup>	Nº de vainas.m <sup>2</sup>	Nº de granos.m <sup>2</sup>	PMG
C	2.34 a	941.38 c	2.202.85 b	185.89 a
IB	2.41 a	1.143.15 b	2.755.00 a	172.32 b
IBM	2.31 a	978.79 c	2.261.00 b	182.54 a
IBC	2.28 a	1.220.08 a	2.773.78 a	174.25 b
IBMC	2.27 a	1.220.26 a	2.770.00 a	177.51 b
F	0,18	8,56*	21,53*	2,61*

**Tabla 4.** Numero de granos por vaina, número de vainas m<sup>2</sup>, número de granos m<sup>2</sup> y peso de mil granos (PMG), en tratamientos de inoculación y co-inoculación en soja.

de los HFMA. En trabajos realizados por Hayman (1975) y Vivekanandan y Fixen (1991), en suelos deficientes en nutrientes, se observaron porcentajes de colonización micorrícica, significativamente más altos comparados con suelos bien provistos de nutrientes. Estos resultados, coincidentes con los observados en este trabajo, se deben fundamentalmente a que en suelos deficientes en nutrientes, principalmente fósforo, el costo energético que implica para la planta el mantenimiento de la simbiosis se justifica por la mayor provisión de este elemento.

En este trabajo se observó que los curasemillas utilizados, a base de Thiram y Carbendazim, no afectaron negativamente el desarrollo de nódulos, e inclusive en el caso particular de la doble inoculación, la micorrización se vio beneficiada cuando se la combinó con los terapicos, coincidentemente con lo observado por Giovannetti *et al.* (2006) y Samarbakhsh *et al.* (2009). Estos resultados son opuestos a los observados por Vijayalakshmi y Rao, (1993); Sreenivasa, (1989); y Hernández Dorrego y Mestre Parés, (2010), para el caso de la aplicación de ditiocarbamatos (Thiram) y por Ocampo (1993), Schreiner y Bethlenfalvay (1997) para aplicaciones de Carbendazim en suelo.

Estas diferencias pueden deberse a la oportunidad del uso de fitoterapicos, ya que la aplicación de los mismos inmediatamente a la siembra, como en este trabajo donde el

funguicida fue aportado por el curado de la semilla, mostró un aumento en la colonización de micorrizas, en coincidencia con Vijayalakshmi y Rao (1993).

Los resultados obtenidos, en cuanto a los componentes de rendimiento, no mostraron diferencias significativas entre tratamientos para el número de granos por vaina (tabla 4). Con respecto al número de vainas por metro cuadrado, los tratamientos IBC e IBMC fueron significativamente mayores comparados con los demás tratamientos. El tratamiento IB mostró valores significativamente mayores comparado con el tratamiento IBM y el control, sin diferencias significativas entre estos dos últimos tratamientos (tabla 4).

Para el número de granos por metro cuadrado, los tratamientos IB, IBC e IBMC fueron significativamente mayores comparado con el tratamiento IBM y el control (tabla 4).

El peso de mil granos fue significativamente mayor en el control y el tratamiento IBM, comparado con los restantes tratamientos, mientras que no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos IB, IBC e IBMC (tabla 4).

Estos resultados son similares a los observados por Corbera y Nápoles (2000) y Bagyaraj *et al.* (1979), en ensayos con inoculación conjunta *B. japonicum* y *Glomus fasciculatum*, en un medio deficiente en fósforo, con incrementos significativos tanto para el número de vainas m<sup>2</sup> como para el número de granos m<sup>2</sup>.

Tratamiento	Rendimiento (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Diferencias s/control (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Diferencia s/control (%)
C	4.094.88 b	0	0
IB	4.747,63 a	652.75 a	16.00 a
IBM	4.127,50 b	32.63 b	1.00 b
IBC	4.847.25 a	752.38 a	18.00 a
IBMC	4.904.50 a	809.63 a	20.00 a
F	8,61*		

**Tabla 5.** Rendimiento final (Kg ha<sup>-1</sup>) y diferencias con el control (Kg ha<sup>-1</sup> y %), en tratamientos de inoculación y co-inoculación en soja.

Con respecto al rendimiento, los tratamientos IB, IBC e IBMC mostraron diferencias significativas comparados con el control y el tratamiento IBM (tabla 5).

El incremento del rendimiento en los tratamientos con inoculación simple con *B. japonicum* (IB e IBC) fue del 16 y 18%, respectivamente, y son coincidentes con Díaz Zorita (2004), quien determinó incrementos promedio en el rendimiento de 806 kg ha<sup>-1</sup>, en 21 lotes sin historia de soja e incrementos de 342 kg ha<sup>-1</sup>, en 28 lotes con historia previa de soja.

A su vez, los incrementos en el rendimiento observados en el tratamiento de inoculación combinada, IBMC, del orden del 20% comparado con el control, se asemejan a experimentos con doble inoculación en el cultivo de soja, realizados por la EEA INTA Marcos Juárez (2010). En estos estudios se observaron aumentos del rendimiento del 12 al 26 %. Sin embargo, en ellos no se evaluó la variable del uso de fitoterápicos y su incidencia en la efectividad de la doble inoculación, como en el presente trabajo.

## CONCLUSIONES

La doble inoculación (IBM e IBMC) incrementó la altura de las plantas, el diámetro de los tallos y la acumulación de materia seca.

El rendimiento se incrementó significativamente en los tratamientos con doble inoculación y fitoterápicos de semilla (IBMC) y en aquellos con simple inoculación con *Bradyrhizobium japonicum*, independientemente de la aplicación de fitoterápicos de semilla (IB e IBC).

## BIBLIOGRAFÍA

- AL-KARAKI, G.N.; AL-RADDAD, A. 1997. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Mycorrhiza*, 7: 83-88.
- AL-KARAKI, G.N.; CLARK, R.B. 1998. Growth, mineral acquisition, and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. *Journal of Plant Nutrition*, 21: 263-276.
- ALTIERI, M.A. 1997. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. En: <http://www.buitrago.com.ve/Gustavo/descargas/agroecologia>. PDF, verificado: junio de 2011.
- ANDRADE, F.; CIRILO, A. 2000. Bases para el manejo del Maíz, el Girasol y la Soja. ANDRADE, F. Y SADRAS V. (Eds). Buenos Aires, Argentina. 295 p.
- BAGYARAJ, D.J.; MANJUNATH, A.; PATIL, R.B. 1979. Interaction between a vesicular-arbuscular mycorrhiza and *Rhizobium* and their effect on soybean in the field. *New Phytologist*, 82: 141-145.
- BAREA, J.M.; AZCÓN AGUILAR, C.; AZCÓN, R. 1987. Vesicular-arbuscular mycorrhiza improve both symbiotic N<sub>2</sub>-fixation and N uptake from soil as assessed with a 15 N technique under field conditions. *New Phytologist*, 106: 717-721.
- BELTRANO, J.; RONCO, M.G.; SALERNO, M.I.; RUSCITTI, M.; PELUSO, O. 2003. Respuesta de plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) micorrizadas en situaciones de déficit hídrico y de rehidratación del suelo. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 8: 1-7.
- BOLSA DE CEREALES DE BUENOS AIRES. 2010. Estadísticas. Cámara Arbitral de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires, Argentina.
- CLUA, A.; CONTI, M.; BELTRANO J. 2012. The effects of glyphosate on the growth of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) and its interaction with different phosphorus contents in soil. *Journal of Agricultural Science*, 4 (7): 208-218.
- CORBERA, J.; NAPOLES, M. 2000. Evaluación agronómica de la coinoculación de *Bradyrhizobium* y hongos micorrizógenos arbusculares en el cultivo de soja. En: [http://www.inca.edu.cu/otras\\_wevb/revista](http://www.inca.edu.cu/otras_wevb/revista). PDF, verificado: noviembre de 2010.
- DARWICH, N.A. 1983. Niveles de fósforo asimilable en los suelos pampeanos. *IDIA enero-abril*: 1-5.
- DÍAZ ZORITA, M.; BALIÑA, R.; FERNÁNDEZ CANIGIA, M. 2004. Inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* en cultivos de Soja. En: Campaña 2003-04. Resumen de resultados de investigación y desarrollo aplicado. Nitragin Argentina S.A. Argentina, pp. 7-12.
- DODD, J.C.; JEFFRIES, P. 1989. Effect of fungicides on three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Biology and Fertility of Soils*, 7:120-128.
- DOUDS, D.D.; GALVEZ, L.; JANKE, R.R.; WAGONER, P.1995. Effect of tillage and farming systems upon populations and distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 52: 111-118.
- EEA INTA MARCOS JUAREZ. 2010. Inoculación de semillas de soja con biofertilizante elaborado en base a micorrizas arbusculares. En: <http://www.inta.gov.ar/marcosjuarez/info/biblioteca/publicaciones>. PDF, verificado: octubre de 2010.
- FELDMAN, F.; BOYLE, C. 1998. Weed-mediated stability of arbuscular mycorrhizal fungi effectiveness in maize monocultures. *Journal of Applied Botany*, 73: 1-5.
- FERRARIS, G.; COURETOT, L. 2010. Inoculación en soja con *Bradyrhizobium japonicum* y micorrizas: efecto de la anticipación del tratamiento, el uso de fungicidas y la fertilización fósforo-azufra. Proyecto Regional Agrícola. Área de Desarrollo Rural EEA Pergamino. En: <http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/biblioteca/publicaciones>.PDF,verificado: octubre de 2010.
- GIOVANNETTI, M.; TURRINI, A.; STRANI, P.; SBRANA, C.; AVIO, L.; PIETRANGELI, B. 2006. Mycorrhizal fungi in ecotoxicological studies: Soil impact of fungicides, insecticides and herbicides. *Prevention Today*, 2: 47-61.
- GONZÁLEZ, N. 2000. Inoculación e inoculantes. *Fertilizar*, 21: 18-21.
- GUTIERREZ BOEM, F.; SCHAINER, J. 2005. Soja. En: ECH-EVERRÍA, H. Y GARCÍA, F. (Eds.) Fertilidad de Suelos y Fertilización de cultivos. Agroeditorial. Argentina, pp. 283-300.
- HALOS, P.M.; MENDOZA, E.; BORJA, M. 1982. Synergism between endomycorrhizas *Rhizobium japonicum*. CB 1809 and soybean. *Philippine Agricultural*, 65 (1): 93-102.
- HAYMAN, D.S. 1975. The occurrence of mycorrhiza in crops as affected by soil fertility. En: Sanders EF, Mosse, B and Tinker, P.B. (Eds.) Endomycorrhizas. Academic Press, London, UK. pp. 495-509.
- HERNÁNDEZ, A.; HERNÁNDEZ, A.N. 1996. Efecto de la interacción rhizobium-MA en el cultivo de la soja (*Glycine max*). *Cultivos tropicales*, 17 (1): 5-7.
- HERNÁNDEZ DORREGO, A.; MESTRE PARÉS, J. 2010. Evaluación del efecto de varios fungicidas sobre la simbiosis micorrízica entre dos especies de *Glomus* presentes en inóculos comerciales y plántulas de *Allium porrum* L. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8: 43-50.
- INTA. 1989. Mapa de Suelos de la provincia de Bs As. Escala 1:50000. En: <http://www.inta.gov.ar/suelos/investiga/investigacion>. HTML, verificado: octubre de 2010.

- JOHNSON, N.C.; GRAHAM, J.H.; SMITH, F.A. 1997. Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism-parasitism continuum. *New Phytologist*, 135: 575-585.
- JUNIPER, S.; ABBOTT, L. K. 2006. Soil salinity delays germination and limits growth of hyphae from propagules of arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, 5: 371-379.
- LISON, L. 1976. Estadística aplicada a la biología experimental. EUDEBA. Buenos Aires, Argentina. 357pp.
- MC GONIGLE, T.P.; MILLER, M.H. 1996. Mycorrhizae, phosphorus absorption, and yield of maize in response to tillage. *Soil Science Society of America Journal*, 60: 1856-1861.
- MELGAR, R.; VITTI, G.; MELO BENITES, V. 2011. Fertilizando para altos rendimientos, Soja en Latinoamérica. *International Potash Institute, Bol. 20*, Horgen, Suiza. 175 pp.
- MOZAFAR, A.; ANKEN, T.; RUH, R.; FROSSARD, E. 2000. Tillage intensity, mycorrhizal and non-mycorrhizal fungi, and nutrient concentrations in maize, wheat, and canola. *Agronomy Journal*, 92: 1117-1124.
- OCAMPO, J.A. 1993. Influence of pesticides on VA mycorrhiza. En: ALTMAN, J. (Ed.) *Pesticide-plant pathogen interactions in crop production: Beneficial and deleterious effects*. CRC Press, Boca Raton, USA. pp 213-216.
- PERTICARI, A.; PUENTE, M. 2006. Promotores del crecimiento vegetal. *Revista CREA XXXVI*, 304: 66-69.
- PIJEIRA, L.; TRETO, E.; MEDEROS, J.D.; CORBERA, J.; VELAZCO, A.; CASTELLANOS, M.; MEDINA, N. 1996. El uso del biofertilizante (inoculante micorrizógeno) en diferentes especies cultivadas en Bolivia. *Actas XVIII, Reunión Latinoamericana de Rizobiología*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, pp. 395-396.
- PLENCHETTE, C.; DUPONNOIS, R. 2005. Growth response of the saltbush *Atriplex nummularia* L. to inoculation with the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. *Journal of Arid Environment*, 61: 35-40.
- PORCEL, R.; RUIZ LOZANO, J.M. 2004. Evaluation of the role of genes encoding for dehydrin proteins during drought stress in arbuscular mycorrhizal *Glycine max* and *Lactuca sativa* plants. *Journal of Experimental Botany*, 56: 417-425.
- QUIROGA, A.; SAKS, M.; FERNÁNDEZ, R.; FUNARO D. 2006. Aspectos del manejo del agua y la nutrición nitrogenada de maíz en la región semiárida y subhúmeda pampeana. En: <http://www.inta.gov.ar/anguil/info/pdfs/publicaciones/publi69.PDF>, verificado: septiembre de 2010.
- RABIE, G.G.; ALMADINI, A.M. 2005. Role of bioinoculants in development of salt-tolerance of *Vicia faba* plants under salinity stress. *African Journal of Biotechnology*, 4: 210-223.
- RONCO, M.G.; BELTRANO, J.; RUSCITTI, M.; ARANGO, M.C. 2008. Glyphosate and mycorrhization induce changes in plant growth and in root morphology and architecture in pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 83 (4): 497-505.
- RUIZ-LOZANO, J.M.; AZCON, R. 1995. Hyphal contribution to water uptake in mycorrhizal plants as affected by the fungal species and water status. *Physiology Plantarum*, 95: 472-478.
- RUSCITTI, M.; ARANGO, C.; RONCO, M.; BELTRANO, J. 2011. Inoculation with mycorrhizal fungi modifies proline metabolism and increases chromium tolerance in pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 23 (1): 15-25.
- SAMARBAKSH, S.; REJALI, F.; ARDAKANI, M.R.; PAKNE-JAD, F.; MIRANSARI, M. 2009. The combined effects of fungicides and arbuscular mycorrhiza on corn (*Zea mays* L.). Growth and yield under field conditions. *Journal of Biological Sciences*, 9: 372-376.
- SATORRE, E.H. 2003. *El Libro de la Soja. Servicios y Marketing Agropecuario*, Buenos Aires, Argentina. 264 pp.
- SAVIN, M.; LARRY, C.; PURCELL, A.; DAIGH, A.; MANFREDINI, A. 2009. Response of mycorrhizal infection to glyphosate applications and P fertilization in glyphosate-tolerant Soybean, Maize, and Cotton. *Journal of Plant Nutrition*, 32: 1702-1717.
- SCHALAMUK, S.; VELÁZQUEZ, S.; CHIDICHIMO, H.; CABELLO, M. 2004. Effect of no-till and conventional tillage on mycorrhizal colonization in spring wheat. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 39: 13-20.
- SCHALAMUK, S.; CABELLO, M. 2010. Arbuscular mycorrhizal fungal propagules from tillage and no-tillage systems: possible impacts on *Glomeromycota* diversity. *Mycologia*, 102: 261-268.
- SCHREINER, R.P.; BETHLENFALVAY, G.J. 1997. Plant and soil response to single and mixed species of arbuscular mycorrhizal fungi under fungicide stresses. *Applied Soil Ecology*, 7: 93-102.
- SCHÜSSLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. 2001. A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: phylogeny and evolution. *Mycology Research*, 105: 1413-1421.
- SHARIFI, M.; GHORBANLI, M.; EBRAHIMZADEH, H. 2007. Improved growth of salinity-stressed soybean after inoculation with salt pre-treated mycorrhizal fungi. *Journal of Plant Physiology*, 164: 1144-1151.
- SREENIVASA, M.N.; BAGYARAJ, D.J. 1989. Use of pesticides for mass production of vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculum. *Plant Soil*, 119: 127-132.
- TIAN, C.Y.; FENG, G.; LI, X.L.; ZHANG, F.S. 2004. Different effects of arbuscular mycorrhizal fungal isolates from saline or non-saline soil on salinity tolerance of plants. *Agricultural Ecosystem and Environmental Applied Soil Ecology*, 26: 143-148.
- VIJAYALAKSHMI, M.; RAO, A.S. 1993. Influence of fungicides on vesicular-arbuscular mycorrhizae in *Sesamum indicum* L. *Microbiological Research*, 148: 483-486.
- VINCENT, J.M. 1970. *A Manual for the practical study of root nodules bacteria*. Blackwell Sci. Publications. Oxford, England.
- VIVEKANANDAN, M.; FIXEN, P.E. 1991. Cropping systems effects on mycorrhizal colonization, early growth, and phosphorus uptake of corn. *Soil Science Society America Journal*, 55: 136-140.

# La inclusión de la dimensión económica en la Evaluación de Impacto Ambiental

DE PRADA, J. D.<sup>1</sup>; GIL, H. A.<sup>2</sup>; PEREYRA, C. I.<sup>3</sup>; BECERRA, V. H.<sup>4</sup>

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es mostrar la importancia de incluir la dimensión económica en los Estudios de Impacto ambiental (EslA). Dimensión económica que se incorpora a la evaluación "ex-ante" de inversiones a través del análisis beneficios costos (ABC) y la valoración económica de las externalidades (VEE). El trabajo muestra con ilustraciones y la presentación de dos casos las consecuencias no deseables de ignorar el ABC: a) Existencia de proyectos de eficiencia dudosa en términos de su resultado económico-social; y b) Escasez de proyectos ambientalmente eficientes, pero con escaso retorno económico privado.

**Palabras clave:** análisis beneficios costos; evaluación de impacto ambiental; externalidad; valoración económica.

## ABSTRACT

*The aim of this paper is to show the importance of properly include the economic dimension in environmental impact assessment. The economic dimension is considered using cost benefit analysis (BCA) and economic valuation of externalities (VEE). By using two illustrations and two cases of studies the undesirable consequences of ignoring the ABC: a) suggest approval of projects that are potentially inefficient, and b) lack of efficient projects with little economic return private are shown.*

**Keywords:** benefit cost analysis; environmental impact assessment; externality; economics valuation.

## INTRODUCCIÓN

El impacto de las actividades humanas sobre el ambiente ha motivado un cambio significativo en las políticas de Estado, incorporándose la cuestión ambiental al proceso de decisiones. La Evaluación de Impacto Ambiental (EslA) es el instrumento preventivo de gestión que han adoptado

diferentes Estados para evaluar las inversiones (Gomez Orea, 1999); entendiendo al Impacto Ambiental (IA) como la valoración en términos de salud y bienestar humano de las alteraciones que induce la actividad humana sobre el ambiente (Gomez Orea, 1999). La EslA es un procedimiento jurídico administrativo que tiene por objeto la iden-

<sup>1</sup>Departamento de Economía Agraria, FAV, Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta Nacional 36, k601. Río Cuarto CP5800. Córdoba, Argentina. jdeprada@ayv.unrc.edu.ar

<sup>2</sup>hgil@ayv.unrc.edu.ar,

<sup>3</sup>cpereyra@ayv.unrc.edu.ar.

<sup>4</sup>vbecerra@ayv.unrc.edu.ar

tificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de las administraciones públicas competentes (Conesa Fernandez, 2000). El informe que surge de una EsIA constituye un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA).

Estados Unidos fue el primer país que institucionalizó la EsIA en 1969. Si bien actualmente ha sido incorporada por la mayoría de los países del mundo, en la Argentina, la Ley General del Ambiente N.º 25.675 institucionaliza la EsIA, quedando las regulaciones específicas sujetas al ámbito provincial. Las legislaciones provinciales mencionan los tipos de proyectos que deben ser sujetos a EsIA y sus contenidos mínimos, incorporando a la dimensión económica como un rasgo a describir y evaluar (Harracá y Santoro, 2005). Las reglamentaciones de los EsIA adhieren al paradigma del desarrollo sostenible, incluyendo la necesidad de considerar a la dimensión socioeconómica (Riera y Cantó, 2003). No obstante, en la práctica, han puesto mayor énfasis en el impacto biofísico (Riera y Cantó, 2003). Los socio-económicos no han sido tratados ni considerados (Burdge *et al.*, 1994; Riera y Cantó, 2003). Para Burdge *et al.*, (1994) la ausencia de esa dimensión se debe posiblemente a la complejidad para su análisis o a las consecuencias políticas de su inclusión. Este fenómeno también se observa en los EsIA en la Argentina. Ignorar la dimensión económica desde la perspectiva social puede inducir a decisiones erróneas; y consecuentemente reducir la eficiencia económica.

El Análisis Beneficio-Costo (ABC) es el procedimiento más utilizado para incluir la dimensión económica en las decisiones de política referidas a: las inversiones, la asignación de recursos y el Impacto Ambiental (Abelson, 1996; Arrow *et al.*, 1996; Boardman *et al.*, 1996; Davies, 1997; Epa, 2000; Freeman III, 1993). Munda (1996) destaca el aporte que realiza el ABC a la EsIA de un proyecto. Penna *et al.*, (2010) ponen énfasis en la necesidad de diferenciar el enfoque privado del social. Ambos consideran un valor económico (precios) en la asignación y generación de bienes y servicios económicos y comparan la evolución más probable con y sin la intervención motivo de la EsIA. Sin embargo, el enfoque privado utiliza los precios de mercado para valorar el proyecto, ignorando las posibles fallas de mercado en la asignación y distribución de recursos (por ejemplo, información asimétrica en compradores y vendedores, el poder monopólico o el efecto de las externalidades). En contraste, el enfoque social considera las fallas de mercado y corrige los precios de mercado con precios sombra o de cuenta.

Aunque existen antecedentes científicos y reconocimientos de la necesidad de incorporar la dimensión económica (Contreras, 2004; Penna *et al.*, 2010) en los EsIA, en la práctica este análisis ha sido ignorado. En cuanto al análisis económico, cuando se utiliza, ha sido considerado solo el enfoque privado y esto puede tener consecuencias no previstas desde la perspectiva social. El error en las decisiones puede tener dos consecuencias no deseables desde el

punto de vista económico: la primera es aprobar proyectos que son potencialmente ineficientes y la segunda se relaciona con la escasez de proyectos socialmente eficientes pero de bajo o negativo retorno económico privado.

El objetivo de este trabajo es mostrar la importancia de incluir la dimensión económica desde una perspectiva co-lectiva en los EsIA, utilizando el marco conceptual del ABC y dos aplicaciones empíricas. El alcance del trabajo es limitado a la incorporación de un criterio de eficiencia económica basado en el enfoque de la economía ambiental, y lo consideramos un criterio adicional y complementario para ser utilizado en decisiones multicriteriales (Cisneros *et al.*, 2011; de Prada *et al.*, 2007; Munda, 2004) que ayuden a un desarrollo más sostenible.

## METODOLOGÍA

### El análisis beneficios costos

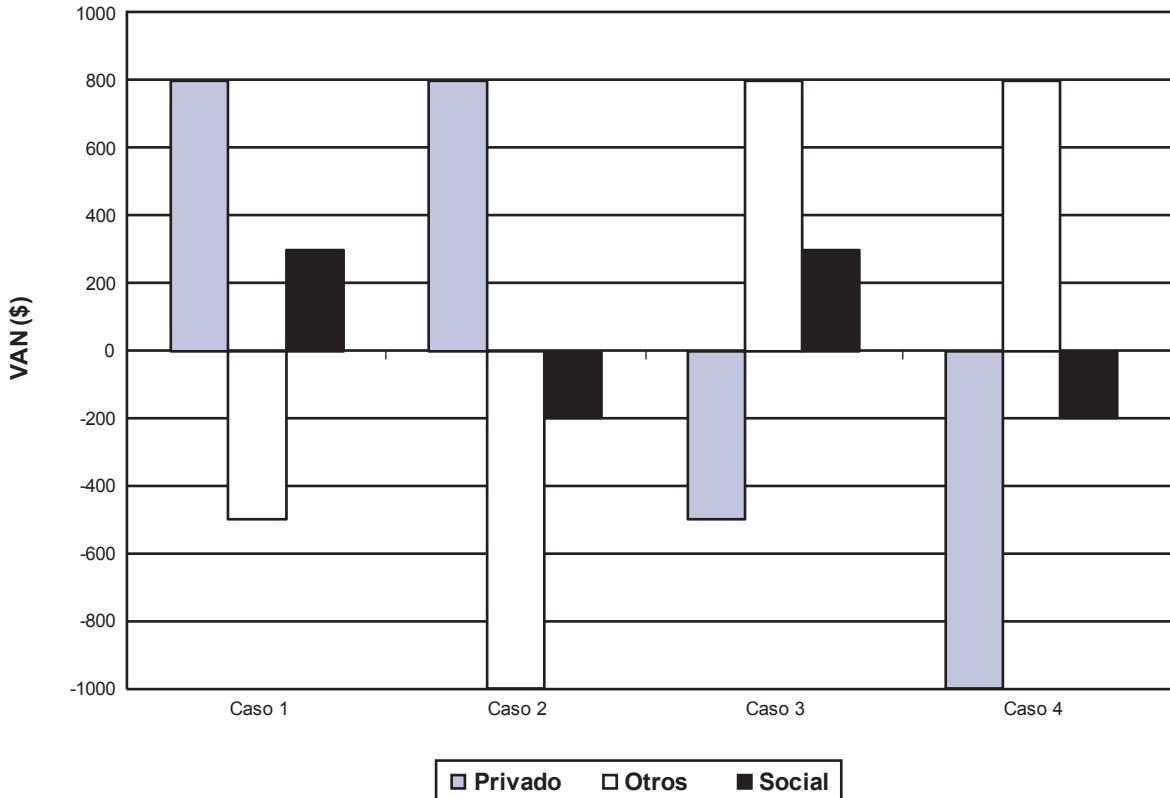
El indicador más frecuente del ABC es el Valor Actual Neto (VAN), que considera el flujo de bienes y servicios generados (beneficios) y demandados (costos) en términos monetarios actualizados durante la inversión, operación y cierre del proyecto. Por simplicidad suponemos que en la sociedad existen dos grupos principales: el individuo (*empresa*) que presenta el proyecto y la sociedad (*Otros*), que perciben la externalidad. El efecto externo físico puede ser transformado en valores monetarios (Contreras, 2004; Cristeche y Penna, 2008; Penna *et al.*, 2010) e incluido como el beneficio económico de *Otros*. Utilizamos el subíndice *p*, *s*, y *o*, para representar el *VAN Privado*, *Social* y de *Otros* respectivamente. Nota:  $VAN_s = VAN_o + VAN_p$

### Proyectos privados potencialmente ineficientes

Suponemos que la empresa presentará el EsIA a la autoridad de aplicación si el  $VAN_p$  es positivo, independientemente de la magnitud de la externalidad, *Caso 1* y *2* del Gráfico 1. La valoración económica de la externalidad es representada por el  $VAN_o$ . En el *Caso 1*, el ABC de la sociedad en su conjunto es positivo, el proyecto es potencialmente Pareto óptimo, de acuerdo al criterio de Kaldor-Hicks (Boardman *et al.*, 1996) y, por lo tanto, debería sugerirse su aprobación. En contraste, en el *Caso 2*,  $VAN_o$  supera el  $VAN_p$  y consecuentemente el  $VAN_s$  es negativo. Por lo tanto, no debería recomendarse la ejecución del proyecto porque los beneficios generados por el privado no alcanzan a compensar los daños causados a *Otros*.

### Escasez de proyectos de interés público

Es probable que haya escasez de proyectos donde el  $VAN_p$  es negativo independientemente de la magnitud de la externalidad positiva. En el *Caso 3* y *4* del Gráfico 1 se representa esta situación. El  $VAN_o$  es positivo en ambos *Casos 3* y *4*. En el *Caso 3*, las pérdidas privadas pueden potencialmente compensarse y la sociedad en su conjunto estará mejor. Por lo tanto, se debería analizar cómo llevar



**Gráfico 1.** Análisis beneficios costos con y sin fallas de mercado.

adelante el proyecto porque en su conjunto la sociedad está mejor. En contraste, en el *Caso 4* el  $VAN_s$  es negativo, por lo tanto la sugerencia del EsIA sería no aprobar el proyecto ya que la pérdida privada es superior a los beneficios que obtiene la comunidad. En síntesis, el análisis económico-social difiere del privado. Desde el punto de vista económico y social, los *Casos 1* y *3* son eficientes ( $VAN_s$  positivo) y por lo tanto, recomendable su implementación. En contraste, considerando el análisis privado son los *Casos 1* y *2* los que justifican su implementación. Consecuentemente, la no inclusión de la dimensión económica puede reducir la eficiencia económica desde la perspectiva social.

**APLICACIONES**

Se han elaborado dos aplicaciones utilizando parámetros de la bibliografía. Se muestran los resultados que se obtendrían con y sin la inclusión del ABC a los EsIA. La primera aplicación analiza la instalación de una granja de cerdos con dos alternativas técnicas, *Confinado* y *A campo*. El segundo caso, analiza el tratamiento terciario de aguas residuales mediante la instalación de filtros verdes.

**Proyectos de interés privado**

Para la instalación de una granja de cerdos, se han seleccionado como las alternativas técnicas a considerar, una

granja de cerdos a cielo abierto y agricultura (*A campo*), basado en los datos de INTA Marco Juárez (INTA, 2009) y un sistema Confinado de diseño propio de los autores. Ambos sistemas tienen el mismo número de cerdas madres y compran los reproductores. Para los productos e insumos comerciales se utilizaron precios constantes actualizados por el IPMNG a marzo del año 2011 (AACREA, 2009). El análisis económico privado, estimó el  $VAN_p$  considerando un periodo de análisis de 10 años y una tasa de descuento del 15%.

El ABC desde la perspectiva social estimó un  $VAN_s$ , incorporando dos variantes al EsIA: a) valor económico de la externalidad ambiental y b) el precio sombra de la mano de obra. En relación, a la externalidad se consideró la emisión de gases efectos invernaderos (EGEI) calculada con DIGI-CALC de Harris (2009), y la presencia de olores tomando los parámetros utilizados por Yiridoe *et al.* (2009). El precio sombra de la EGEI tomó el precio del mercado de carbono en Europa, considerando el año 2005 (tomado de INE, 2011) y la emisión de olores fue valorada considerando la pérdida de valor de la vivienda de acuerdo a su distancia de la granja (500m, 7% de pérdida de valor; 1500m, 1% y a mayor distancia cero), Yiridoe *et al.* (2009). Las viviendas afectadas son 40, con un precio promedio de \$200.000.

**Análisis económico privado**

Las características productivas de diseño y las diferencias entre ambos sistemas de producción se muestran en



el Tabla 1. El sistema *Confinado* ocupa 50 veces menos superficie y produce 29% más de cerdos por año, con un consumo 10% mayor de alimentos y sin agricultura para rotación comparado con el sistema *A campo*.

Las diferencias entre los resultados económicos privados se muestran en el Tabla 2. El flujo económico se estabiliza a partir del segundo año. La inversión en activos fijos para el sistema *Confinado* representa tres veces más

Concepto	Unidades	Confinado (2)	A campo (1)
Superficie ganadera	Ha	2	100
Madres	N.º individuos	500	500
Padrillos	N.º individuos	30	30
Producción	N.º capones/año	12.619	9.750
Consumo alimentos	Kg	4.479.500	4.075.500
Capones PV venta	kg/animal	110	110
Reproductores macho	kg/animal	150	150
Reproductores hembras	kg/animal	100	100
Eficiencia de conversión	Kg alimentos /kg animal	3,23	3,8
Superficie agrícola	Ha	0	700
Producción de Soja	Kg/año		1.050.000
Producción de Trigo	kg/año		1.225.000
Producción de Maíz	kg/año		3.500.000

**Tabla 1.** Parámetros productivos de diseño de las Granjas de Cerdo.

Fuente: (1) Elaboración propia tomando datos técnicos de INTA (2009) y (2) con datos técnicos locales.

Concepto	Unidades	Confinado*	A campo*
Alquiler de tierra	\$/año	3.040	988.800
Inversiones: Activo fijo	\$	7.349.234	2.380.350
Inversiones: Capital de trabajo	\$	1.390.031	1.036.556
Total Inversión	\$	8.739.265	3.416.906
Reinversiones anuales	\$/año	191.222	191.222
Gastos de alimentación	\$/año	2.815.650	2.529.229
Gastos de sanidad	\$/año	142.760	142.760
Gastos de mantenimiento y reparación.	\$/año	77.000	36.680
Gastos de electricidad	\$/año	115.500	55.000
Gastos en insumos agrícolas	\$/año		1.331.684
Gastos de personal	\$/año	890.500	1.885.000
Total gastos	\$/año	4.041.410	5.980.353
Ingresos ganaderos	\$/año	6.305.734	4.958.274
Ingresos agrícolas	\$/año		3.140.804
Total ingresos	\$/año	6.305.734	8.099.078
$VAN_p$	\$	260.804	44.635

**Tabla 2.** Inversiones, Gastos e Ingresos de las Granjas de Cerdos.

Nota: \*valores a partir del segundo – estabiliza el flujo y para los cálculos de los indicadores económicos se considera el valor residual 30% de las inversiones iniciales y el 100% del capital de trabajo.

que en el sistema *A campo* (pasturas, parideras móviles, sombra, aguadas, comederos, piquetes, corrales, mangas) y los equipos para agricultura. En contraste, el gasto de operación del *Confinado* es del 32% menor que el sistema *A campo*, los salarios son un 47% menos en el *Confinado*.

El ingreso económico por la venta de cerdos es un 27% superior en el sistema *Confinado* debido a la mayor producción. El sistema *A campo* incluye los ingresos y gastos de operación de la agricultura. Ambos sistemas presentan valores positivos de  $VAN_p$ , y el *Confinado* supera levemente en rentabilidad al *A campo*.

### Análisis económico

El análisis económico-social incluye cuatro precios sombra del salario, considerando diferentes niveles de empleo y externalidades negativas. El Tabla 3, muestra que con escenarios de niveles altos de desempleo, suponiendo un precio sombra que represente el 60% del valor de mercado, la elección se vuelca decididamente hacia la granja *A campo* ya que requiere el doble de mano de obra. Aún en escenarios de baja desocupación, el precio sombra representa el 90% del valor de mercado del salario, el sistema *A campo* supera en términos económicos al *Confinado*.

En la valoración de las externalidades negativas de olor y EGEI, se observa que la producción de estiércol es mayor en el sistema *Confinado* debido a mayor población instantánea, consecuentemente la EGEI (metano,  $CO_2$ ,  $NO_x$ ) es mayor que en el *A campo* (Tabla 4).

Ambos proyectos son inviables desde la perspectiva social cuando se considera el valor de la externalidades ambientales (Tabla 5). La granja compra *Certificado de Reducción de Emisiones-CER* a un precio sombra entre \$36 y \$117 por tonelada equivalente  $CO_2$  (INE, 2011) por un permiso de emisión de 10 años. Alejado del centro urbano y con un valor mínimo de permiso de emisión de \$36 por toneladas equivalentes  $CO_2$ , la sociedad pierde menos con el sistema *Confinado*, mientras que si el valor es de \$77 equivalente ton  $CO_2$  la sociedad pierde menos con el modelo *A campo*.

La inclusión de la dimensión económica en los EsIA cambia la sugerencia sobre el proyecto (Tabla 6). Sin pleno empleo, se sugiere ejecutar la granja *A campo*, mientras que si existe pleno empleo no se aprobaría el proyecto sin considerar medidas adicionales de mitigación y aprovechamiento de residuos. La inclusión del valor de la externalidad nos lleva a pensar alternativas para mitigar o reducir la EGEI y buscar diseños más amigables con el ambiente, por ejemplo, la producción de biogás a partir del estiércol, que no son considerados cuando la política ambiental no induce a este comportamiento.

Basado en el análisis económico individual, es de esperar que el proyecto elegido y presentado a la autoridad de aplicación de la política ambiental fuera el *Confinado*. Sin embargo, cuando se incorpora la valoración económica, la opción *A campo* supera significativamente al *Confinado* en algunas situaciones. De allí, la importancia de incluir apropiadamente la dimensión económica en los EsIA.

Escenarios mercado del trabajo	Precio sombra % de salario de mercado	Confinado $VAN_s$	A campo $VAN_s$
Pleno empleo	100%	260.804	44.635
Baja desocupación	90%	739.783	925.108
Media desocupación	80%	1.218.762	1.805.581
Alta desocupación	60%	2.176.719	3.566.526

**Tabla 3.** Escenarios del mercado laboral y efectos sobre la rentabilidad económica desde la perspectiva social

Fuente: Elaboración propia.

Residuos	Unidades	Confinado*	A campo
Estiércol	Kg/diarios	40.102	31.664
Emisiones de gases efectos invernadero	Ton. $CO_2$ equivalente año	21.838	17.238**
Presencia de olores		Alta	Baja
Presencia de insectos		Alta	Baja

**Tabla 4.** Parámetros de la externalidad de la granja de cerdo

Nota: \*Estimados en base a la población de cerdo de la granja Harris (2009), y \*\*ajustado a un 30% menor de acuerdo a lo informado por Cederberg (2004)

Escenarios	Precio sombra	VAN <sub>s</sub> (\$)	
		Confinado	A campo
Mínimo CER	*\$36 /ton. Equiv. CO <sub>2</sub>	-567.992	-667.354
Promedio CER	*\$77 /ton. Equiv. CO <sub>2</sub>	-1.420.722	-1.395.912
Máximo CER	*\$117/ ton. Equiv. CO <sub>2</sub>	-2.290.333	-2.138.892
Entre 1 y 3 km de centros urbanos sin emisiones	\$280.000	-19.196	44.635
Menos de un km de centros urbanos sin emisiones	\$560.000	-299.196	40.635
Promedio CER y entre 1 y 3 km centros urbanos		-1.700.722	-1.395.912

**Tabla 5.** Estimación del VANs considerando diferentes valores de externalidad

Nota: CER= certificado de reducción de emisiones.

Escenarios mercado del trabajo	Precios	Confinado VAN	A campo VAN
Análisis privado	Sin corregir	260.804	44.635
Baja desocupación y promedio de CER	Precios sombra: 90% salario mercado y \$77 por ton. equiv. CO <sub>2</sub>	-680.939	-474.685
Media desocupación y Promedio de CER	Precios sombra: 80% salario mercado y \$77 por ton. equiv. CO <sub>2</sub>	-201.960	405.787

**Tabla 6.** Análisis beneficio-costos: VAN considerando baja desocupación y un precio sombra para las EGEL y ambas granjas alejadas de centros urbanos

Nota: CER= certificado de reducción de emisiones

### Escasez de proyectos de interés público

En este caso se muestra cómo la forestación regada con agua de efluentes tratados puede resultar beneficiosa para la sociedad aunque la rentabilidad comercial sea baja o nula. La aplicación es tomada del trabajo de Gil *et al.* (2005). Los beneficios económicos se derivan de la venta de los productos forestales (privado) más los beneficios ambientales derivados de la depuración del agua valorada por el método del costo de reemplazo, que considera lo ahorrado por no realizar la "Planta de Tratamiento terciario convencional". Los autores siguen el procedimiento realizado por Ko *et al.* (2004). El ABC se realizó con una tasa de descuento social del 12% y un periodo de análisis de 30 años. La tasa de descuento social es menor que para la granja de cerdos por la naturaleza pública del filtro verde. Aquí es utilizado como un parámetros pero es importante su análisis y discusión con detenimiento en las políticas

públicas (Sáez y Requena, 2007; Sen, 1967). La planta cuenta con un sistema de lagunas facultativas (tratamiento primario y secundario), siendo el tratamiento terciario la utilización del agua tratada para regar una plantación forestal (filtro verde). Luego del tratamiento secundario, el agua residual tiene altas cargas de fosfatos y nitratos que pueden constituir un contaminante de aguas subterráneas o superficiales. El filtro verde toma estos nutrientes junto con el agua y los transforma en madera, eliminando prácticamente la contaminación. El caso utiliza la experiencia de la localidad de Adelia María que posee una población de 6500 habitantes sin cursos de agua permanente cercanos que oficien de cuerpo receptor de efluentes. El volumen estimado de aguas residuales es 510 m<sup>3</sup> día<sup>-1</sup> para las 680 conexiones en el año 2004.

El costo de inversión y operación es sustancialmente mayor en el sistema de tratamiento terciario convencional

	Inversión de Capital	Valor de la tierra	Inversión Total	Costo operación
Forestación	\$ 39.875	\$ 32.000	\$ 71.875	\$ 9.695
Tratamiento Terciario	\$ 1.900.339	\$ 1.000	\$ 1.901.339	\$ 101.066

**Tabla 7.** Inversiones y costos operativos de los filtros verdes y del sistema de tratamiento terciario convencional (valorados en precios constantes año 2000)

Fuente: tomado de Gil *et al.*, (2005).

debido a las construcciones físicas, mientras que el filtro verde sólo contabiliza gastos de implantación forestal y sistema de riego (Tabla 7). El costo de operación es mayor en la planta de tratamiento terciario, debido a la utilización de insumos y energía para forzar el proceso de filtrado (en arena), mientras que en el filtro verde, la fuente de energía es solar y los procesos de filtración y reducción de nutrientes son procesos naturales.

### Análisis económico

El filtro verde tiene como principal desventaja la utilización de mayor superficie de tierra. El  $VAN_p$  resulta negativo debido a la pequeña escala de producción y la distancia al mercado para colocar los rollizos. Cuando se incluye el valor por la descontaminación el  $VAN_s$  resulta positivo para la utilización de filtros verdes (Tabla 8).

Escenario	Precio de la tierra	$VAN_p$	$VAN_s$
1	\$ 32.000	\$ -21.306	\$ 2.694.138
2	\$ 80.000	\$ -67.704	\$ 2.649.240

**Tabla 8.** Análisis económico privado y social de del filtro verde  
Nota: Tomado de Gil *et al.* (2.005)

El  $VAN_s$  seguramente se encuentra dentro del rango de valores presentados en el Cuadro 8, ya que el método de costo de reemplazo puede sobreestimar el valor económico de la externalidad ambiental, mientras que el  $VAN_p$  la subestima al asignarle valor cero. En consecuencia, la aplicación presentada muestra que la inclusión de la dimensión económica en el EsIA, permitiría justificar la asignación de recursos económicos en proyectos que probablemente no serían desarrollados por la iniciativa privada debido a su baja rentabilidad.

### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este trabajo analiza la necesidad de incluir la dimensión económica desde la perspectiva social en los EsIA. En primer lugar, se diferencia el análisis privado del social. El primero utiliza precios de mercado para valorar los bienes y servicios que utiliza y genera un proyecto, mientras que el segundo utiliza precios sombra (corregidos) para sortear las fallas de mercado. Dos ilustraciones conceptuales son presentadas, la primera explicita la situación de proyectos privados que pueden inducir decisiones equivocadas cuando no se consideran las fallas de mercado, tales como externalidades negativas y desempleo en el mercado de trabajo. La segunda ilustración muestra la escasez de proyectos de interés público (externalidad positiva) si la rentabilidad privada es negativa o muy baja.

En segundo lugar, dos aplicaciones refuerzan el modelo conceptual. La instalación de una granja porcina con dos

alternativas de organización productiva, cuyas fallas de mercado son: desempleo, la EGEl y el olor, no valorados desde la perspectiva privada. En contraste, la segunda aplicación se corresponde con la instalación de un filtro verde para utilizar aguas residuales tratadas, donde la falla de mercado es ignorar el valor económico de la depuración del agua. Ambas aplicaciones muestran cómo la inclusión de la dimensión económica entre los criterios de análisis de viabilidad de una inversión, brinda argumentos a la autoridad pública para inducir un comportamiento social más eficiente en términos económicos ante la presencia de fallas de mercado.

Los EsIA representan un avance como instrumentos preventivos de la política ambiental, pero la no inclusión del análisis económico-social constituye una limitación importante frente a la existencia de fallas de mercado. Por ello, se considera al ABC una herramienta apropiada para complementar y proveer de mejor información a los tomadores de decisiones, induciendo mayor eficiencia desde el punto de vista económico. Es importante notar que es complementario y debe ser integrado en un marco conceptual amplio que incluya, además, las dimensiones ambientales y sociales.

Aunque incluir la valoración económica y el ABC en el EsIA es consistente con la teoría económica y el estado actual del arte, es necesario reconocer algunas limitaciones. En países con menor desarrollo, la valoración económica es escasamente utilizada, debiendo en muchos casos apelar a valoraciones transferidas desde otros países que tienen condiciones económicas y sociales diferentes. Por ello, será necesario un esfuerzo importante para generar información más confiable así como también calibrar y representar mejor los impactos ambientales y económicos de las diferentes intervenciones, especialmente aquellas realizadas en ecosistemas naturales. En segundo lugar, el ABC debe considerarse como un elemento integrador de la dimensión económica, pero no sustituta de la dimensión social y ambiental. De hecho, el ABC no considera los efectos distributivos o la generación de fuentes de trabajo genuina, o la complejidad para implementar las políticas ambientales o la dependencia energética de ciertas propuestas. Por ello, el ABC debe integrarse en un marco conceptual más amplio, que incluya la dimensión económica sin menospreciar las otras y, de esta manera, aportará mejor información para los tomadores de decisiones públicas.

### AGRADECIMIENTO

Financiado por SECYT - Universidad Nacional de Río Cuarto, Ministerio de Ciencia y Tecnología de la provincia de Córdoba, Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica, Préstamo BID PID N.º013/2009.

Agradecemos a los evaluadores por la lectura minuciosa y sugerencias realizadas.

### BIBLIOGRAFÍA

AACREA. 2009. Serie de precios agropecuarios. convenio AACREA - Banco Río.

- ABELSON, P. 1996. "Cost Benefit Analysis", p. 15-37 Project appraisal and valuation of environment: General principles and six case-studies in Developing countries. St. Martin's Press, New York.
- ARROW, K.J.; CROPPER, M.L.; EADS, G.C.; HAHN, R.W.; LAVE, L.B.; NOLL, R.G.; PORTNEY, P.R.; RUSSELL, M.; SCHMALENSEE, R.; SMITH, V.K.; STAVINS, R.N. 1996. "Is there a role for benefit-cost analysis in environmental, health, and safety regulation?". *Science* 272:221-222.
- BOARDMAN, A.E.; GREENBERG, D.H.; VINING, A.R.; WEIMER, D.L. 1996. "Cost Benefit Analysis: Concepts and Practice" 493 pag. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ 07458.
- BURDGE, R.; FRICKE, P.; FINSTERBUSCH, K.; FREUDENBURG, W.; GRAMLING, R.; HOLDEN, A.; LLEWELLYN, L.; PETERSON, J.; THOMPSON, J.; WILLIAMS, G. 1994. "Guidelines and Principles for Social Impact Assessment". *Environmental Impact Assessment Review* 15:11-43.
- CEDERBERG, C.; FLYSÖ, A. 2004. "Environmental Assessment of future Pig Farming Systems - Quantifications of three Scenarios from Food 21 Synthesis Work" 91-7290-236-1. The Swedish Institute for Food and Biotechnology.
- CISNEROS, J.M.; GRAU, J.B.; ANTON, J.M.; DE PRADA, J.D.; CANTERO GUTIERREZ, A.; DEGIOANNI, A.J. 2011. "Assessing multi-criteria approaches with environmental, economic and social attributes, weights and procedures: a case study in the Pampas, Argentina". *Agricultural Water Management* 98:1545-1556.
- CONESA FERNANDEZ, V., (ed.) 2000. "Guía Metodológica Para La Evacuación Del Impacto Ambiental", Vol. 1, pp. 1-416. MUNDI-PRENSA
- CONTRERAS, E. 2004. "Evaluación social de inversiones públicas: enfoques alternativos y su aplicabilidad para Latinoamérica". 102 pag. CEPAL, Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- CRISTECHE, E.; PENNA, J. 2008. "Métodos de valoración económica de los servicios ambientales" 55 pag. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina.
- DAVIES, R.O.B. 1997. "Environmental regulation, benefit-cost analysis and the policy environment in less developed countries". *Environment and Development Economics* 2:206-210.
- DE PRADA, J.D.; LEE, T.-C.; ANGELI, A.R.; CISNEROS, J.M.; CANTERO G., A. 2007. "Análisis multicriterio para la conservación de suelos: Aplicación a una cuenca representativa del centro Argentino". REDIBEC (Revista de la red Iberoamericana de economía ecológica):15.
- EPA. 2000. "Guidelines for Preparing Economic Analyses".. United State Environmental Protection Agency.
- FREEMAN III, A.M. 1993. "The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods" pag. Resources for the Future, Washington.
- GIL, H.; DE PRADA, J.; PLEVICH, O.; CISNEROS, J.; BOLOGNA, C.; CANTERO, A.; REYNERO, M.; CRESPI, R.; BAROTTO, O.; CHOLAKY, C.; REARTES, N.; BRICCHI, E. 2005. "Análisis económico de tecnologías verdes en el tratamiento de residuos cloacales urbanos". XX Congreso Nacional de Agua y III Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur, Ciudad de Mendoza, Argentina. 10 al 13 de Mayo.
- GOMEZ OREA, D., (ed.) 1999. "Evaluación Del Impacto Ambiental", Vol. 1, pp. 1-257. MUNDI-PRENSA LIBROS, S.A.
- HARRACÁ, N.; SANTORO, M. 2005. "E.I.A. en la Argentina". Defensoría Ecológica de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- HARRIS, P. 2009. "Digicalc". Version 21.1. University of Adelaide, Australia.
- INE. 2011. "El sector privado y el cambio climático" [Disponible en]. Instituto Nacional de Ecología, Mexico, Distrito Federal. [http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/mercadoBonosCarbano.html](http://cambio_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/mercadoBonosCarbano.html) (Verificado: 10 de junio de 2011).
- INTA, A.C.D.L.E.M.J. 2009. "Plan plurianual 2009- 2013". Asociación Cooperadora de la EERA Marcos Juárez, Marcos Juárez
- MUNDA, G. 2004. "Métodos y procesos multicriterio para la evaluación social de las políticas públicas". *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* 1:31-45.
- MUNDA, G.A., (ed.) 1996. "Analysis Cost-benefit analysis in integrated environmental assessment: Some methodological issues", Vol. 19. *Ecological Economics*, Barcelona.
- PENNA, J.A.; DE PRADA, J.D.; CRISTECHE, E. 2010. "Valoración económica de los servicios ambientales: Teoría, métodos y aplicaciones", *In* LATERRA, P., *et al.*, eds. El valor ecológico, social y económico de los servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y estudios de Casos. . INTA-IAI-FONCYT.
- RIERA, P.; CANTÓ, S. 2003. "La vertiente socioeconómica de los estudios de impacto ambiental". *Ciudad y territorio: Estudios territoriales*:539-550
- SÁEZ, C.A.; REQUENA, J.C. 2007. "Reconciling sustainability and discounting in Cost-Benefit Analysis: A methodological proposal". *Ecological Economics* 60:712-725.
- SEN, A.K. 1967. "Isolation, Assurance and the Social Rate of Discount". *The Quarterly Journal of Economics* 81:112-124.
- YIRIDOE, E.K.; GORDON, R.; BROWNA, B.B. 2009. Nonmarket cobenefits and economic feasibility of on-farm biogas energy production. *Energy Policy* 37:pp. 1170 - 1179.

# Calidad nutritiva de láminas de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb) en rebrotes de verano y otoño

INSUA, J.R.<sup>1</sup>; DI MARCO, O.N.<sup>1</sup>; AGNUSDEI, M.G.<sup>2</sup>

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de la morfogénesis y estructura foliar en la calidad de las láminas de rebrotes de verano y otoño de *Festuca arundinacea* Schreb. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado ( $n=3$ ) en 250 macetas al aire libre sin limitantes hídricas de N y P. En los rebrotes de cada estación se realizaron tres cosechas de 300 macollos/repetición para obtener láminas en tres estados de desarrollo (recientemente expandida, adulta y pre-senescencia), correspondientes a tres generaciones consecutivas de hojas. En cinco macollos marcados por repetición se midió: la tasa de elongación foliar (TEF), el intervalo de aparición de hoja (IAH), la vida media foliar (VMF), el número de hojas vivas (NHV) y el largo de lámina y vaina. En las láminas se determinó el contenido de fibra detergente neutro (FDN), la digestibilidad de la FDN (DFDN) y la digestibilidad in vitro aparente de la materia seca (DAMS) (24 h de incubación, digestor DaisyII, ANKOM). Las variables de morfogénesis se evaluaron como medidas repetidas en el tiempo, y las de calidad ajustando funciones lineales con la edad y largo foliar. Las comparaciones se realizaron mediante análisis de variables Dummy y ANVA (Tukey). La temperatura media diaria del rebrote de otoño fue menor que en verano ( $13\pm 4$  vs.  $21\pm 3^\circ\text{C}$ ). Los parámetros de morfogénesis TEF, VMF, IAH fueron menores ( $p<0,001$ ) en otoño que en verano, pero el NHV no fue afectado ( $p>0,23$ ). La longitud foliar en otoño no varió durante el rebrote y fue menor que en verano ( $106\pm 10$  vs  $239\pm 100$  mm); que aumentó entre generaciones sucesivas ( $\sim 110$  mm/generación) en estrecha asociación ( $R^2=93\%$ ) con el aumento progresivo de la longitud de vaina. Las láminas de otoño presentaron menor contenido de FDN ( $39,8\pm 0,8$  vs.  $55,3\pm 0,6\%$ ), mayor DFDN ( $52,7\pm 1,6$  vs.  $46,8\pm 1,1\%$ ) y DAMS ( $69,3\pm 0,9$  vs.  $58,7\pm 0,6\%$ ) que las de verano. Se concluye que los rebrotes de verano y otoño difirieron en variables de morfogénesis, estructura y calidad. Asimismo, las diferencias en digestibilidad de la MS estuvieron asociadas al efecto del largo foliar en la dinámica de la FDN y DFDN.

**Palabras clave:** morfogénesis, FDN, DFDN, edad foliar, largo foliar, vaina.

## ABSTRACT

*The effect leaf morphogenesis and structure on leaf blades quality was evaluated in summer and autumn re-growth of Festuca arundinacea Schreb. The experiment was conducted in 250 pots arranged in a completely randomised design (n=3) under natural climate conditions, without limitation of water, N and P. In each season swards were sampled 3 times (~300 tillers/replicate) to obtain leaves in 3 ontogenics stages of similar age (just expanded, adult and pre-senescence) corresponding to the 3 first sequentially appearing leaf generations. The*

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Balcarce. Correo electrónico: insua\_juan@hotmail.com

leaf elongation rate (LER), leaf appearance interval (LAI), leaf life span (LLS), number of living leaves (NLL) and length of the leaf blade and sheath were measured in 5 marked tillers/replicate. In leaf blades, the NDF and the in vitro digestibility (NDFD and DMD) were determined (incubation at 24 h Daisy<sup>II</sup> digester). The morphogenic variables were evaluated using repeated measures data analysis. Quality traits were analyzed by lineal function with age and leaf length. Comparisons were made by dummy variable regressions and ANOVA (Tukey). The mean daily temperature was lower in autumn than in summer (13±4 vs. 21±3°C). LER, LLS and LAI were lower ( $p<0.001$ ) in autumn than in summer but NLL was similar ( $p>0.23$ ) in both season. Leaf length did not vary during autumn regrowth, but it was shorter than summer (106±9 vs 239±98 mm). Leaf blade length increased during summer among successive leaves of regrowth (~110 mm/generation) in relation ( $R^2=93\%$ ) to the progressive increase of the sheath tube length. Autumn leaf blades showed lower NDF (39,8±0,8 vs 55,3±0,6%), higher NDFD (52,7±1,6 vs 46,8±1,1%) and DMD (69,3±0,9 vs 58,7±0,6%) than that of summer regrowth. It is concluded that summer and autumn regrowths differ in morphogenic, structure and quality variables, and that differences in DM digestibility were associated with the effect of leaf length on NDF and NDFD dynamics.

**Keywords:** Morphogenesis, NDF, DNDF, leaf age, leaf length, sheath.

## INTRODUCCIÓN

*Festuca alta* (*Festuca arundinacea* Schreb.) es una graminéa perenne que se adapta muy bien a suelos de baja aptitud agrícola, cuyo rol en los sistemas ganaderos del país puede ser importante en la medida en que se demuestre su capacidad para producir forraje de alta calidad. No obstante, esta especie rústica de excelentes características productivas, disminuye drásticamente su calidad nutritiva en primavera avanzada y verano (Burns, 2009).

La caída continua de calidad entre hojas sucesivas del rebrote se debe a la pérdida de digestibilidad de la fibra detergente neutro (DFDN) con el incremento del largo foliar (Groot y Neuteboom, 1997; Duru y Ducroq, 2002; Agnusdei *et al.*, 2011; Insua *et al.*, 2012; Di Marco *et al.*, 2013). Se demostró que el aumento de la frecuencia de defoliación (Donaghy *et al.*, 2008) y la disminución de la altura de la pastura (Di Marco *et al.*, 2013) permiten mejorar la calidad del forraje en pasturas en estado vegetativo.

Los antecedentes citados llevan a plantear como hipótesis que las condiciones térmicas contrastantes de otoño y verano afectan, diferencialmente, el largo foliar entre hojas sucesivas del rebrote y, en consecuencia, la calidad del forraje, independientemente de la estación del año. El objetivo de este trabajo fue estudiar las características morfológicas y estructurales durante rebrotes de verano y otoño de *Festuca arundinacea* y su relación con la calidad de las láminas en ambas estaciones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) INTA de Balcarce (sudeste Bonaerense, 37° 45' S; 58° 18' W) durante el verano de 2009/10 y el otoño de 2011. Se utilizaron plantas de *Festuca arundinacea* Schreb. (cv El Palenque Plus INTA) sembradas en

macetas de plástico (250 macetas de 20 cm de diámetro y 40 cm de altura), con sustrato extraído del horizonte A de un suelo Argiudol típico, en un diseño completamente aleatorizado (DCA, n=3). El ensayo fue al aire libre sin limitantes hídricas ni nutricionales. Se aplicó riego por aspersión con frecuencia variable para mantener las condiciones de capacidad de campo. Además, se realizó una fertilización inicial con Nitrato de Amonio Calcáreo (150 kg N ha<sup>-1</sup>) y Fosfato Diamónico (50 kg P ha<sup>-1</sup>), más fertilizaciones semanales de Nitrato de Amonio Calcáreo (35 kg N ha<sup>-1</sup>) durante todo el ensayo. Antes del inicio del período experimental de cada estación, se realizaron tres cortes a 5 cm para homogenizar la edad de macollos y formar micropasturas densas y foliosas.

Previo al muestreo se realizó un último corte de homogenización y sincronización del crecimiento a 5 cm de altura que dio comienzo al período experimental. Se registró la temperatura media diaria, la cual se mantuvo relativamente constante durante el verano (21±3°C), y disminuyó durante el otoño en un rango de 21 - 4°C (13±4°C). El tiempo se expresó como grados días de crecimiento (GDC), que se calculó como la acumulación de la temperatura media diaria por encima de una temperatura base de 4°C. Se registró el intervalo de aparición de hojas (IAH), la tasa de elongación foliar (TEF), la vida media foliar (VMF), el número de hojas vivas por macollo (NHV), y el largo de lámina y vaina con una frecuencia de una a tres veces por semana en 15 macollos. La VMF se midió como los GDC acumulados transcurridos entre la aparición de la lámina visible y el comienzo de la senescencia.

Paralelamente, se realizaron tres cosechas (300 macollos/repetición) para obtener láminas en tres categorías de edad (recientemente expandida, adulta y pre-senescente) correspondientes a las tres primeras generaciones de hojas (G1, G2, G3) acumuladas durante los rebrotes. Los macollos se cortaron a nivel de la base y se congelaron,

inmediatamente, en N líquido. Luego, se almacenaron en freezer (-20°C) hasta su posterior separación y procesado. A continuación, se descongelaron y se mantuvieron en bandejas sobre hielo durante la separación de las láminas por categorías de edad y generaciones.

Las láminas se liofilizaron y molieron con un molino tipo Cyclotec con malla de 1 mm. Luego se determinó el contenido de fibra detergente neutro (% FDN, Van Soest *et al.*, 1991) y la digestibilidad de la FDN (% DFDN) y de la verdadera de la materia seca (% DVMS) por incubación *in vitro* de 250 mg de muestra durante 24 horas de incubación en el equipo Daisy<sup>II</sup>. La DVMS se convirtió a digestibilidad aparente (DAMS), restando el factor metabólico 11,9 propuesto por Van Soest (1994).

El conjunto de datos se analizó con un modelo estadístico lineal para un diseño DCA con tres repeticiones. Las variables de morfogénesis se analizaron como mediciones repetidas en el tiempo tomando en cuenta a los macollos marcados como sujetos de estudio y a la estación del año como factor de tratamiento. Para las variables de calidad se evaluaron ambas estaciones del año realizando ajustes de funciones lineales con los GDC y comparaciones mediante análisis de variables dummy. Los datos se analizaron con los procedimientos PROG REG y PROC GLM de la versión 8 del paquete estadístico SAS (SAS, 2001). Se efectuó un análisis de la varianza para un DCA de las variables de interés y se comparó las medias con la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

## RESULTADOS

### Morfogénesis y largo foliar

Durante el crecimiento y desarrollo de las tres primeras hojas sucesivas acumuladas durante el rebrote (G1, G2 y G3), los parámetros de morfogénesis TEF, VMF e IAH fueron mayores en verano que en otoño. Sin embargo, el máximo NHV acumuladas no se diferenció entre estaciones (tabla 1).

El largo de lámina del rebrote de otoño fue menor ( $p<0,0026$ ) que en verano y se mantuvo constante (106±10 mm) entre generaciones sucesivas de hojas. En cambio, en verano aumentó ( $p<0,0001$ ) desde 136±11, 222±24 a 360±53 mm para G1, G2 y G3, respectivamente. El au-

Parámetros	Otoño	Verano	p
TEF (mm día <sup>-1</sup> macollo <sup>-1</sup> )	3±0,3 b	16±0,8 a	<0,0001
VMF (°Cd)	446±22 b	633±27 a	0,0025
IAH (°Cd)	141±6 b	199±2 a	0,0062
NHV máximo (hojas macollo <sup>-1</sup> )	3,1±0,2 a	3,3±0,2 a	0,23

**Tabla 1.** Variables de morfogénesis de *Festuca arundinacea* durante el otoño y verano. Letras diferentes indican diferencias significativas entre épocas del año ( $p<0,05$ ). ±: Error estándar de la media (n=3).

mento del largo de lámina de las hojas sucesivas del rebrote estival mostró una fuerte relación positiva ( $R^2=93\%$ ) con el incremento progresivo del largo del tubo de vainas (figura 1), el cual se mantuvo relativamente constante en otoño (47±10 mm).

### Calidad de las láminas al mismo estado ontogénico

Las láminas de otoño tuvieron menor FDN y mayor DAMS y DFDN que las de verano, comparadas a un mismo estado ontogénico foliar (tabla 2). La DAMS y la DFDN disminuyeron ( $p<0,0001$ ) con el progreso de la ontogenia foliar, pero la FDN se mantuvo ( $p>0,86$ ) en un promedio de 39,8±0,79 en otoño y de 55,3±0,59 % en verano.

### Efecto de la edad y largo foliar sobre la calidad de las láminas

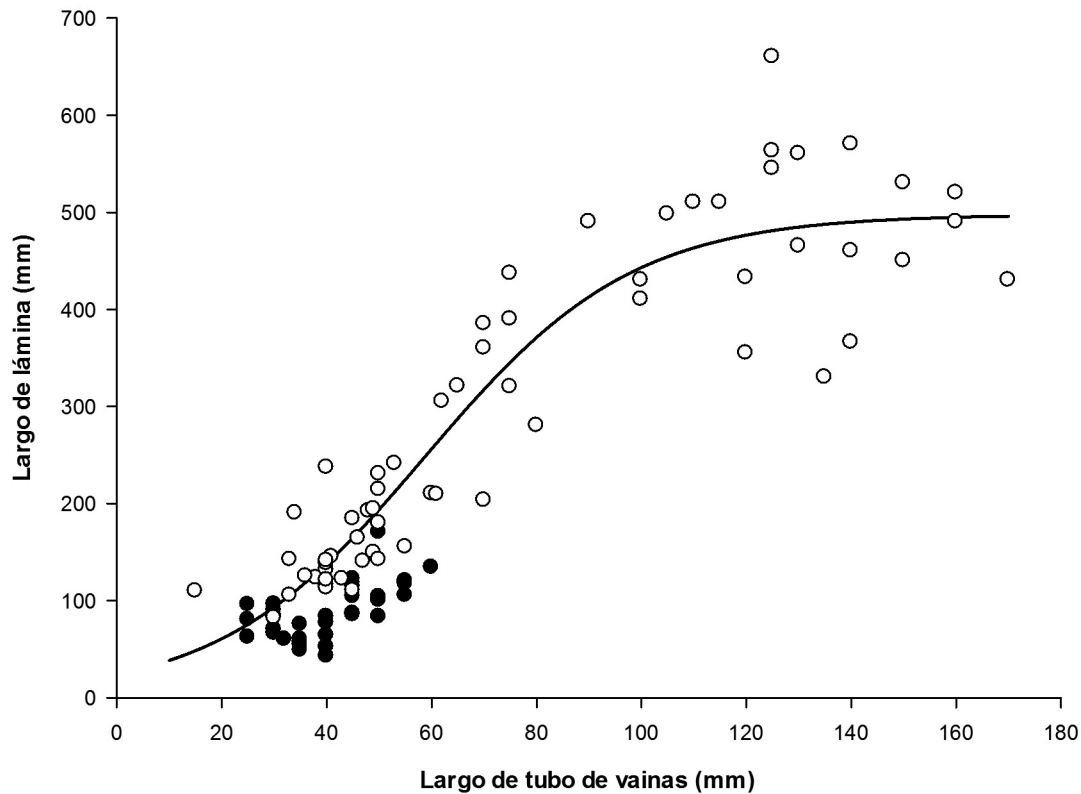
El efecto de la edad foliar sobre la calidad de las láminas se analizó durante el desarrollo (desde recientemente expandida hasta pre senescencia) de hojas con longitud similar (G1). El contenido de FDN se mantuvo sin cambios con la edad foliar (GDC), pero fue menor ( $p<0,0001$ ) en otoño que en verano (36,1±3 vs 52,9±3%). Las hojas de la G1 mostraron similar DFDN en ambas épocas (promedio 54,3%), pero ésta disminuyó con la edad foliar (figura 2a) a una mayor tasa en otoño que en verano (paralelismo  $p<0,006$ ).

El largo de lámina afectó diferencialmente la FDN, DFDN y DAMS de hojas recientemente expandidas (coincidencia

Estado ontogénico	DAMS		FDN		DFDN	
	Otoño	Verano	Otoño	Verano	Otoño	Verano
Ontogénico						
Expandida	72,7±1,1 a	62,7±1,1 b	40,1±1,0 a	55,4±1,0 b	61,6±2,0 a	54,3±2,0 b
Adulta	69,5±1,4 a	59,2±1,1 b	39,7±1,2 a	54,8±1,0 b	53,0±2,4 a	47,3±2,0 b
Pre Senescente	65,7±1,9 a	54,2±1,1 b	39,5±1,8 a	55,6±1,0 b	43,5±3,4 a	38,8±2,0 b

**Tabla 2.** Contenido de FDN y digestibilidad de la FDN (DFDN) y de la MS (DAMS) de láminas de rebrotes de *Festuca arundinacea* en diferentes estados ontogénicos (promedio de tres generaciones sucesivas de hojas). Letras diferentes indican diferencias significativas entre épocas del año ( $p<0,0001$ ). ±: Error estándar de la media (n=3).



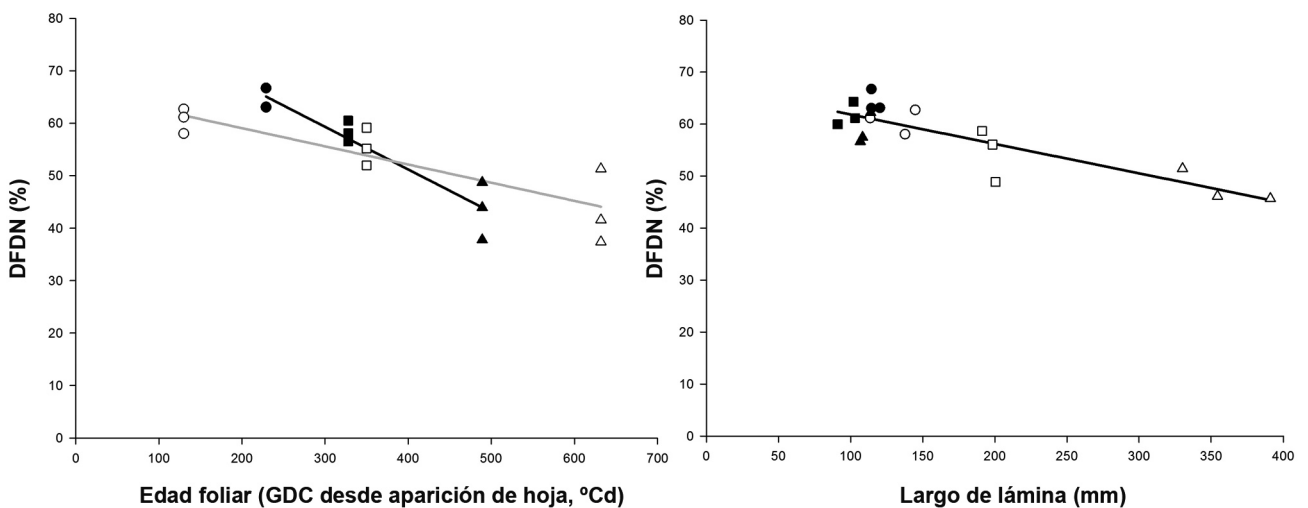


**Figura 1.** Relación entre el largo de lámina y del tubo de vainas de hojas recientemente expandidas de *Festuca arundinacea* durante los rebrotes de otoño (●) y verano (○). Otoño no significativo ( $p > 0,05$ ).

Verano:

$$y = 498 / (1 + (e^{-\frac{x-60}{20}}))$$

$R^2 = 0,93$ ,  $p < 0,0001$  ( $n = 63$ ).



**Figura 2.** Evolución de la DFDN con la edad foliar (a) y largo de lámina (b) de hojas de *Festuca arundinacea* durante los rebrotes de otoño (negro) y verano (blanco). En a: G1 recientemente expandida, ●○; adulta, ■□; y pre senescente, ▲△. En b: hojas recientemente expandidas de G1, ●○; G2, ■□; G3, ▲△.  $DFDN = -0,06 \pm 0,009x + 68 \pm 1,6$ ,  $R^2 = 0,73$ ,  $p < 0,0001$  ( $n = 27$ ).

$p < 0,0001$ ). Cabe aclarar que para la evaluación del efecto del largo foliar se utilizó hojas de similar estado ontogénico (recientemente expandidas) para eliminar efectos confundidos debidos a la edad foliar. Durante el otoño, la FDN se mantuvo constante ( $40,2 \pm 0,8\%$ ), mientras que en verano aumentó de 52 a 59% ( $0,2\%/cm$ ;  $p < 0,02$ ), resultando un valor promedio de  $55,3 \pm 0,6\%$ . A su vez, la DFDN fue más afectada que la FDN por el aumento del largo de lámina debido a que mostró una pérdida de  $0,6\%/cm$  durante el verano (figura 2b). La DFDN de las láminas de ambas estaciones se ajustaron a una misma función con el largo foliar (coincidencia  $p = 0,9$ ). Sin embargo, en otoño los datos se agruparon en los máximos niveles de DFDN debido a que no se observaron cambios en la longitud foliar.

## DISCUSIÓN

### Crecimiento y recambio foliar

Los rebrotes de otoño y verano crecieron en diferentes condiciones de temperatura, lo cual afectó diferencialmente los parámetros de morfogénesis y estructurales en estudio. En otoño, el crecimiento (TEF) resultó ~5 veces menor que en verano y el recambio foliar fue más rápido (menor VMF e IAH). A pesar de estas diferencias, en ambas épocas se acumuló un máximo de tres hojas vivas por macollo (tabla 1).

La menor VMF de otoño (444 vs 630 GDC) coincide con resultados de Lemaire y Agnusdei (2000) que registraron menores valores durante el invierno-otoño. Al igual que en el presente trabajo, estos autores no encontraron explicaciones claras a las diferencias estacionales en la VMF debido a que se considera una característica de carácter genético y, por ende, inherente a la especie (Lemaire y Chapman 1996).

Aunque las hojas de otoño tuvieron un ciclo de vida un 30% menor (<VMF) que las de verano, el NHV fue similar (~3 hojas) en ambas estaciones. Esto es debido a que en otoño las hojas aparecieron con mayor frecuencia, es decir, un IAH 29% más corto que en verano. Por lo tanto, el cociente VMF/IAH que determina el NHV (Lemaire y Agnusdei 2000) permaneció constante.

La dinámica del crecimiento de las hojas fue diferente entre estaciones, lo cual afectó su estructura. En otoño, las hojas fueron más cortas que en verano y su longitud permaneció constante a través de las generaciones de hojas sucesivas del rebrote. En cambio, en verano la longitud aumentó entre generaciones de hojas (~110 mm), en estrecha asociación ( $R^2 = 93\%$ ) con el aumento progresivo del largo del tubo de vainas (figura 1). Ambas variables, longitud de hoja y tubo de vainas, se mantuvieron relativamente constantes en otoño. Skinner y Nelson (1995) y Kavanová *et al.* (2006), señalan que el tamaño del tubo de vainas controla el largo de hoja a través de un efecto positivo sobre la tasa y la duración de la elongación foliar.

### Calidad láminas

La calidad promedio de las láminas de otoño fue superior a las de verano (tabla 2). En otoño, la DAMS y la DFDN

fueron 18 y 12% mayores que en verano, respectivamente; y el contenido de FDN 28% menor (tabla 2).

El menor contenido de FDN en otoño (39 vs 55%) estaría relacionado al menor crecimiento otoñal (ocasionado por las menores temperaturas) que produciría una menor demanda de fotoasimilatos, y la consecuente acumulación de contenido soluble y disminución relativa de la pared celular. Al respecto, Lemaire y Agnusdei (2000) y Burns *et al.*, (2002), también observaron una disminución de la FDN y mayor acumulación de hidratos de carbono solubles en otoño que en épocas más favorables para el crecimiento. Por otro lado, la constancia de la FDN con la edad (VMF) y la escasa variación con el largo foliar concuerda con experimentos previos en otras especies (Avila *et al.*, 2010; Agnusdei *et al.*, 2011; Insua *et al.*, 2012).

Debido a la constancia, o escasa variación, de la FDN con la edad y largo foliar, los cambios de DAMS durante el desarrollo foliar dependieron en mayor medida de la dinámica de la DFDN (tabla 2). La edad foliar mostró un efecto negativo sobre la DFDN que fue similar en ambas estaciones. Éste fue de ~19 unidades porcentuales (de ~62 a ~43%) durante la VMF, es decir, desde que la hoja se expandió hasta pre-senescencia (figura 2a). Esto indicaría que, en hojas de similar largo y estado de desarrollo, no habría diferencias en DFDN entre estaciones del año. Similar comportamiento fue observado por Insua *et al.* (2012) al comparar láminas de cultivares de festuca alta. Sin embargo, debido a la menor VMF de otoño, la tasa de pérdida de DFDN con la edad foliar expresada en tiempo térmico (GDC), fue mayor que en verano (figura 2a). Los resultados sugieren que los procesos físicos (Wilson y Mertens, 1995) y químicos (Akin 1989; Jung y Allen, 1995), que hacen a la pared celular menos digestible, se aceleran con el aumento del recambio foliar, es decir, cuando se acorta el IAH y/o la VMF.

El largo foliar mostró un efecto negativo sobre la DFDN de las láminas de ambos rebrotes (figura 2b), con una pérdida de 0,6 unidades porcentuales cada 10 mm de incremento en la longitud en ambas épocas del año. Este valor es similar al encontrado en especies C4 por Agnusdei *et al.* (2011) y Avila *et al.* (2010). Debido a este efecto sobre la DFDN, el aumento del largo foliar de verano fue el determinante de las mayores pérdidas de calidad durante el rebrote, en comparación con el otoño donde la longitud de las hojas se mantuvo relativamente constante.

## CONCLUSIONES

Los rebrotes de otoño y verano se diferenciaron en parámetros de morfogénesis y estructurales, como así también en la calidad de las láminas, la cual fue mayor en otoño. En esta estación el porcentaje de FDN fue menor que en verano (39 vs 54%) y se mantuvo constante con la edad foliar en ambas estaciones. Sin embargo, la FDN aumentó levemente con el largo foliar en verano ( $0,2\%/cm$ ). La DAMS fue mayor en otoño que en verano (18%) y disminuyó diferencialmente durante el rebrote en ambas estaciones. La disminución de calidad durante el rebrote de otoño

fue debido a la pérdida de DFDN con la edad foliar, dado que el largo de las hojas sucesivas del rebrote no aumentó. En cambio, en verano, la DFDN disminuyó tanto con la edad, como así también con el aumento del largo foliar entre hojas sucesivas del rebrote. Este aumento estuvo asociado al incremento progresivo del largo del tubo de vainas de verano. Los resultados indican que las variaciones en DFDN son más importantes que las de FDN para explicar los cambios de DAMS durante el rebrote. Además, las variaciones del largo foliar son las principales determinantes de los cambios estacionales de calidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGNUSDEI, M.G.; DI MARCO, O.N.; NENNING, F.R.; AELLO, M.S. 2011. Leaf blade nutritional quality of rhodes grass (*Chloris gayana*) as affected by leaf age and length. *Crop and Pasture Sci.* 62: 1098-1105.
- AKIN, D.E. 1989. Histological and physical factors affecting digestibility at forages. *Agron. J.* 1:17-25.
- AVILA, R.E.; DI MARCO, O.N.; AGNUSDEI, M.G.; MAYORAL, C. 2010. Digestibilidad de la fibra y materia seca de dos gramíneas megatermicas (*Chloris gayana* y *Cenchrus ciliaris*) de diferente porte. Relación con la edad y largo foliar. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 30: 1-13.
- BURNS, J.C. 2009. Nutritive value. In: Fribourg, H.A.; Hannaway, D.B.; West, C.P. (eds.). Tall fescue for the Twenty-first Century. *Agron. Monogr.* 53. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. pp.159-202.
- BURNS, J.C.; CHAMBLEE, D.S.; GIESBRECHT, F.G. 2002. Defoliation intensity effects on season long dry matter distribution and nutritive value of tall fescue. *Crop Science*, 42, 1274–1284.
- CALLOW, M.N.; LOWE, K.F.; BOWDLER, T.M.; LOWE, S.A.; GOBIUS, N.R. 2003. Dry matter yield, forage quality and persistence of tall fescue (*Festuca arundinacea*) cultivars compared with perennial ryegrass (*Lolium perenne*) in a subtropical environment. *Aust. J. Exp. Agric.* 43:1093–1099.
- DI MARCO, O.N.; HARKES, H.; AGNUSDEI, M.G. 2013. Calidad de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) en estado vegetativo en relación a la edad y longitud de las hojas. *Rev. Investigación Agropecuaria (RIA)*, 39:105-110.
- DONAGHY, D.J.; TURNER, L.R.; ADAMCZEWSKI, K.A. 2008. Effect of defoliation management on water-soluble carbohydrate energy reserves, dry matter yields, and herbage quality of Tall Fescue. *Agron. J.* 100:122-127.
- DURU, M.; DUCROCQ, H. 2002. A model of lamina digestibility of orchardgrass as influenced by nitrogen and defoliation. *Crop Sci.* 42: 214 – 223.
- GROOT, J.C.; NEUTEBOOM, J.H. 1997. Composition and digestibility during ageing of Italian ryegrass leaves of consecutive insertion the same levels. *J. Sci. Food Agric.* 75: 227–236.
- INSUA, J.R.; AGNUSDEI, M.G.; DI MARCO, O.N. 2012. Calidad nutritiva de láminas de dos cultivares de "festuca alta" (*Festuca arundinacea* Schreb). *Rev. Investigación Agropecuaria (RIA)*, 38(2): 190-195.
- JUNG, H.J.; ALLEN, M.S. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* 73: 2774-2790.
- KAVANOVÁ, M.; GRIMOLDI, A.A.; LATTANZI, F.A.; SCHNYDER, H. 2006. Phosphorus nutrition and mycorrhiza effects on grass leaf growth. P status- and size-mediated effects on growth zone kinematics. *Plant, Cell Environm.* 29: 511-520.
- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. *En: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) The ecology and management of grazing system.* CAB International. pp. 3-36.
- LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. *En: LEMAIER, G.; HODGSON, J.; de MORAES, A.; CARVALHO, P.C. de F.; NABINGER, C. (Eds.) Grassland ecophysiology and grazing ecology.* CAB International. pp. 265-287.
- SAS. 2001. SAS/STAT® User's guide (Release 8.0). SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. 1995. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. *Crop Sci.* 35: 4-10.
- VAN SOEST, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press, Ithaca, NY. 476 p.
- VAN SOEST, P.; ROBERTSON, J.; LEWIS, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dietary Sci.* 74: 3583 -3597.
- WILSON, J.R.; MERTENS, D.R. 1995. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. *Crop Sci.* 35:251-259.

# Evaluación del efecto de la liberación de *Orius insidiosus* (Hemiptera: anthocoridae), como agente de control biológico de trips en el cultivo de frutilla

LEFEBVRE, M.G.<sup>1</sup>; REGUILÓN, C.<sup>2</sup>; KIRSCHBAUM, D.S.<sup>3</sup>

## RESUMEN

Tucumán es la principal provincia exportadora de frutilla (*Fragaria ananassa* Duch.) de la Argentina. Entre sus amenazas bióticas se destacan los tisanópteros (trips) como una de las plagas más importantes que atacan hojas, flores y frutos (bronceado). Por otro lado, uno de los enemigos naturales más reconocidos de los trips es *Orius insidiosus* (chinche de la flor), la cual se alimenta de todos los estadios de la plaga y depreda grandes cantidades de individuos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la liberación de la chinche de la flor como controlador biológico de trips en el cultivo de frutilla. El estudio se realizó en la localidad de Estación Padilla, Dpto. Famaillá, provincia de Tucumán, en un cultivo de frutilla de la variedad "Festival". Los tratamientos fueron "con liberación de *Orius*" y "testigo sin liberación". El diseño experimental fue completamente aleatorizado con dos tratamientos y tres repeticiones y se realizó en parcelas que constaban de 40 plantas cada una. Una vez que se verificó la presencia de trips todas las parcelas fueron cubiertas con malla antiáfidos de color blanco. Inmediatamente, se hizo una liberación dirigida de adultos de *O. insidiosus* sobre hojas y flores en 15 plantas alternadas en las parcelas "con liberación". Las mallas se quitaron a las 48 horas posliberación (PL) y se realizó en ese momento el primer muestreo PL, al que le sucedieron tres muestreos más, a los 5, 16 y 29 días PL. Como resultado, por un lado, se encontraron dos especies de trips: *Frankliniella schultzei*, ya citada como plaga del cultivo de frutilla en Tucumán, y otra especie del género *Frankliniella*, aún no conocida en la zona. Se determinó que *F. schultzei* fue más abundante y se observó el efecto controlador de la chinche sobre los trips. *Orius insidiosus* tuvo mayor control sobre la población de *F. schultzei*. El depredador se estableció en el cultivo en espacio y en tiempo y se constató su dispersión, aún dos meses después, en sectores alejados del lote donde originalmente fue liberado. La chinche de las flores se considera promisoría como recurso amigable con el medio ambiente para el control de plagas, en cultivos de frutilla en el noroeste argentino.

**Palabras clave:** trips de la flor, dinámica poblacional, *Fragaria ananassa*, fresa, biocontrol.

## ABSTRACT

*Tucumán is the main Argentina's strawberry (Fragaria ananassa Duch.) exporting province. Among the biotic menaces of this crop, thrips are one of the major pests, attacking leaves, flowers and fruits (bronzing). On the*

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Naturales. Miguel Lillo 209. (4000) SM de Tucumán, Tucumán.

<sup>2</sup>Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251. (4000) SM de Tucumán, Tucumán.

<sup>3</sup>INTA Famaillá. Ruta Prov. 301, Km 32. (4132) Famaillá, Tucumán. Correo electrónico: kirschbaum.daniel@inta.gob.ar

other hand, one of most recognized natural enemies of thrips is *Orius insidiosus* (insidious flower bug), which feeds of all the developmental stages of thrips, predating great amounts of individuals. The objective of this work was to evaluate the effect of releasing insidious flower bugs as thrips biological controller in strawberry crops. The study was carried out in Famaillá, province of Tucumán, on a strawberry crop, cultivar "Festival". Treatments were "with *Orius* releasing" and "control without *Orius* releasing". The experimental design was completely randomized, with 2 treatments and 3 replications. Plots consisted of 40 plants each. Once the presence of thrips on the crop was verified, all experimental plots were covered with white antiaphid screens. Immediately, adults of *O. insidiosus* were released on leaves and flowers of 15 alternate plants of the treated plots. Screens were removed 48 h after the release (AR) of *Orius*, when the first insect sampling was performed. The other three sampling dates were at 5, 16 and 29 days AR. As result, on one hand, two species of thrips were found: *Frankliniella schultzei*, already cited as a strawberry pest in Tucumán, and another species of the *Frankliniella* genus, which is not known in the region. The first one was more abundant. On the other hand, the effect of *O. insidiosus* as biological controller of thrips was observed, resulting that *Orius* had more preference for *F. schultzei* than for *F. sp.*. The predator established in the crop in space and time, which was confirmed 2 months later in strawberry plants located several meters away from the experimental plots. Insidious flower bugs are considered a promissory environmental friendly pest control resource, for strawberry crops in northwestern Argentina.

**Keywords:** insidious flower bug, population dynamics, *Fragaria ananassa*, biocontrol.

## INTRODUCCIÓN

Tucumán es la principal provincia exportadora de frutilla (*Fragaria ananassa* Duch.) de la Argentina. Este cultivo se asienta en el corredor pedemontano occidental de la provincia, con alta concentración de predios en el departamento Lules. En menores proporciones, se cultiva en los departamentos Famaillá, Monteros, Chicligasta, Alberdi, y Tafí del Valle (valle intermontano de altura) (Kirschbaum, 2009 y 2011).

Los tisanópteros (Thripidae) constituyen importantes plagas para la agricultura porque atacan el follaje, las flores y los frutos de múltiples cultivos, entre ellos la frutilla. Tanto larvas como adultos se alimentan de frutos raspando sus células y absorbiendo la pulpa de manera que colapsan y le confieren un aspecto opaco y áspero, color bronce o plata, a la fruta. Los aquenios del ápice tienden a caerse y el fruto a deformarse (Gonzales Bustamante, 1996). En Tucumán, las especies de trips citadas para frutilla son *Frankliniella schultzei*, *F. australis* y *Haplothrips trellesi* (Lemme *et al.*, 2007).

El uso de agroquímicos para el control de plagas en cultivos frutihortícolas, como es el caso de la frutilla (*Fragaria ananassa* Duch.), es progresivamente más restringido debido a que los consumidores están cada vez más preocupados por la contaminación ambiental que producen los pesticidas y por la presencia de residuos de pesticidas en los alimentos que consumen (Wilkins y Hillers, 1994; Williamson *et al.*, 2008). Además, el uso prolongado de un principio activo genera resistencia en la plaga y se incrementa con el tiempo la dificultad para su control (Georghiou, 1972).

Como alternativa o complemento al control químico, se promueve el control biológico, lo que implica la utilización activa o pasiva de enemigos naturales, depredadores, pa-

rasitoides o entomopatógenos que reducen los niveles poblacionales de las plagas y, en consecuencia, el nivel de daño al cultivo (Cisneros, 1995; DeBach, 1977).

Dentro de los depredadores naturales asociados a plagas del cultivo de frutilla en Tucumán se encuentran especies de Hemiptera y Neuróptera (Carpintero, 2002; Reguilón *et al.*, 2011). Entre los primeros, se incluye a las chinches del género *Orius*, pertenecientes a la familia Anthocoridae (Fieber), subfamilia Anthocorinae (Fieber), importantes depredadores de trips.

Estas chinches son los agentes de control biológico más eficaces que se han podido criar artificialmente para su comercialización y uso a nivel mundial (Castane y Zalom, 1994; Chambers *et al.*, 1993; Saini *et al.*, 2003; Van de Veiner y Degheele, 1992). La chinche de las flores, *Orius insidiosus*, es el principal controlador biológico de los trips, ya que se alimenta de todos los estadios de la plaga aunque, también, ingieren ácaros, áfidos, huevos de lepidópteros, coleópteros y hasta polen, en periodos de escasez de presas. Está citado como especie presente en Tucumán (Carpintero, 2002). Actualmente, se implementa su utilización como agente de biocontrol en diversos cultivos (Saini *et al.*, 2003).

La atención al control biológico de trips en cultivos de frutilla en Tucumán fue puesta en práctica en los últimos años como consecuencia del incremento de la presencia de la plaga y por las restricciones existentes hacia el control químico. En consecuencia, sería importante contar con información local sobre la dinámica poblacional de este fitófago y cómo se puede influir sobre la misma a través de la acción de enemigos naturales. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la liberación de *O. insidiosus* como controlador biológico de trips en el cultivo de frutilla.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La plantación de frutilla se realizó en el campo de la Estación Experimental Agropecuaria Famaillá, del INTA, en Tucumán (27° 03' S, 65° 25' O, 363 m.s.n.m.), sobre un suelo franco, el 20 de abril de 2011. Se plantó sobre camellones de 0,40 m de altura, 0,50 m de ancho en la mesada y 0,80 m de ancho en la base. Además, fueron distanciados 1,30 m entre sí, y fueron cubiertos con polietileno negro (mulch). Las plantas se ubicaron en dos hileras a tresbolillo distanciadas 0,30 m entre sí, y 0,35 m entre plantas dentro de cada hilera.

Se utilizaron plantas propagadas en El Maitén (Chubut) de la variedad "Festival" (Univ. de Florida, EE.UU.). La provisión de agua se realizó a través de cintas de riego por goteo, con una cinta por camellón. La frecuencia de riego fue de cuatro a cinco veces por semana para aportar la cantidad de agua necesaria para mantener el suelo a capacidad de campo.

La fertilización fue de 240 kg N en una relación N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O:CaO:MgO de 1:0,7:2:0,4:0,2, con una parte aplicada como fertilización de base en preplantación y otra a través del riego por goteo hasta el mes de octubre. La cosecha de frutos con madurez comercial (frutos con al menos 2/3 de color rojo) se extendió de junio a noviembre, con una frecuencia de dos a tres veces por semana.

Los tratamientos fueron "con liberación de *Orius insidiosus*" y "testigo sin tratar con el depredador". El diseño experimental fue completamente aleatorizado, con dos tratamientos y tres repeticiones. Las parcelas constaban de 40 plantas cada una. Las variables medidas fueron número de adultos y número de ninfas de trips por planta, y número de individuos de *O. insidiosus* por planta. Previo a la liberación, el 07 de septiembre de 2011, se tomaron 40 muestras de flores/parcela al azar para constatar la presencia/ausencia de trips (muestreo preliberación). Estas muestras, a su vez, se colocaron en frascos de plástico con alcohol 65%, para ser trasladadas, acondicionadas y analizadas con mayor precisión en el laboratorio de Fundación Miguel Lillo. Confirmada la presencia de trips, desde el primer día, las seis parcelas fueron protegidas con microtúneles de malla antiáfidos blanca y se llevó a cabo la liberación de las chinches. Las parcelas permanecieron cubiertas las 48 horas posteriores a la liberación.

El material de *Orius* que se utilizó para liberar provino de Laboratorios Biobest Biological Systems (Bélgica), en frascos de 125 ml con 1000 individuos adultos mezclados con vermiculita como vehículo. Se pesó el contenido y se determinó una densidad de, aproximadamente, 40 individuos por gramo.

El material para liberar fue preparado en 45 frascos que contenían 0,47 g de *Orius* y vermiculita cada uno, más el agregado de cascarilla de quinoa para facilitar la aplicación de los insectos sobre las plantas. La liberación se realizó con un esquema de 15 plantas alternadas dentro de las parcelas de 40 plantas, sobre hojas y flores. Se liberaron de 18 a 20 individuos por planta.

Las mallas se quitaron a las 48 horas (día 2) posliberación (PL) y se realizó el primer muestreo PL, al que le suce-

dieron tres más: a los 5, 16 y 29 días PL donde se eligieron 10 plantas con flores en cada parcela. Por último, a los 69 días PL, se hizo un muestreo final en plantas al azar en todo el lote, a fin de verificar dispersión de la especie depredadora y su establecimiento en el cultivo. En laboratorio se procesaron e identificaron las muestras con lupa binocular. Luego, se realizó el conteo de trips (se discriminaron entre formas maduras e inmaduras) y *Orius*.

En cada fecha de muestreo se registró el número de trips (formas maduras e inmaduras) y de *Orius*. Los datos obtenidos fueron analizados con ANOVA, mediante el programa estadístico Infostat (Balzarini *et al.*, 2008).

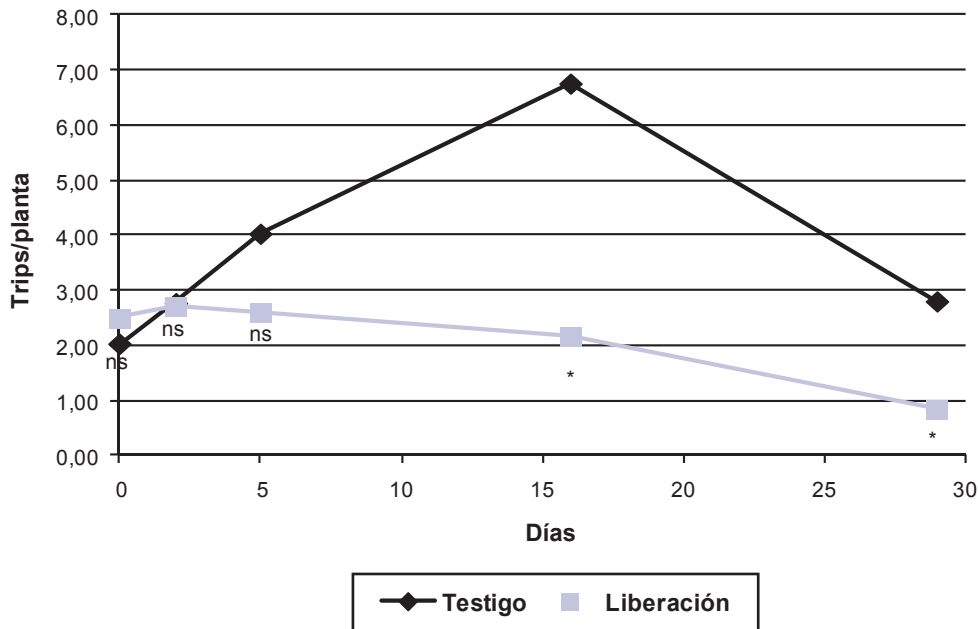
## RESULTADOS

Como resultado del análisis y procesamiento de las muestras en laboratorio se encontraron dos especies de trips, *Frankliniella schultzei* (Trybom) y una especie aún no determinada del mismo género a la que, temporalmente, se denominó *Frankliniella* sp. *Frankliniella schultzei* es una especie que está citada como plaga de la frutilla en la Argentina, en la provincia de Tucumán (Lemme *et al.*, 2007), y fue la más abundante en el presente estudio.

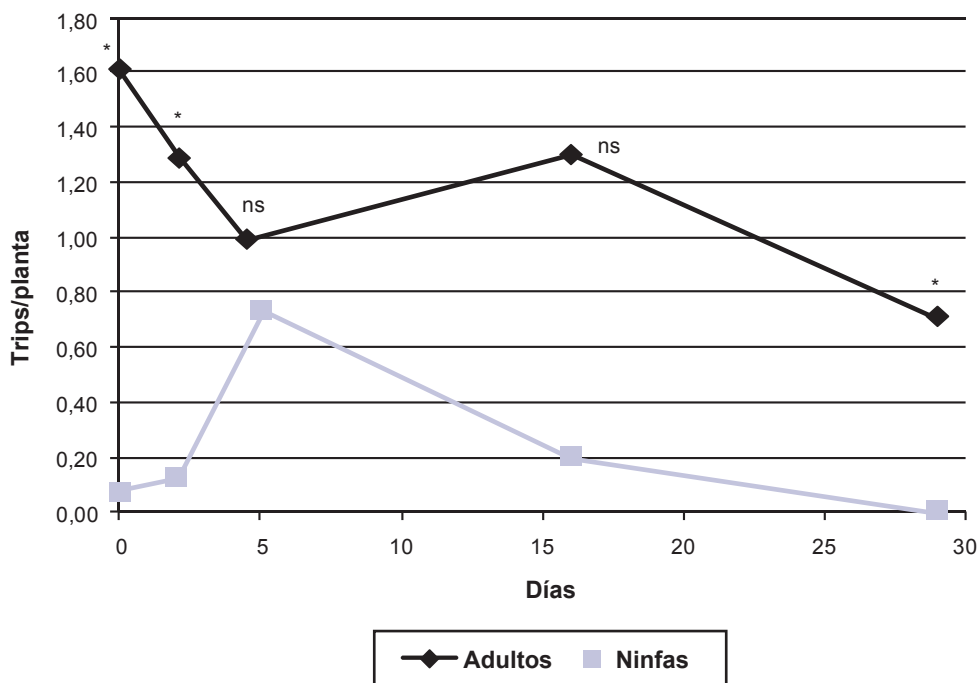
En el muestreo preliberación del depredador, la cantidad de trips en las parcelas testigo y tratamiento fue similar, 2,03 y 2,50 individuos por planta (IP), respectivamente (figura 1). En el primer muestreo PL (día 3) ya se observa un aumento en el número de trips en el testigo, mientras que en las parcelas tratadas las cantidades prácticamente no se modificaron. En el segundo muestreo PL (día 5) la población de trips en las parcelas testigo aumenta a 4,00 IP, mientras que en las tratadas se mantiene en valores cercanos a la fecha del segundo muestreo (2,63 IP). Hasta esta fecha no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. En el tercer muestreo PL (día 16), la población de trips aumentó a valores cercanos a 7 IP en el testigo, mientras que en las parcelas tratadas mantuvo valores bajos, alrededor de 2 IP. En el último muestreo PL (día 29), la cantidad de trips en el testigo fue 2,80 IP y en las parcelas tratadas 0,93 IP. En las dos últimas fechas de muestreo, las diferencias entre tratamientos fueron estadísticamente significativas.

Se observó una preferencia de *Orius* sobre las ninfas de trips más que sobre adultos (figura 2 y 3). Las fechas de muestreo de los días 0 y 2 presentaron diferencias significativas entre los IP en la población de adultos con respecto a la de ninfas de *F. schultzei*. Las siguientes dos fechas de muestreo (días 5 y 16) no presentaron diferencias significativas entre los IP de adultos y ninfas de trips. En la última fecha de muestreo (día 29) ambas poblaciones de trips mostraron un descenso de su número de IP, sin embargo, las ninfas alcanzaron valores cercanos a 0, estadísticamente diferentes a los adultos (figura 2).

El número de adultos de *Frankliniella* sp. fue inferior al número de ninfas en todas las fechas de muestreo, excepto en la segunda (día 2), donde se observó lo inverso (figura 3). Sin embargo, ninguna de estas diferencias fue estadísticamente significativa.



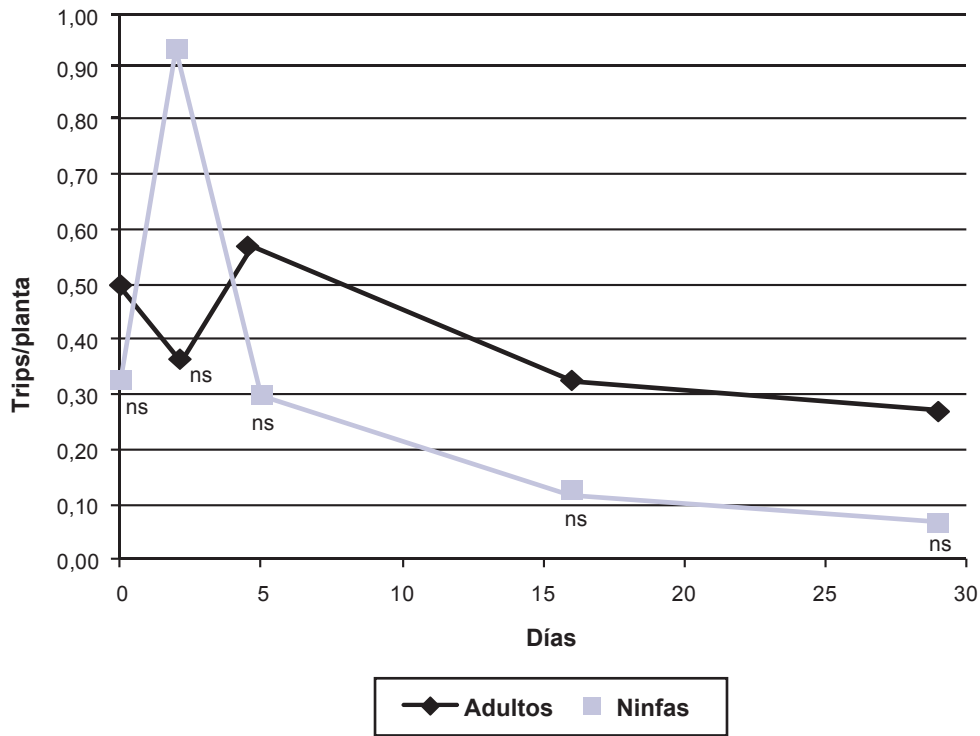
**Figura 1.** Efecto de la liberación de *O. insidiosus* sobre la densidad poblacional de *Frankliniella schultzei* y *Frankliniella* sp. en un cultivo de frutilla. \* y ns: valores significativos y no significativos, respectivamente, a un nivel de 5% de probabilidad (p-valor según ANOVA). Los desvíos estándares para cada fecha de muestreo (D) y tratamiento (testigo y liberación) fueron: D0: 0,55 y 1,04; D2: 1,06 y 0,64; D5: 1,31 y 1,32; D16: 3,23 y 1,06; D29: 1,04 y 0,46.



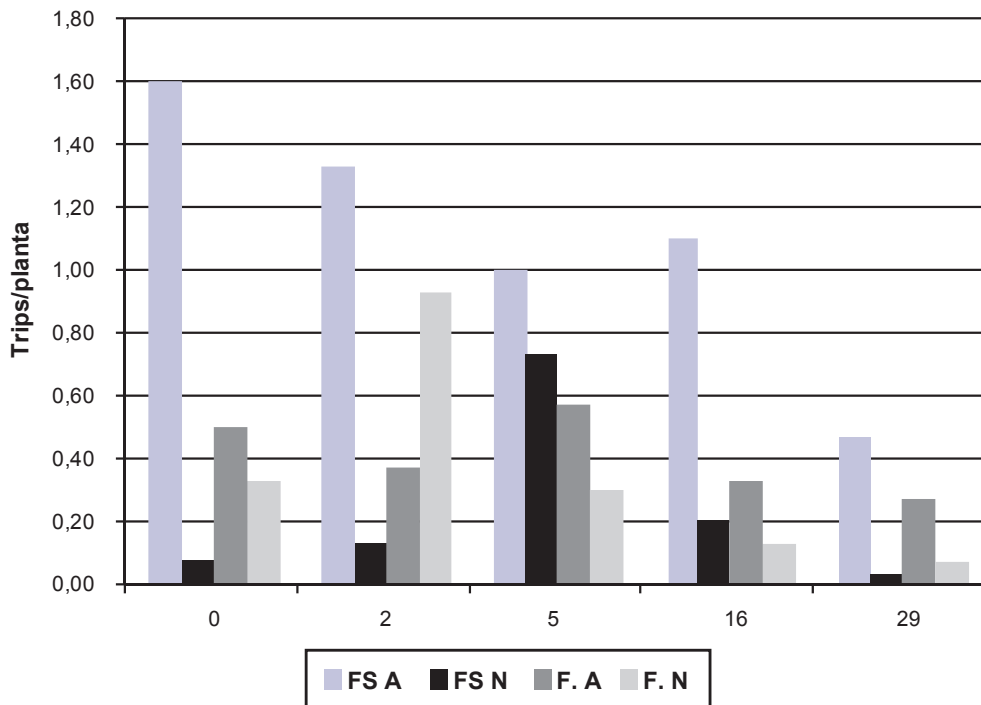
**Figura 2.** Efecto de la liberación de *O. insidiosus* sobre *Frankliniella schultzei* (ninfas y adultos). \* y ns: valores significativos a un nivel de 5% de probabilidad y no significativo, respectivamente (p-valor según ANOVA). Los desvíos estándares para cada fecha de muestreo (D) y estadio (adulto y ninfa) fueron: D0: 0,52 y 0,12; D2: 0,71 y 0,23; D5: 0,60 y 0,76; D16: 0,92 y 0,10; D29: 0,21 y 0,06.

La población de adultos de *F. schultzei* en el presente estudio fue en todos los muestreos mayor a la población de adultos de *F. sp.* (figura 4). Asimismo, se observó que las densidades de adultos de *F. schultzei* decrecieron a

medida que transcurrió el tiempo, excepto en la cuarta fecha de muestreo (día 16), a valores inferiores a 0,5 IP. Sin embargo, la población de ninfas de *F. sp.* fue, en general, a través de los muestreos, superior a la de ninfas de *F. schul-*



**Figura 3.** Efecto de la liberación de *O. insidiosus* sobre *Frankliniella. sp.* (ninfas y adultos). Todas las diferencias fueron no significativas a un nivel de 5% de probabilidad (p-valor según ANOVA). Los desvíos estándares para cada fecha de muestreo (D) y cada estadio (adulto y ninfa) fueron: D0: 0,36 y 0,15; D2: 0,32 y 0,23; D5: 0,32 y 0,20; D16: 0,06 y 0,23; D29: 0,38 y 0,12.



**Figura 4.** Comparación de las poblaciones (ninfas y adultos) de *Frankliniella schultzei* y *Frankliniella sp.* en cada fecha de muestreo. FS: *F. schultzei*; F.: *F. sp.*; A: adultos; N: ninfas.

*tzei*, que disminuyeron hacia el final del ensayo a valores cercanos a cero.

Se midió la dispersión de *Orius* hacia todas las parcelas, tanto testigos como tratadas, y se registraron aumentos



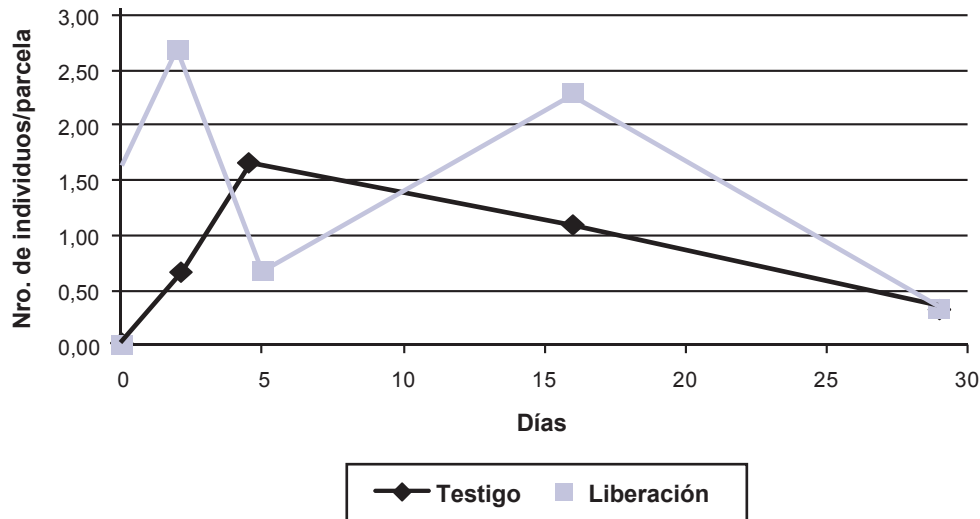


Figura 5. Dinámica poblacional de *O. insidiosus* durante el período estudiado.

importantes de su población, con picos en las parcelas tratadas de 2,67 y 2,33 individuos por parcela (días 2 y 16). En las parcelas testigos se registró la presencia de *Orius* con valores máximos de 1,67 y 1,00 en los días 5 y 16, respectivamente (figura 5). El depredador se estableció en el cultivo en espacio y en tiempo y se constató visualmente su dispersión dos meses después, en sectores alejados del lote donde originalmente fue liberado (datos no mostrados).

## DISCUSIÓN

Los trips que afectan al cultivo constituyen una población de distintas especies. La más abundante en la frutilla, en el presente estudio, fue *F. schultzei* con una media de 1,10 IP en relación a una media de 0,38 para la especie *F. sp. Frankliniella schultzei* ya fue citada para frutilla en Tucumán (Lemme *et al.*, 2007). Sin embargo, el Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas - SENASA (Sinavimo-SENASA, 2012a) no la incluye como plaga de la frutilla sino de lino, pimiento, tomate y soja. Además, en Santa Fe (Argentina) produce importantes daños en cultivo de soja al ser transmisor del virus estriado del tabaco (TSV) (Gamundi y Perotti, 2009; Riley *et al.*, 2011). En el presente trabajo, es posible que la fuente de inóculo haya sido un lote cultivado con soja que se encontraba muy cerca del lugar de estudio. También está citada esta especie para el cultivo de *Vicia faba* (haba) en la Prepuna jujeña, como especie oportunista que utiliza la planta de manera temporal (Zamar *et al.*, 2011).

En otras zonas productoras de frutilla, como California o Florida (Estados Unidos) y Rio Grande do Sul (Brasil), también se encontró *Frankliniella schultzei*, aunque las principales especies de trips consideradas plagas de la frutilla en esas regiones son *F. occidentalis* y *Thrips tabaci* (Atakan, 2011; García-Marí *et al.*, 1994; Mound y Marullo, 1996; Pinent, *et*

*al.*, 2011). Por otro lado, en Australia, *F. schultzei* es uno de los principales transmisores del Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV) en plantas de pimiento, lechuga y tomate y no afecta a otros cultivos como frutilla y uva (Broughton *et al.*, 2004).

Se constató un efecto positivo de control de *Orius insidiosus* sobre las poblaciones de la plaga objetivo, ya que en la mayoría de las fechas de muestreo las parcelas tratadas con el depredador tuvieron niveles de trips inferiores a las parcelas testigos. Algunos países en donde se implementaron controles de trips con *Orius* son: Turquía (frutilla; Atakan, 2011); Israel (frutilla en invernadero; Coll *et al.*, 2005); España (melón, pimiento, frutilla, tomate y algodón; Ferragut y Gonzales Zamora, 1994); y Chile, donde se reporta que *O. insidiosus* controla, naturalmente, poblaciones de *F. occidentalis* en alfalfa y vid (Ripa y Larral, 2001). Por otro lado, en invernaderos de Brasil, *O. insidiosus* como enemigo natural de *F. occidentalis*, fue capaz de mantener dichas poblaciones por debajo del nivel de daño económico en crisantemo (Paterno Silveira *et al.*, 2004).

Se identificaron dos especies de trips: *F. schultzei* y *F. sp.*, la primera fue más abundante que la segunda (figura 4). Si bien la identificación de esta última está en marcha, se pudo comprobar que no se trata de *F. occidentalis*, la única especie de trips que cita SINAVIMO-SENASA (2012b) como plaga de la frutilla para la Argentina.

Asimismo, se deberían realizar estudios para verificar el establecimiento y persistencia de *Orius insidiosus* en la vegetación circundante al cultivo de frutilla, que sirviera de reservorio de la especie para incrementar el potencial del control biológico natural.

## CONCLUSIONES

Es el primer estudio con liberación controlada de las chinches depredadoras *O. insidiosus* que se lleva a cabo

en la provincia de Tucumán (Argentina) en el cultivo de frutilla que permite recomendar la metodología aplicada como protocolo base para realizar liberaciones a escala comercial del depredador. También este protocolo podría servir de modelo para estudiar la relación depredador-presa de otras especies del género *Orius* y otras especies de trips, no solamente en frutilla sino también en otros cultivos.

*Orius insidiosus* tuvo mayor control sobre la población de *F. schultzei* y se estableció en el cultivo en espacio y en tiempo, constatándose su dispersión en sectores alejados de las parcelas experimentales a los dos meses de la liberación. Dado que en este estudio el efecto de control del depredador sobre la presa se midió en forma indirecta sería interesante realizar mediciones directas del consumo del depredador sobre la plaga.

La factibilidad de implementar el control biológico en un esquema de manejo integrado de plagas contribuiría a la conservación de los recursos naturales, ya que reduce el uso de plaguicidas que, además de ser riesgosos para el ambiente y la salud humana, hacen cada vez más difícil el control de plagas debido a la generación de resistencia de las mismas hacia estos productos.

## AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Agr. Ana María Borquez (INTA) y la Lic. Biol. Marcela Correa (Fac. de Cs. Naturales-UNT), por su gran colaboración en el trabajo de campo y laboratorio. La identificación de las especies de trips se realizó con la colaboración de la Dra. María Inés Zamar (Instituto de Biología de Altura-UNJu). Las chinches *O. insidiosus* fueron provistas por Brometan S.A. (Argentina). Este trabajo fue financiado por el proyecto PFIP ESPRO Frutas Finas Expediente MINCYT N.º 1429/08 Anexo L; proyecto Frutilla (PNHFA 61281 INTA) y proyecto regional Tucumán Norte (TUSGO 310011 INTA).

## BIBLIOGRAFÍA

ATAKAN, E. 2011. Population densities and distributions of the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) and its predatory bug *Orius niger* (Hemiptera: Anthocoridae) in strawberry. *Int J Agr Biol* 5, 638-644.

BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; CASANOVES, F.; DI RIENZO, J.A.; ROBLEDO, C.W. 2008. Manual del Usuario INFOSTAT. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.

BROUGHTON, S.; JONES, R.A.C.; COUTTS B. 2004. Management of thrips and tomato spotted wilt virus. Department of Agriculture and Food (Australia). *Farmnote* 69.

CARPINTERO, D.L. 2002. Catalogue of the Neotropical Anthocoridae (Heteroptera). *Rev Soc Entomol Argentina* 61 (1-2), 25-44.

CASTANE, C.; ZALOM, G. 1994. Artificial oviposition substrate for rearing *Orius insidiosus* (Hemiptera:Anthocoridae). *Biol Control* 4, 88-91.

CHAMBERS, R.J.; LONG, S.; ELYER, N.L. 1993. Effectiveness of *Orius insidiosus* (Hem.:Anthocoridae) for the control of *Franklini-*

*ella occidentalis* on cucumber and pepper in the UK. *Biocontrol Sci Techn* 3, 295-307.

CISNEROS, F.H. 1995. Control de Plagas Agrícolas. 2da Edición, UNALM, Lima. 315 pp.

COLL, M.; SHOUSTER, I; STEINBERG, S. 2005. Removal of a predatory bug from a biological control package facilitated an augmentative program en Israeli strawberry. 2nd International Symposium on Biological Control of Arthropods, 501-503.

DEBACH, P. 1977. Lucha biológica contra los enemigos de las plantas. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 399 pp.

FERRAGUT, F.; GONZÁLEZ ZAMORA, J.E. 1994. Diagnóstico y distribución de las especies de *Orius* Wolff 1811, peninsulares (Heteroptera, Anthocoridae). España. *Bol San Veg Plagas* 20, 89-101.

GAMUNDI, J.C.; PEROTTI, E. 2009. Evaluación de daño de *Frankliniella schultzei* (Trybom) y *Caliothrips phaseoli* (Hood) en diferentes estados fenológicos del cultivo de soja. *Rev. Para Mejorar la Producción (INTA Oliveros)* 42, 107-111.

GARCÍA-MARÍ, F.; GONZÁLEZ-ZAMORA, J.E.; RIBES, A.; BENAGUES, E.; MESEGUES, A. 1994. Métodos de muestreo binomial y secuencial del trips de las flores *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae) y de antocóridos (Heteroptera, Anthocoridae) en fresón. *Bol San Veg Plagas* 20, 703-723.

GEORGHIOU, G.P. 1972. The evolution of resistance to pesticides. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 3,133-168.

GONZALES-BUSTAMANTE, L.E. 1996. *Phytonemus pallidus* (Banks) y *Frankliniella* sp. dañando fresa cultivada en Huaral, Lima. *Rev Per Ent* 38, 35-38.

KIRSCHBAUM, D.S. 2009. Producción de frutas finas en Tucumán. VI Reunión de Producción Vegetal y IV Reunión Producción Animal del NOA. FAZ-UNT, 23-24/04, San Miguel de Tucumán, Argentina.

KIRSCHBAUM, D.S. 2011. Frutas Finas. Revista Indicadores de Evolución de la Provincia de Tucumán (Fundación del Tucumán) 4, 40-44.

LEMME, M.C.; JAIME, A.P.; PEREYRA V.; SZUMIK, C.; KIRSCHBAUM, D.S.; REY, N.; PETRINO, V.; GHIGGIA, L.I. 2007. Trips (Thysanoptera) en cultivo de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch) en Tucumán. *Horticultura Argentina* 26, 38.

MOUND, L.A.; MARULLO, R. 1996. The thrips of Central and South America: an introduction (Insecta: Thysanoptera). Associated Publishers, Gainesville, FL. 487 p.

PATERNO SILVEIRA, L.C.; PAES BUENO, V.H.; CASSA LOUZADA, J.N.; MENDES CARVALHO, L. 2005. Percevejos predadores (*Orius* spp.) (Hemiptera: Anthocoridae) e tripses (Thysanoptera): interação no mesmo habitat? *Revista Árvore* 29 (5), 767-773.

PINENT, S.M.J.; NONDILLO, A.; BOTTON, M.; REDAELLI, L.R.; PINENT, C.E.C. 2011. Species of thrips (Insecta, Thysanoptera) in two strawberry production systems in Rio Grande do Sul, Brazil. *Rev Bras Entomol* 55 (3), 419-423.

REGUILÓN, C.; CORREA, M.; VALOY, M.; KIRSCHBAUM, D.S. 2011. Especies de neurópteros asociados al cultivo de frutilla (*Fragaria ananassa*) en ambientes subtropicales de Tucumán, Argentina. *Horticultura Argentina* 30, 56.

RILEY, D.G.; JOSEPH, S.V.; SRINIVASAN, R.; DIFFIE, S. 2011. Thrips vectors of tospoviruses. *J Integ Pest Mngmt* 2 (1), 1-10.

RIPA, R.; LARRAL, P. 2001. Manejo de plagas en palto y cítricos. INIA Chile, 23: 206-207.

SAINI, E.D.; CERVANTES, V.; ALVARADO, L. 2003. Efecto de la dieta, temperatura y hacinamiento, sobre la fecundidad, fertilidad y longevidad de *Orius insidiosus* (Say) (HETEROPTERA:

ANTHOCORIDAE). Rev. de Investigación Agropecuaria, INTA, Buenos Aires, Argentina. 32 (002), 21-32.

SINAVIMO-SENASA. 2012a. *Frankliniella schultzei*. (<http://www.sinavimo.gov.ar/en/pest/frankliniella-schultzei>, verificado 22/dic/2012).

SINAVIMO-SENASA. 2012b. *Frankliniella occidentalis*. (<http://www.sinavimo.gov.ar/en/pest/frankliniella-occidentalis>. Verificado 22/dic/2012).

VAN DE VEINER, M.; DEGHELEE, D. 1992. Biological control of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* in glasshouse sweet peppers with *Orius* sp.: A comparative study between *Orius niger* and *Orius insidiosus*. Biocontrol Sci Techn 2 (4), 281-283.

WILKINS, J.L.; HILLERS, V.N. 1994. Influences of pesticide residue and environmental concerns on organic food preference among food cooperative members and non-members in Washington State. J Nutr Educ 1, 26-33.

WILLIAMSON, S.; BALL, A.; PRETTY, J. 2008. Trends in pesticide use and drivers for safer pest management in four African countries. Crop Protection 27(10), 1327-1334.

ZAMAR, M.I.; NEDER DE ROMÁN, L.E. 2011. Asociación Thysanoptera (Insecta)-*Vicia faba* (Fabaceae) en la Prepuna y Puna de Jujuy, Argentina. Rev Biol Trop 60 (1), 119-128.

# Estiación de la Huella de Carbono del proceso de panificación en la cadena agroindustrial del trigo

SIROTIUK, P.V.<sup>1</sup>; VIGLIZZO, E.F.<sup>2</sup>

## RESUMEN

Las cadenas alimentarias son responsables, en todo el mundo, de una gran parte de las emisiones totales de gases de efecto invernadero. La Huella de Carbono (HC) representa un indicador que pretende cuantificar la cantidad total de emisiones de gases de efecto invernadero -expresada en equivalentes de dióxido de carbono- causadas directa o indirectamente por una actividad o las acumuladas durante la vida o etapas de un producto. El objetivo del presente trabajo fue estimar la HC del proceso de panificación incluyendo las etapas de producción primaria, molienda, panificación, consumo y los transportes del trigo y de la harina y, además, comparar la HC del pan producido en Argentina con respecto al producido en Brasil y China, en función de las matrices energéticas de cada país. Para el cálculo de la HC, se relacionó el consumo energético promedio por unidad funcional de cada etapa, con su factor de emisión unitario de gases de efecto invernadero, expresado en Kg eq-CO<sub>2</sub>. El valor de la HC de 1 Kg de pan, varió entre 0.502 y 1.323 Kg eq-CO<sub>2</sub>. Las etapas de mayor contribución fueron consumo, panificación y producción primaria. Teniendo en cuenta, las matrices de generación eléctrica de Argentina, Brasil y China, se observó que la HC del pan producido en Argentina, fue mayor en 0.42 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup> con respecto al pan producido en Brasil, pero menor en 0.62 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup> al producido en China. Lo anterior, determina que uno de los principales responsables del tamaño de la HC de los productos es la matriz energética de cada país. Conociendo el valor de la HC del pan de trigo, el consumidor puede decidir qué producto comprar y cómo consumirlo, y los actores involucrados en la cadena de panificación, pueden optimizar el proceso productivo.

**Palabras claves:** Huella de Carbono, consumo energético, gases de efecto invernadero, pan de trigo.

## ABSTRACT

*Food chains are responsible, in the world, of a large part of the total emissions of greenhouse gases. The carbon footprint (CF) represents an indicator that attempts to quantify the total amount of greenhouse gas emissions - expressed in carbon dioxide equivalent - caused directly or indirectly, by an activity or the accumulated during life or stages of a product. The objective of the present work was to estimate the CF of the baking process, including the stages of primary production, milling, baking, consumption and the corresponding transport of wheat and flour and in addition, compare the CF of the bread produced in Argentina with respect to that produced in Brazil and China, according to the energy matrices of each country. For the calculation of the CF, related the average energy consumption per functional unit of each stage, with their emission factor unit of*

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam, Uruguay 151, 6300 Santa Rosa, La Pampa.

Correo electrónico: vale\_sirotiuk@yahoo.com.ar

<sup>2</sup>INTA EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", Anguil, La Pampa. Correo electrónico: eviglizzo@anguil.inta.gov.ar

greenhouse gases, expressed in Kg eq-CO<sub>2</sub>. The value of CF of 1 kg of bread, it has varied between 0.502 and 1.323 Kg eq-CO<sub>2</sub>. The more advanced stages of contribution were consumption, baking and primary production. Taking into account, the matrices of power generation from Argentina, Brazil and China, it was observed that the CF of the bread produced in Argentina, was higher at 0.42 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg of bread<sup>-1</sup> with respect to the bread produced in Brazil, but lower in 0.62 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg of bread<sup>-1</sup> that produced in China. The foregoing, determines that one of the main responsible of the size of the CF of the products, it is the energy matrix of each country. Knowing the value of the CF of the wheat bread, the consumer can decide which product buy and how consuming it and the actors involved in the bakery chain, optimize the productive process.

**Keywords:** Carbon Footprint, energy consumption, greenhouse gases, wheat bread.

## INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación internacional por las consecuencias adversas del cambio climático, ha impulsado a organizaciones e instituciones, a profundizar su conocimiento respecto de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) y su dinámica (Schneider y Samaniego, 2010). El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) afirma que “la mayor parte del aumento observado del promedio mundial de temperatura, desde mediados del siglo XX, se debe muy probablemente, al aumento de las concentraciones de GEI antropógenos”. Las emisiones mundiales de esos gases por efecto de actividades humanas han aumentado un 70% entre 1970 y 2004, siendo la generación de energía la principal actividad emisora. El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el GEI antropógeno más importante, sus emisiones anuales aumentaron un 80% entre 1970 y 2004 debido, principalmente, a la utilización de combustibles de origen fósil (IPCC, 2007).

La matriz energética mundial está organizada alrededor de los combustibles fósiles (Agency Energy International, 2010), no obstante, cada país posee su propia matriz. En la Argentina, la matriz de generación eléctrica para el 2009 mostró una fuerte dominancia del gas natural como fuente de energía (Cárdenas, 2011). Mientras que, en Brasil, fue la utilización de energía hidroeléctrica (de Castro *et al.*, 2009) y en China, fue el carbón (Crompton y Wu, 2010). Lo anterior determina que el factor de emisión de GEI por unidad de energía eléctrica producida, varíe de un país a otro (Certificación Internacional de Sustentabilidad y Carbono 205, 2011 y EIA, 2010). Asimismo, cada empresa determina la participación de las diversas fuentes energéticas en el proceso productivo, generando así, diferencias en las emisiones de GEI por unidad de energía utilizada.

En este contexto, la Huella de Carbono (HC) representa un indicador que pretende cuantificar la cantidad total de emisiones de GEI -expresada en equivalentes de dióxido de carbono- causadas directa o indirectamente por una actividad o las acumuladas durante la vida o etapas de un producto (Wiedmann y Minx, 2008). Las cadenas alimentarias son responsables, en todo el mundo, de una gran parte de las emisiones totales de GEI (Sonesson *et al.*, 2010). En consecuencia,

al aplicar la HC a la producción de alimentos, se consideran todas las emisiones que generan las actividades involucradas en el ciclo de vida del producto (Papendieck, 2010).

Conocer el valor de la HC de los productos agroindustriales presenta un objetivo doble en el plano de la mitigación del cambio climático. En primera instancia, se configura como un indicador de desempeño en términos de eco-eficiencia y en segunda instancia, permite a los consumidores decidir qué alimentos comprar en base a la contaminación generada como resultado de los procesos por los que ha pasado. La etiqueta ayudará a los consumidores a ser conscientes del grado con el que contribuyen al calentamiento del planeta con sus compras diarias (Papendieck, 2010). En consecuencia, la “eco-etiqueta”, es un instrumento de comunicación directa entre el productor y el consumidor susceptible de comparación (Idígoras y Martínez, 2011).

La implementación del etiquetado de HC en agroalimentos es una realidad que ya cuenta con definiciones metodológicas y aceptación en las principales cadenas de comercialización, como también de los consumidores. Para mantener el acceso a estos mercados, la adecuación crítica y la definición metodológica propia de Argentina, es una exigencia presente para evitar efectos negativos (Papendieck, 2010). En países del Cono Sur, existe una notoria escasez de trabajos científicos y técnicos que se ocupen de unificar metodologías para estimar la HC. Pero subyace una preocupación generalizada acerca del problema y un reconocimiento de la necesidad de comenzar a abordarlo sin demoras (Viglizzo, 2010). Por su importancia en el comercio internacional de la región, las cadenas de la soja, el trigo y la carne bovina, parecen ser las que demandan un abordaje inicial más meticuloso (Viglizzo, 2010). En este trabajo, se consideró la cadena agroalimentaria del trigo, particularmente la trayectoria de panificación. El objetivo general del presente trabajo fue estimar la HC del proceso de panificación, incluyendo la producción primaria, molienda, panificación y consumo, incluyendo los transportes del trigo y de la harina. El objetivo específico fue comparar la HC del pan producido en Argentina con el producido en China y Brasil, los cuales presentan matrices energéticas muy contrastantes, para determinar la influencia de la matriz en la magnitud de la HC de los productos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Límites del sistema

El primer paso a seguir para estimar la HC de un producto es definir los límites del sistema para determinar qué etapas y procesos serán incluidos en la estimación (PAS 2050, 2011). Se debe decidir en qué puntos de la cadena iniciar y finalizar la evaluación: puede ser en el eslabón primario únicamente, cerrando los cálculos al momento de abandonar la tranquera de salida del establecimiento evaluado; en el eslabón industrial o el proceso integral; desde el predio agropecuario hasta el destino final del producto, incluído el reciclaje de los residuos. En la presente estimación, los límites definidos incluyen cuatro grandes subsistemas acordes con los procesos cronológicos que conforman la cadena agroindustrial del pan (Fig. 1):

- *Producción Primaria de trigo*: se incluyeron dos sistemas de labranza para la obtención del grano de trigo, Siembra Directa (SD) y Labranza Convencional (LC). Se consideró el consumo de combustibles fósiles correspondientes a las labores agrícolas realizadas en el predio rural (labranza/barbecho, siembra, fertilización, aplicación de plaguicidas y cosecha), a las operaciones post-cosecha (secado del grano y su almacenamiento) y de los insumos agropecuarios utilizados (fertilizantes, plaguicidas, entre otros).
- *Molienda Industrial*: las etapas incluídas fueron recibo, almacenamiento y pre-limpieza, limpieza y acondicionamiento, molienda o trituración, tamizado y purificación. Además, se tuvo en cuenta el consumo energético del embalaje de la harina producida, considerándose que puede ser cargada a granel o empaquetada en bolsas de papel Kraft de 32 Kg cada una para su posterior distribución a industrias de segunda transformación.
- *Panificación*: se consideraron dos escalas de producción de pan, Panificación Doméstica también llamada casera u hogareña (PD) y Panificación Industrial (PI). Se incluyeron todos los ingredientes necesarios para su obtención, desde la harina hasta los ingredientes minoritarios. Al no existir grandes diferencias entre los ingredientes y cantidades utilizadas en las dos escalas de panificación, se consideró la misma receta. Los consumos de energía de los insumos en la etapa de panificación fueron incluídos. En el caso de la PD, se consideró la posibilidad de que los hornos sean abastecidos por electricidad o por gas natural y en el caso de la PI se consideró únicamente la utilización de hornos eléctricos con quemadores a gas natural. Además, se incluyó el embolsado del pan en el caso de la PI, ya que si bien el consumidor puede llevar su propia bolsa, en otros casos se empaqueta en bolsas de papel o polietileno, para su transporte hasta el hogar por parte del consumidor, las tres situaciones mencionadas fueron consideradas.
- *Consumo en el hogar*: se consideró que una vez producido el pan, ya sea mediante PI o PD, el mismo puede ser almacenado a temperatura ambiente en el hogar o

bien, se puede refrigerar para prolongar su vida útil y además, por preferencias del consumidor el pan puede ser tostado, ambas situaciones fueron consideradas.

Además, se incluyó el transporte de los granos de trigo desde el campo al molino harinero, realizándose en un camión de 32 toneladas que recorre una distancia de 200 km y el transporte de la harina desde el molino a la panadería o almacén de venta minorista, que transita una distancia de 50 km en un camión de 26 toneladas. Mientras que, el transporte del pan o de la harina por parte de los consumidores hasta el lugar de consumo final, se consideró que es realizada a pie o en bicicleta.

Los límites del sistema excluyen la producción de bienes de capital, como maquinarias y edificios, los consumos de energía para el alumbrado de oficinas, talleres o comedores, limpieza de hornos y maquinaria, y el transporte de los empleados al molino o a la panadería, ya que los mismos corresponden a consumos energéticos indirectamente relacionados con el producto. Asimismo, se decidió excluir el reciclaje de los residuos generados en las distintas etapas de la cadena, debido a la diversidad de métodos de disposición final, reciclaje y recuperación de materiales que son aplicados en la actualidad.

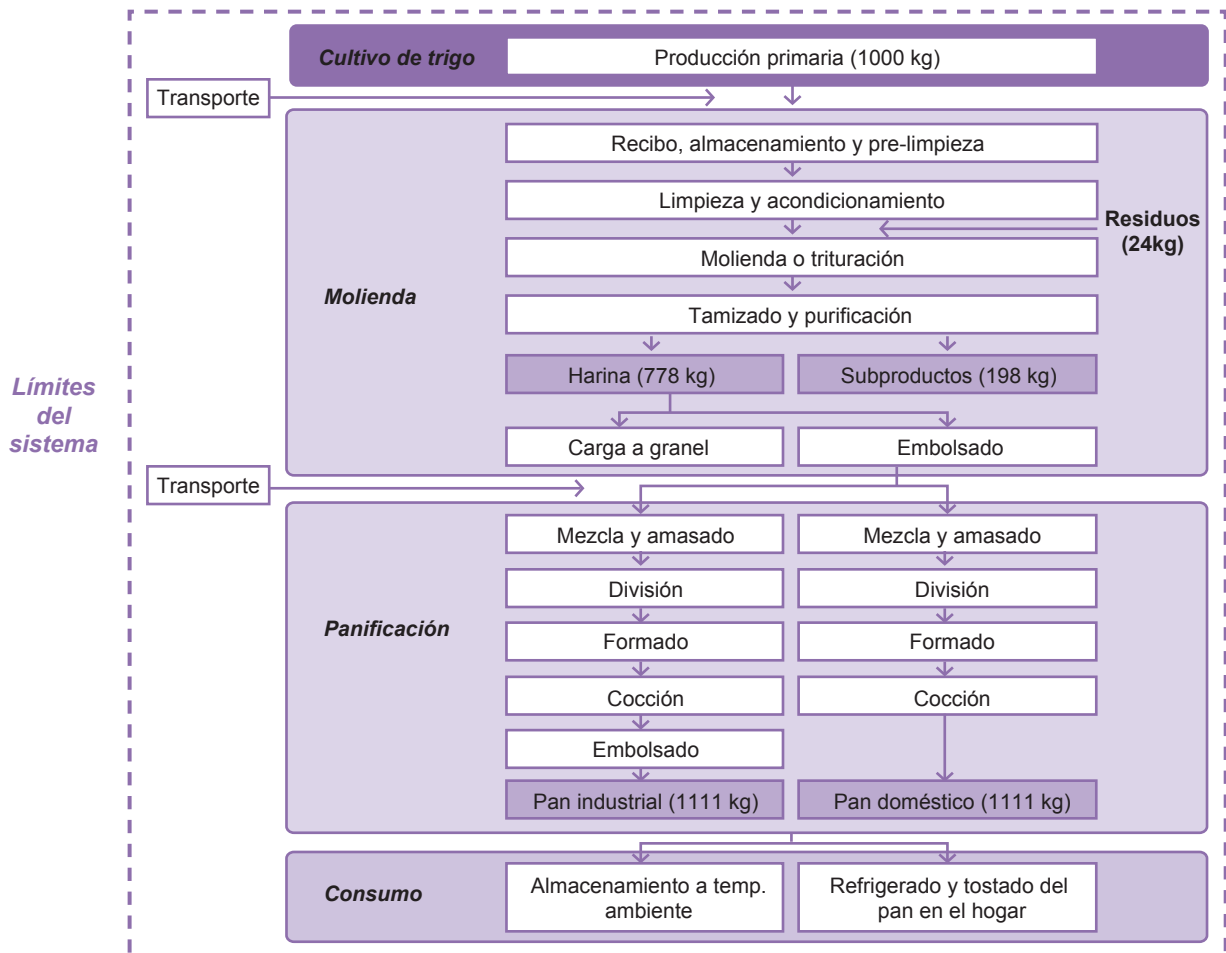
### Unidad Funcional

Se define como unidad funcional al rendimiento cuantificado de un producto que se utiliza como unidad de referencia. En este caso, la unidad funcional definida fue *1 Kilogramo de pan de harina de trigo* que se consume en el hogar, la cual se considera adecuada para la comunicación a los consumidores y para el etiquetado de carbono.

### Recolección de datos

Una vez determinados los límites del sistema y definida la unidad funcional, se realizó la recolección de datos. Los datos necesarios para calcular la HC fueron de actividad y factores de emisión. Los datos de actividad se refieren a los consumos de energía involucrados en cada una de las etapas del proceso de elaboración. Los factores de emisión proporcionan el vínculo que convierte los consumos energéticos en emisiones de GEI, es decir, la cantidad de GEI emitidos por "unidad" de los datos de actividad (PAS 2050, 2011). Los factores de emisión se obtuvieron de publicaciones del IPCC (2006) y Certificación Internacional de Sustentabilidad y Carbono (ISCC 205, 2011). Se utilizaron datos primarios en las actividades directamente relacionadas con el proceso o producto y datos secundarios cuando no se lograron obtener datos primarios (PAS 2050, 2011).

En el subsistema *producción primaria*, para determinar el consumo de energía se utilizaron los datos provenientes de un relevamiento realizado durante el año 2002, en 200 establecimientos rurales dispersos en la región pampeana, mediante la utilización del Software Agro-Eco-Index®. Para los *subsistemas molienda, panificación, consumo y transportes* se realizó una revisión bibliográfica, tanto na-



**Figura 1.** Límites del sistema de la cadena de panificación, subsistemas y procesos unitarios de cada subsistema. Entre paréntesis flujo de masa (en Kg). Balance de masas, para producir 1 Kg de pan son necesarios 0.7 Kg de harina de trigo que se obtienen a partir de 0.9 Kg de grano de trigo.

Fuente: elaborada por los autores.

cional como internacional. Se obtuvieron coeficientes medios de consumos de energía, de cada etapa del proceso, los cuales se diferenciaron según la fuente energética utilizada y luego fueron expresados en una misma unidad de medida (MJ/unidad funcional). Los valores medios del subsistema molienda se validaron con datos suministrados por la empresa “Molino Los Grobo” y los de PI con datos reales de una empresa panificadora local. Para la panificación doméstica, se utilizaron mediciones propias en función del valor de consumo de gas natural de una cocina tipo, publicado por el Ente Nacional Regulador del gas (ENARGAS).

#### Estimación de la Huella de Carbono de la cadena del pan

Para el cálculo de la HC, teniendo en cuenta los valores medios de consumo de energía obtenidos de cada etapa de la cadena del pan, se relacionó el consumo energético por unidad funcional con su factor de emisión unitario de GEI, expresado en Kg eq-CO<sub>2</sub>. La ecuación utilizada fue la suma de todos los consumos energéticos utilizados en

todas las actividades del ciclo de vida del producto multiplicado por los factores de emisión de GEI (PAS 2050, 2011).

Una vez obtenidos los valores por defecto del consumo de energía y de emisiones de GEI, se describió el modelo de estimación de la Huella de Carbono del pan de trigo, que incluyó un análisis energético (en MJ/Kg de pan) y un análisis de la HC (en Kg eq-CO<sub>2</sub>/Kg de pan).

Teniendo en cuenta las matrices de generación eléctrica de Argentina, Brasil y China, y los factores de emisión de GEI por KWh de electricidad producida correspondientes al año 2010 (0.51, 0.24 y 0.9 Kg eq-CO<sub>2</sub>, respectivamente), y la emisión de GEI por MJ de energía del gas natural (0.08 Kg eq-CO<sub>2</sub> MJ<sup>-1</sup>) (EIA, 2010 y ISCC 205, 2011), se determinó el valor de la HC del pan producido en cada uno de los países mencionados.

#### Supuestos

- Existe gran diversidad de aditivos agregados en el enriquecimiento de las harinas que, debido a su baja

- proporción (<0.02%), se considera que su contribución a la demanda de energía y emisiones es despreciable.
- No hay grandes diferencias entre los ingredientes y cantidades utilizadas en las dos escalas de panificación.
  - En la PD el consumo de energía es originado en la etapa de cocción, siendo las demás etapas realizadas manualmente, mientras que en la PI todas las etapas son realizadas utilizando maquinaria especializada.
  - La adquisición del pan en el caso de la PI y de la harina en el caso de la PD por parte de los consumidores, es realizada a pie o en bicicleta, por lo tanto, la demanda de energía y las emisiones son cero o no significativas.

## RESULTADOS

### Consumos energéticos en cada uno de los eslabones de la cadena del pan

En el subsistema producción primaria, al comparar los consumos de energía en dos sistemas de labranza se encontró que, en promedio, el sistema de SD consume más energía que el sistema de LC ( $3.23 \pm 1.14$  MJ Kg de pan<sup>-1</sup> y  $2.94 \pm 0.82$  MJ Kg de pan<sup>-1</sup>, respectivamente).

El transporte desde el predio rural al molino harinero se realizó mediante un camión de 32 toneladas modelo nuevo, que recorrió una distancia de 200 Km. Dicho transporte, demandó 0.11 MJ Kg de pan<sup>-1</sup>.

En el subsistema molienda de trigo la energía necesaria para producir la harina requerida para obtener 1 Kg de pan, fue de  $0.317 \pm 0.22$  MJ Kg de pan<sup>-1</sup>. Con respecto al empaque de la harina obtenida, la carga a granel demandó 0.117 MJ Kg de pan<sup>-1</sup>, mientras que el embolsado en bolsas de 32 Kg requirió de 0.150 MJ Kg de pan<sup>-1</sup>, incluida la fabricación del papel Kraft. Por lo tanto, el total de energía demandada fue de 0.43 MJ Kg de pan<sup>-1</sup> para la harina cargada a granel y 0.47 MJ Kg de pan<sup>-1</sup> para la harina empaquetada en bolsas de papel Kraft.

El transporte de la harina desde el molino harinero a la panadería o almacén de venta minorista demandó 0.02 MJ Kg de pan<sup>-1</sup>. El transporte se realizó utilizando un camión de 26 toneladas, modelo nuevo, que recorrió una distancia de 50 Km.

En el subsistema panificación se encontró que la PD consume más energía que la PI. La PD demandó 3.05 MJ Kg de pan<sup>-1</sup> en el caso de un horno eléctrico y cuando se utilizó un horno abastecido con gas natural, demandó 3.32 MJ Kg de pan<sup>-1</sup>. Mientras que la PI demandó 2.16 MJ Kg de pan<sup>-1</sup> cuando el pan no fue empaquetado, es decir, el consumidor llevó su propia bolsa. El consumo de energía para producir una bolsa de papel fue de 0.53 MJ Kg de pan<sup>-1</sup> y para una de polietileno fue de 0.15 MJ Kg de pan<sup>-1</sup>. Por lo cual, la demanda energética total del proceso de panificación fue de 2.70 MJ Kg de pan<sup>-1</sup> cuando el pan fue empaquetado en bolsas de papel y 2.31 MJ Kg de pan<sup>-1</sup> si lo fue en bolsas de polietileno. Se observa la marcada diferencia

entre el consumo energético de la fabricación de bolsas de papel y de polietileno, sin embargo la contribución del empaquetado al valor total de la demanda energética del proceso de panificación es baja (menor al 13%). En ambas escalas de producción de pan, la etapa de cocción mostró el mayor consumo de energía.

En el subsistema consumo, cuando el pan se almacenó a temperatura ambiente no manifestó consumo de energía, mientras que cuando se refrigeró en el hogar, entre 4 y 8 días, demandó 0.044 MJ Kg de pan<sup>-1</sup>. Además, cuando se incluyó el tostado del pan, demandó 4.21 MJ Kg de pan<sup>-1</sup>. La demanda energética total de la fase de consumo fue de 4.25 MJ Kg de pan<sup>-1</sup>.

### Demanda energética total del proceso de panificación en 12 escenarios posibles de producción de pan

Al compararse distintos escenarios de producción de pan (Fig. 2), se encontró que el escenario de menor demanda energética corresponde al cultivo de trigo con sistema de LC, panificación industrial y almacenamiento a temperatura ambiente sin tostado del pan ( $5.70$  MJ Kg de pan<sup>-1</sup>). Mientras que el escenario de mayor consumo energético fue producción primaria con sistema de SD, panificación doméstica utilizando un horno a gas natural, refrigerado y tostado de pan en el hogar ( $11.40$  MJ Kg de pan<sup>-1</sup>). En promedio, la demanda energética de la cadena del pan fue de  $8.65$  MJ Kg de pan<sup>-1</sup>, siendo las etapas de mayor consumo de energía: producción primaria (35.6%), panificación (32.9%) y consumo (refrigerado y tostado) en el hogar (24.6%).

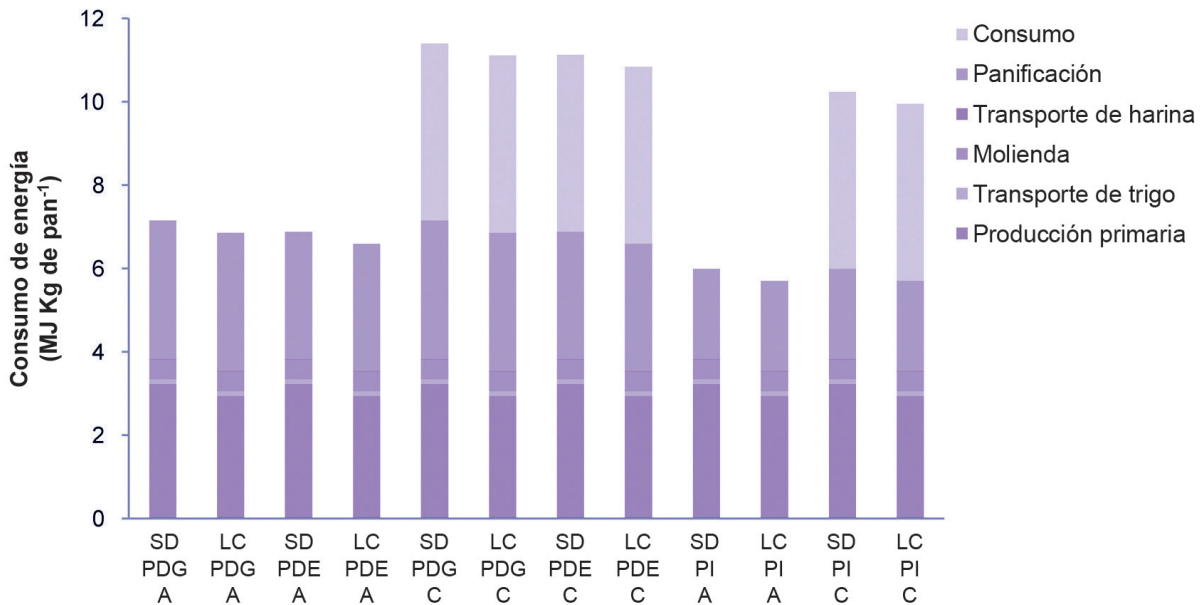
### Emisión de Gases de Efecto Invernadero de cada etapa de la cadena del pan

La emisión de GEI en la producción primaria de trigo fue, en promedio, mayor en el sistema de SD que en el sistema de LC, siendo los valores encontrados  $0.233 \pm 0.082$  Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup> y  $0.211 \pm 0.059$  Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>, respectivamente. A menudo se argumenta, que la SD reduce en forma significativa el uso de combustibles fósiles, lo cual es aceptable si se considera que la reducción de labores implica un menor movimiento de máquinas y equipos. Pero si se considera que al realizarse un menor número de labores no se logra la destrucción mecánica de las malezas que compiten con el cultivo, se produce una dependencia de los herbicidas. Si se tiene en cuenta que para fabricar los herbicidas se insumen grandes cantidades de combustible fósil, la mayor eficiencia energética de la labranza mínima son supuestos cuestionables (Viglizzo, 2001).

El transporte de trigo, generó una emisión GEI de  $0.008$  Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>, utilizándose como medio de transporte un camión de 32 toneladas, modelo nuevo, que recorrió una distancia de 200 Km, desde el predio rural hasta el molino harinero.

La emisión de GEI de la etapa de molienda fue, en promedio, de  $0.041 \pm 0.025$  Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>. Cuando la





**Figura 2.** Consumo de energía (MJ Kg de pan<sup>-1</sup>) en 12 escenarios posibles de panificación. Referencias: SD: Siembra Directa, LC: Labranza Convencional, PDG: Panificación Doméstica utilizando un horno alimentado por gas natural, PDE: Panificación Doméstica utilizando un horno eléctrico, PI: Panificación Industrial, C: Consumo refrigerado y tostado, A: almacenamiento a temperatura ambiente sin tostado del pan en el hogar. En todos los escenarios planteados la molienda fue industrial y se utilizaron similares valores de emisión de GEI para el transporte de trigo y de harina.

Fuente: elaborada por los autores.

harina producida se cargó a granel, la emisión fue de 0.054 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>, mientras que cuando fue embolsada en bolsas de papel Kraft de 32 Kg cada una, fue de 0.057 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>.

El transporte de harina, desde el molino harinero a la panadería o almacén de venta minorista generó una emisión GEI de 0.001 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>, utilizándose como medio de transporte un camión de 26 toneladas, modelo nuevo, que recorrió una distancia de 50 Km.

La PD utilizando un horno eléctrico en la cocción, fue la forma de panificación de mayor emisión de GEI, obteniéndose un valor de 0.405 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>, mientras que cuando se utilizó un horno alimentado con gas natural, la emisión fue de 0.225 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>, siendo ésta la forma de panificación que presentó la emisión de GEI más reducida. Dentro de la PI, cuando el pan se empaquetó utilizando una bolsa de papel, la emisión de GEI fue de 0.267 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>, cuando se utilizó una bolsa de polietileno se emitieron 0.241 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup> y 0.230 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup> cuando el consumidor llevó su propia bolsa. Se observa que es mayor la emisión de GEI si el pan se empaqueta en bolsas de papel, debido al alto costo energético en su fabricación.

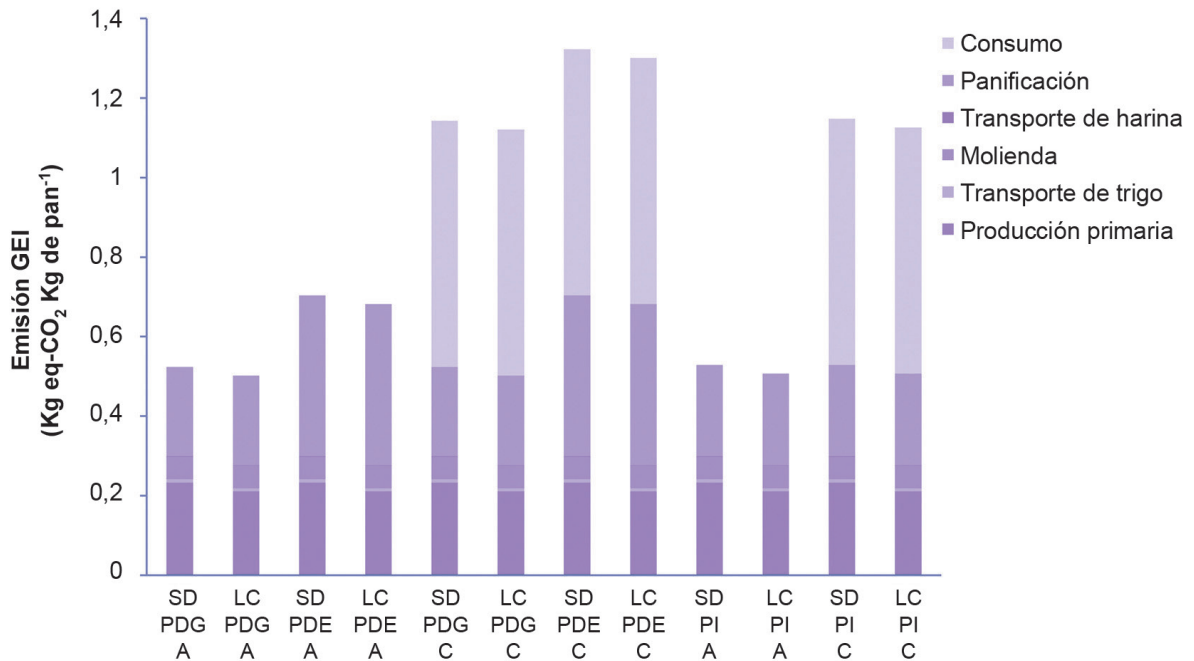
Cuando el pan se refrigeró en el hogar, entre 4 y 8 días, se generó una emisión de GEI de 0.022 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>. Además, cuando fue tostado se emitieron 0.597 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>. El consumo, incluyendo la refrigeración y tostado, generó 0.619 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>.

### Huella de Carbono de la cadena del pan

El valor promedio de la HC del pan fue de 0.884 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>. El escenario de producción primaria con sistema de LC, PD utilizando un horno alimentado con gas natural y almacenamiento en el hogar a temperatura ambiente, sin tostado del pan, mostró la menor emisión de GEI, con un valor de 0.502 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>. Mientras que, la máxima emisión fue de 1.323 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>, valor que surge de la producción de trigo utilizando sistema de SD, PD con cocción del pan en horno eléctrico, refrigerado y tostado del pan (Fig. 3). Las etapas de mayor contribución al valor total de la HC fueron consumo, panificación y producción primaria, siendo el porcentaje de contribución 35.01%, 32.01% y 25.11%, respectivamente.

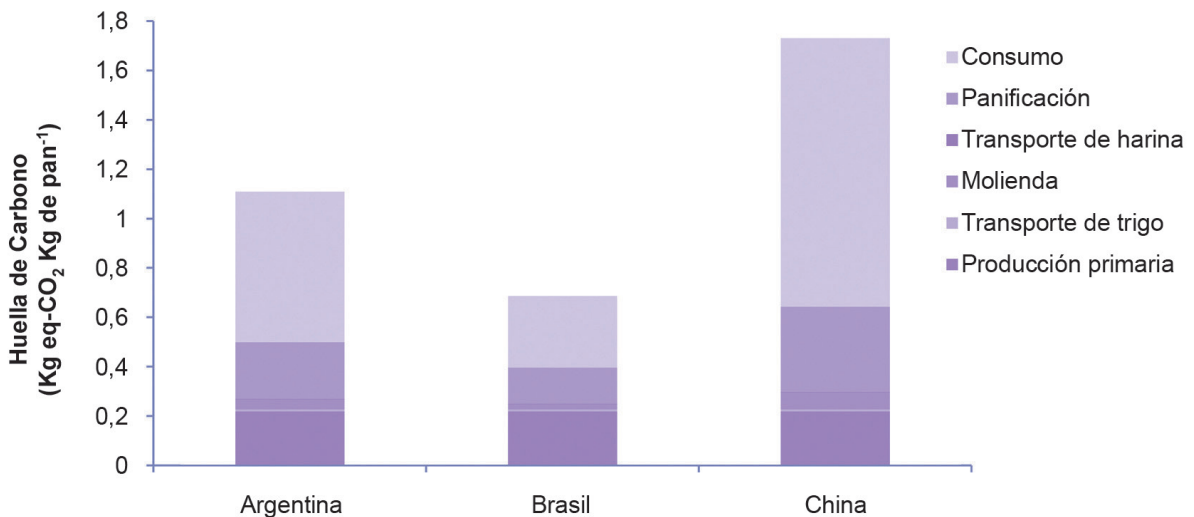
### Huella de Carbono del pan producido en Argentina, Brasil y China

Se realizó una comparación de la HC del pan producido en Argentina, Brasil y China, en función del tipo de energía utilizada empleando la matriz energética de cada país, teniendo en cuenta los mismos límites definidos, mismos supuestos, con las mismas características de producción primaria, transportes y distancias recorridas, molienda, panificación y consumo. Se encontró que la HC del pan producido en Argentina, fue mayor en 0.42 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup> con respecto al pan producido en Brasil, pero menor en 0.62 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup> al producido en China (Fig. 4).



**Figura 3.** Emisión de GEI (Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>) en 12 escenarios posibles de panificación. Referencias: SD: Siembra Directa, LC: Labranza Convencional, PDG: Panificación Doméstica utilizando un horno alimentado por gas natural, PDE: Panificación Doméstica utilizando un horno eléctrico, PI: Panificación Industrial, C: Consumo refrigerado y tostado, A: almacenamiento a temperatura ambiente sin tostado del pan en el hogar. En todos los escenarios planteados la molienda fue industrial y se utilizaron similares valores de emisión de GEI para el transporte de trigo y de harina.

Fuente: elaborada por los autores.



**Figura 4.** Huella de Carbono del pan producido en Argentina, Brasil y China, en función de las matrices energéticas correspondientes a cada país.

Fuente: elaborada por los autores.

### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El proceso de producción de pan, al igual que cualquier otro proceso de producción, se asocia con impactos ambientales debido a la utilización de energía y emisión de

GEI. Sin embargo, los impactos ambientales varían en función de las fuentes energéticas utilizadas en el proceso productivo. González (2011) manifiesta que para la cocción de alimentos, el uso de gas natural en el hogar conlleva menor emisión GEI que el uso de electricidad.

Los valores encontrados en el presente trabajo parecen razonables al compararse con los resultados de estudios anteriores. Ya que los valores determinados por los siguientes autores, se encuentran dentro del rango encontrado en este estudio, Smith (2010) en Australia encontró un valor de 0.895 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>, Ruini (2012) en Italia, 0.90 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>, Schader *et al.* (2010) en Alemania, 0.563 Kg eq-CO<sub>2</sub> y Powell Wayne (2011) en el Reino Unido, 1.2 Kg eq-CO<sub>2</sub> Kg de pan<sup>-1</sup>.

Conociendo el valor de la HC del pan de trigo, el consumidor puede decidir qué producto comprar y qué comportamiento adoptar en el hogar; por otro lado, los actores involucrados en la cadena de panificación pueden utilizar esta información para optimizar el proceso de producción a través del uso eficiente de la energía y la incorporación de fuentes energéticas renovables.

Identificar las etapas de mayor contribución al valor de la HC permite definir políticas de reducción de emisiones y optimizar los procesos productivos. Es de destacar la importancia del comportamiento en el hogar de los consumidores en la cadena del pan, ya que dicho comportamiento es determinante del valor total de la HC. En la cadena del pan, se encuentra que la mayor contribución de emisiones de GEI está dada por la producción primaria de trigo, la panificación y el consumo del pan, etapas de alto consumo energético. Una tendencia similar fue encontrada por Wanhalingna (2010), Espinosa Orias *et al.* (2011), González (2011), Lindenthal (2009) y Schader *et al.* (2010). La búsqueda de estrategias, para disminuir el consumo de energía por unidad de producto y, por lo tanto, reducir la emisión de GEI, tiene una alta prioridad para enfrentar el cambio climático y debería apuntarse a las etapas de mayor emisión de GEI.

La matriz de generación eléctrica de cada país es uno de los principales responsables de la magnitud de la HC de los productos. Brasil presentó el menor valor de la HC del pan, comparado con la Argentina y China. En este sentido, la participación de energías renovables con menor emisión de GEI juega un papel fundamental. Nuestra matriz contrasta fuertemente con la de Brasil, país que tiene muy diversificada sus fuentes primarias (44.8%), mientras que la matriz de la Argentina está compuesta en un 9% por energías renovables y la China sólo tiene una participación del 2.66%. (Cárdenas, 2011; de Castro *et al.*, 2009 y Crompton y Wu, 2010).

En las recomendaciones del reciente encuentro del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, se señala que “en 40 años, las energías renovables pueden cubrir cerca del 80% del consumo mundial de energía” (IPCC, 2011). Generar energía a través de fuentes renovables, reducir el uso de los combustibles fósiles y mejorar la eficiencia energética son, sin duda alguna, desafíos para disminuir la HC de los productos agro-industriales y para alcanzar un desarrollo sustentable.

Se proponen como líneas de investigación para enriquecer el presente estudio investigar sobre las pérdidas de producto en la fase de consumo, es decir, conocer el porcentaje de “residuos evitables”, excluyendo cáscaras,

granos, etc. en la cadena del pan de trigo. Si bien, se conoce que las cantidades posibles de ahorros son de hasta el 33% del suministro mundial de alimentos, lo que significa que dicho porcentaje de los alimentos producidos son un desperdicio evitable a nivel mundial, hay pocos estudios realizados sobre los residuos domésticos. Además, determinar la emisión de gases de efecto invernadero de la disposición final, recuperación y reciclaje de los materiales utilizados en el embalaje a lo largo de la cadena de panificación, para así obtener los valores de emisión de GEI en la etapa final de la cadena y aumentar el conocimiento sobre la utilización de energías renovables, siendo un punto de partida fundamental, a nivel nacional, para lograr disminuir la HC de los productos.

## AGRADECIMIENTOS

A la empresa “Molino Los Grobo”, a Federico Frank, a Gustavo Montero y a Oscar Aranda, propietario de la panadería visitada, sin la valiosa información suministrada este trabajo no hubiese sido posible.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGENCY ENERGY INTERNATIONAL. 2010. Disponible en <http://www.iea.org/>. Visitada el 10 de abril de 2012.
- CÁRDENAS, G. J. 2011. Matriz energética argentina. Situación actual y posibilidades de diversificación. Revista de la Bolsa de Comercio de Rosario. 10 pp.
- CROMPTON, P. y WU, Y. 2010. Energy consumption in China: past trends and future directions. *Forthcoming in Energy Economics*. Australia. 21 pp.
- DE CASTRO, N. J.; BRANDÃO, R. y DANTAS, G. 2009. Considerações sobre a Ampliação da Geração Complementar ao Parque Hídrico Brasileiro. Rio de Janeiro. Brasil. 32 pp.
- ESPIÑOZA-ORIAS, N.; STICHNOTHE, H. y AZAPAGIC, A. 2011. The carbon footprint of bread. *Int J Life Cycle Assess*. Reino Unido. 16 (2):351–365.
- GONZÁLEZ, A. D. 2011. Energía y gases de efecto invernadero en el consumo de alimentos en los hogares: incidencia de la cocción. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. 15 (1):1-8.
- IDÍGORAS, G. y MARTÍNEZ, C. 2011. Evaluación de los estudios existentes sobre los ciclos de vidas de consumo energético y emisiones de gases efecto invernadero para los sectores lechero, cerealero, oleaginoso y carne bovina así como relevamiento de las preocupaciones y expectativas de esos sectores con miras a su inserción internacional. Apoyo a los procesos de apertura e integración al comercio internacional. ATN/ME-9565-RG BID-FOMIN. Programa de Inserción Agrícola. 77 pp.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climatic Change). 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Autores: Amit Garg (India), Kainou Kazunari (Japón) y Tinus Pulles (Países Bajos). Volumen 2: Energía. 30 pp.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climatic Change). 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. Equipo de redacción principal: Pachauri, R. K. y Reisinger, A.

Ginebra, Suiza. 104 pp.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climatic Change). 2011. Comunicado de prensa. El potencial de las energías renovables descrito en el Informe del Grupo. Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Undécima reunión del Grupo de trabajo III. Abu Dhabi. 7 pp.

ISCC 205. (2011). GHG Emissions Calculation Methodology and GHG Audit. 28 pp.

LINDENTHAL, T. 2009. Climate relevance of foodstuffs – what can the organic farmer do? Ratgeber für den Bioherbstanbau. LFI Wien, FiBL Österreich. Austria. 2 pp.

PAPENDIECK, S. 2010. La Huella de Carbono como Nuevo Estándar Ambiental en el Comercio Internacional de Agroalimentos: Informe Final. ATN/ME-9565-RG BIDFOMIN. 82 pp.

PAS 2050. 2011. Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Services. British Standards Institution, London (UK). 38 pp.

POWELL, W. 2011. Working together to sustain the UK's domestic food supply chain: Connecting policy, science and industry to underpin development of future farming systems. Centre of Excellence for UK farming. UK. 15 pp.

RUINI, L. F. 2012. Implementing EPD Process Certification: What's done & what's next? EPD Conference Stockholm. Italia. 41 pp.

SCHADER, C.; LINDENTHAL, T.; MARKUT, T. y HÖRTENHU-

BER, S. 2010. Carbon footprint of organic products. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) Biofach, Nuremberg. 22 pp.

SCHNEIDER, H. y SAMANIEGO, J. 2010. La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Documento de Proyecto. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 46 pp.

SMITH, H. 2010. Food for thought: Food miles and carbon footprint of a food basket in the Northern Rivers region, Australia. Unpublished Third Year Undergraduate Report. School of Environmental Science and Management, Southern Cross University, Lismore. 68 pp.

SONESSON, U.; DAVIS, J. y ZIEGLER, F. 2010. Food Production and Emissions of Greenhouse Gases. An overview of the climate impact of different product groups. SIK-Report N.º 802. 25 pp.

VIGLIZZO, E.F. 2001. La Trampa de Malthus: agricultura, competitividad y medio ambiente en el siglo XXI. Buenos Aires. Eudeba. 189 pp.

VIGLIZZO, E.F. 2010. Huella de carbono, ambiente y agricultura en el Cono Sur de Sudamérica. PROCISUR, IICA. Montevideo, Uruguay. 44 pp.

WANHALINNA, V. 2010. Carbon footprint of bread. Master's thesis. Department of Food and Environmental Sciences. Helsinki. 80 pp.

WIEDMANN, T. y MINX, J. 2008. A Definition of 'Carbon Footprint'. In: C. C. Pertsova, Ecological Economics Research Trends: Chapter 1, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA. 11 pp.

# Características físicas del huevo incubable y pollitos nacidos de reproductores pesados *cobb 500* en incubadoras con diferente humedad relativa

YUÑO, M.<sup>1</sup>; BAKKER, M.<sup>1</sup>; CEPEDA, R.<sup>1</sup>; MARINELLI, C.<sup>1</sup>; MALACALZA, F.<sup>2</sup>

## RESUMEN

Las características físicas del huevo incubable (peso –PH–, calidad de cáscara –C– y pérdida de humedad –H–) y pollitos nacidos (peso –PP– y porcentaje de nacimientos –N–) de reproductores pesados *Cobb 500* de entre 28 y 65 semanas de edad, fueron evaluadas en tres incubadoras con diferente humedad relativa (HR) y comparados con los valores estándares para la línea genética. En todas las semanas de edad el PH (56,7-73,2 g) fue 0,9 y 6,5% mayor ( $p<0,05$ ) que el estándar (56,2-68,4 g), posiblemente vinculado al manejo del lote fuera de estación y en galpones abiertos; en consecuencia, el PP (49±3 g) y la relación PP/PH (71±0,01%) fueron mayores ( $p<0,05$ ) que el estándar (34-46 g y 66-68%, respectivamente). El PH y el PP tuvieron una relación cuadrática positiva ( $p<0,05$ ) en todas las semanas de edad. El valor de C para todos los huevos analizados fue 1082±4, indicando una buena calidad de cáscara y albúmina, aunque se observó una relación lineal negativa ( $p<0,05$ ) entre C y la edad de los reproductores (-0,64). La H fue 10,7±0,8%, 10,5±1% y 10,4±0,8% en las incubadoras de 51,3%, 56,5% y 62,1% de HR, respectivamente, fueron menores ( $p<0,05$ ) que el estándar (11-12%), y solamente hubo diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre las incubadoras de 51,3% y 62,1% de HR. En las tres incubadoras, la edad de los reproductores tuvo una relación lineal positiva ( $p<0,05$ ) con H pero una relación lineal negativa ( $p<0,05$ ) con N. Se observó que H tuvo una relación lineal negativa ( $p<0,05$ ) con C solamente en las incubadoras de 51,3% y 56,5% de HR, indicando que H tendría una relación con C menos relevante en las incubadoras de mayor HR. El N promedio de todo el período de estudio, 83,3±4%, 83,2±4% y 83,1±4%, fue similar en las incubadoras de 51,3%, 56,5% y 62,1%, respectivamente. La relación lineal negativa ( $p<0,05$ ) entre N y edad de los reproductores en las tres incubadoras se puede vincular a cambios fisiológicos en la composición interna de los huevos (mayor PH, menor C y un incremento de la mortalidad embrionaria). La incubadora de 51,3% produjo una mayor ( $p<0,05$ ) deshidratación de los huevos que la de 62,1%, sin embargo y a pesar que en ambas la H fue inferior a los valores estándares, los N fueron similares y dentro de valores normales.

**Palabras clave:** incubadoras, nacimientos, pérdida de humedad del huevo, reproductores *Cobb 500*.

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Veterinarias, UNCPBA, Tandil, Correo: myunio@vet.unicen.edu.ar

<sup>2</sup>Gerente de Producción, Empresa SEDE América.

## ABSTRACT

The physical characteristics of the incubatable egg (weigh –PH–, eggshell quality –C– and humidity loss –H–) and born chicks (weight –PP– and hatchability –N–) from Cobb 500 heavy breeders within 28 and 56 weeks of age, were evaluated in three setters of different relative humidity (HR) and compared with the standard values for the genetic line. The PH 56,7-73,2 g) was 0.9 and 6.5% higher ( $p < 0.05$ ) than the standard (56,2-68,4 g) (in all weeks of age, possibly linked to the management of the lot, which was out-of-season and in open sheds; consequently, the PP (49±3 g) and the PP/PH ratio (71±0.01%) were higher ( $p < 0.05$ ) than the standard (34-46 g and 66-68%, respectively). The PH and the PP had a positive quadratic relationship ( $p < 0.05$ ) in all weeks of age. The C value for all eggs analysed was 1082±4, indicating a good eggshell and albumin quality, although a negative linear relationship ( $p < 0.05$ ) between C and the age of the breeder was noticed. The H was 10.7±0.8%, 10.5±1% and 10.4±0.8% in the setter of 51.3%, 56.5% and 62.1% HR, respectively, lower ( $p < 0.05$ ) than the standard (11-12%), and there were significant differences ( $p < 0.05$ ) only between the setter of 51.3% y 62.1% of HR. In the three setters, the age of the breeder had a positive linear relationship ( $p < 0.05$ ) with H but a negative linear relationship ( $p < 0.05$ ) with N. It was noticed that H had a linear negative relationship ( $p < 0.05$ ) with C only in the setters of 51.3% and 56.5% HR, indicating that C could be less relevant in setters of higher HR. The mean N value throughout the period was similar between the setters and were 83.3±4%, 83.2±4% y 83.1±4% for 51.3%, 56.5% and 62.1% HR, respectively. The negative linear relationship ( $p < 0.05$ ) between N and age of the breeders in the three incubators can be linked to physiological changes in the internal composition of eggs (higher pH, lower C and increased embryonic mortality). The dehydration of eggs was greater ( $p < 0.05$ ) in 51.3% setter than 62.1%, however, and although both the H was lower than the standard values, the N were similar and within normal values.

**Keywords:** Cobb 500 breeders, egg humidity loss, hatchability, setters.

## INTRODUCCIÓN

Las líneas genéticas utilizadas en la industria avícola en la Argentina provienen de compañías extranjeras y los parámetros productivos han sido obtenidos en condiciones experimentales en sus países de origen, por esta razón, las empresas avícolas requieren información de experiencias a campo en condiciones ambientales locales. Las diferencias entre las líneas genéticas radican principalmente en el peso de los reproductores y el huevo, la relación yema-clara, el espesor de la cáscara y el tiempo de incubación del mismo (Abudabos, 2010), y para evaluarlas es necesario el análisis simultáneo de los procesos de obtención de huevos fértiles en las granjas y de pollitos en las plantas de incubación.

La calidad de los huevos fértiles ha sido estudiada bajo diversos aspectos en relación con la edad de los reproductores (Peeble *et al.*, 1997; Burnham *et al.*, 2001; Tona *et al.*, 2001), la alimentación, las condiciones de almacenamiento, el tamaño y la calidad de cáscara del huevo (Roque y Soares, 1994; Brake *et al.*, 1996). La calidad de los pollitos se ha vinculado al tamaño del huevo, tipo de incubadora, simple o multiestadio (Marsh, 2007), y pérdida de humedad en la incubación (Bruzual *et al.*, 2000; Cobb, 2003; Brake, 2006). En la Argentina, algunos investigadores como Sisti y García Trevín (1993), Romero (1997), Plano (2001), Plano y Di Matteo (2003) y Sandoval *et al.*

(2005) han evaluado las pérdidas en la incubación por medio de la embriodiagnos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar las características físicas del huevo incubable (peso, calidad de cáscara y pérdida de humedad) y pollitos nacidos (peso y porcentaje de nacimientos) de reproductores pesados Cobb 500 de entre 28 y 65 semanas de edad, en tres incubadoras con diferente humedad relativa, y comparar los resultados obtenidos con los valores estándares para la línea genética.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones de la planta de incubación y la Granja de reproductores N.º 2 de la empresa SEDE América en la localidad de Bolívar. Se evaluaron 15.000 hembras y 1.800 machos reproductores pesados de la línea genética comercial Cobb 500 (Cobb-Vantress Inc., 2006), desde las 28 hasta las 65 semanas de edad. Las aves se alojaron en tres galpones bajo condiciones similares divididos en cinco sectores y en cada sector se alojó un número inicial de 1.000 hembras y 120 machos. Los reproductores recibieron dos tipos de raciones elaboradas de acuerdo a las recomendaciones de Cobb 500 (2006): De 22 a 55 semanas de vida: 2.860 kcal/kg energía metabolizable, 16% proteína, 3% calcio, 0,45% fósforo, 3-4% fibra; de 56 a 64 semanas de vida: 2860 kcal/kg energía

metabolizable, 15% proteína, 3,2% calcio, 0,4% fósforo, 3-4% fibra.

Se aplicaron tres tratamientos de humedad relativa (HR, %): 51,3, 56,5 y 62,1 a tres incubadoras, que corresponden a lecturas de 83 °F, 85 °F y 87 °F, respectivamente, en el termómetro de bulbo húmedo (Linsley, 1982), 99 °F de bulbo seco, 99,5 °F de refrigeración y volteo con un ángulo de 90° una vez por hora. Las unidades experimentales fueron las bandejas de las incubadoras (n=10) para cada semana, durante 37 semanas de producción (semanas 28 a 65 de edad de los reproductores).

Los huevos se colocaron una vez por semana en las incubadoras marca Francken, modelo multiestadio con capacidad de 12.060 huevos por carga y a los 18 días se realizó la transferencia a tres nacedoras iguales entre sí en cuanto a condiciones ambientales: 70,4% de HR (90 °F de bulbo húmedo), 98 °F de bulbo seco y 98,5 °F de refrigeración.

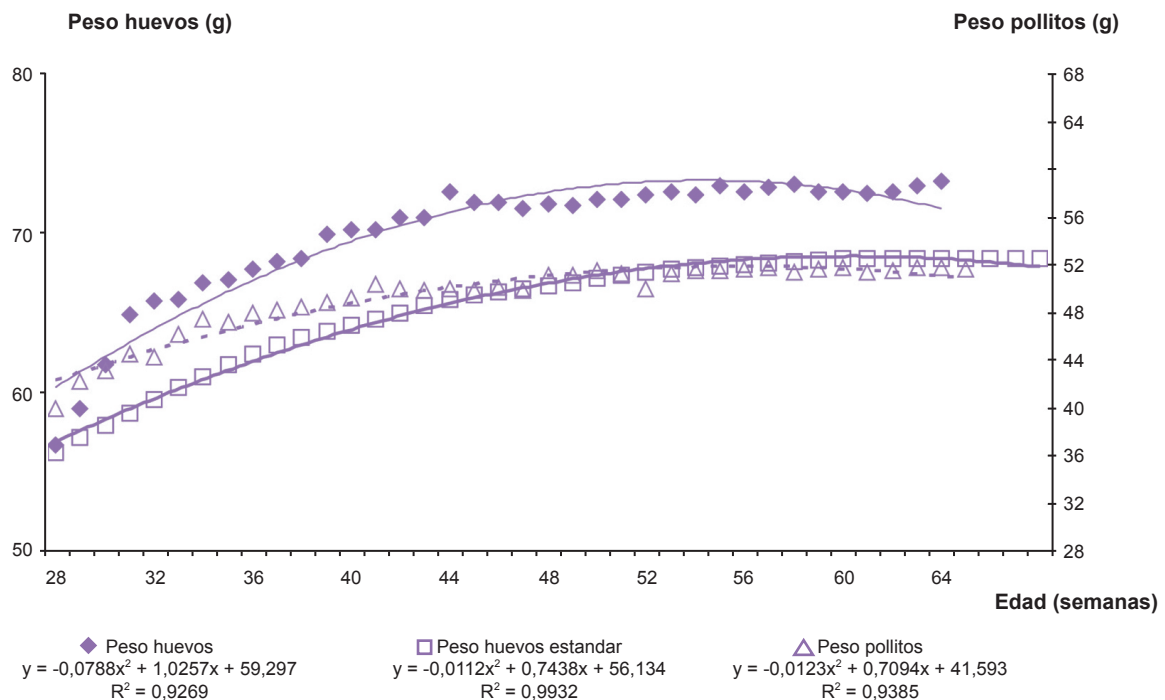
El período de almacenamiento desde la postura a la carga en las incubadoras se realizó a, fue de 4 días promedio desde las 28 hasta las 51 semanas de vida, y de 12 días promedio desde las 52 hasta las 65 semanas de vida de los reproductores por razones de producción de la empresa. Las condiciones de almacenamiento fueron, en ambos casos, de 20 °C de temperatura ambiente y 60-65% de HR.

Las muestras para evaluar peso del huevo (PH, g), pérdida de humedad del huevo (H, %), peso del pollito (PP,

g) y la relación PP/PH, se obtuvieron al azar de todos los sectores de los tres galpones (n=1340 huevos por galpón). El PH se registró por bandeja (n=10) de 134 huevos previo a la carga en las incubadoras y H se determinó por la diferencia de peso entre el día de carga y el día 18, momento en que las bandejas se transfirieron a las nacedoras. Para todos los registros se utilizó una balanza marca Systel (0-30 kg, ±5 g). El PP y los nacimientos (N, %) se registraron en forma inmediata al retiro de las nacedoras y luego de su clasificación en pollitos de primera, segunda calidad y descarte. La muestra para PP y N estuvo integrada únicamente por pollitos de primera calidad.

Las muestras para evaluar C por edad del lote se obtuvieron a partir de maples (n=2) de 30 huevos. La calidad de cáscara se evaluó por el método de gravedad específica cada 8 días, en planta de incubación previa a su incubación. El valor de C se determinó en forma indirecta, en tres soluciones de agua y cloruro de sodio con densidades relativas de 1.070, 1.080 y 1.090, a 20 °C constantes (Butcher y Miles, 2007; Wineland, 2007). Las soluciones se calibraron con un densímetro (1.000-1.100 g/cm<sup>3</sup>) y se ajustaron semanalmente.

Los resultados se presentan como el promedio ± desvío estándar. Las comparaciones con los estándares: reproductores *Cobb 500* (Cobb, 2006) y H en incubación (Cobb, 2003) se realizaron mediante de intervalo de confianza de 95% (Di Rienzo *et al.*, 2005). Las diferencias entre trata-



**Figura 1.** Peso del huevo (g), peso del pollito (g) y peso del huevo observados y estándar *Cobb 500* (g).

Fuente: elaboración a partir de datos propios.

	Observado	LI-LS	Estándar
PP (g)	49,3±3	48,48-50,11	34-46
PP/PH (%)	71±0,01	70,59-70,86	66-68

**Tabla 1.** Valor observado y estándar *Cobb 500* de peso del pollito (PP) y relación peso del pollito y peso del huevo (PP/PH). Los valores observados son el promedio y desvío estándar de 38 semanas de producción. LI-LS: Límite Inferior y Límite Superior del intervalo de confianza de 95%. En negrita, promedio significativamente diferente al estándar ( $p < 0,05$ ). Fuente: elaboración a partir de datos propios.

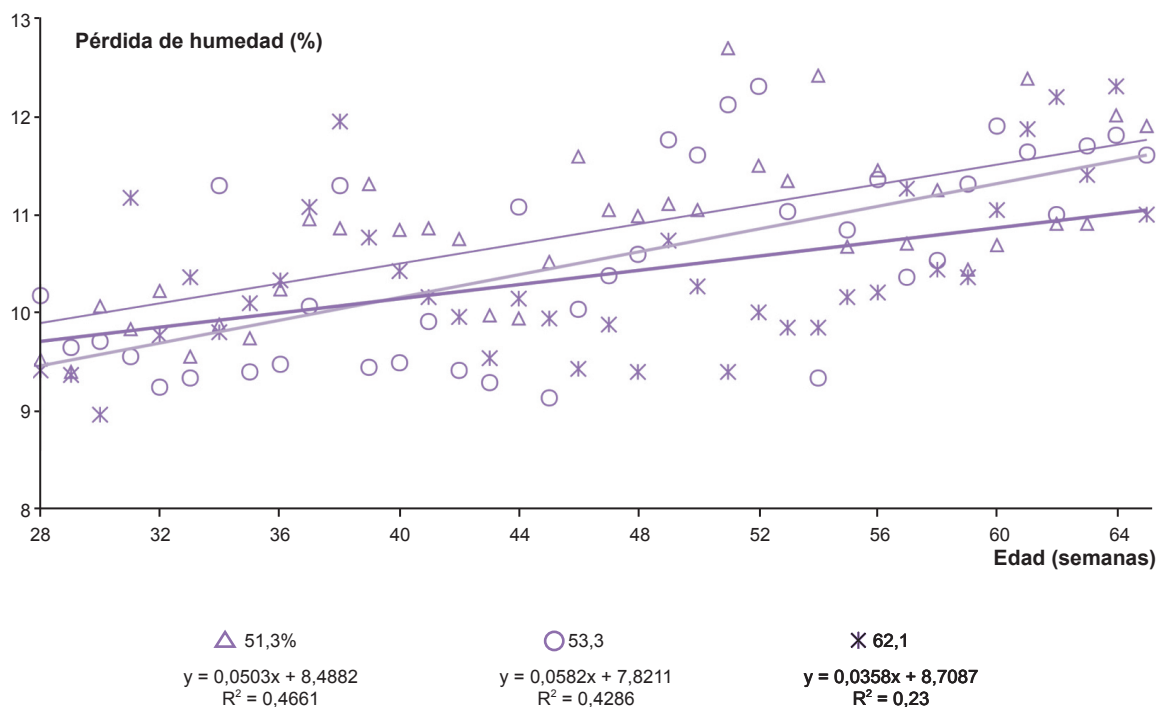
mientos para PH, PP, H y N se analizaron mediante Análisis de Varianza (ANOVA) con un nivel de significación del 5%. Para H y N se incluyó como covariable la edad de los reproductores. Las diferencias significativas fueron evaluadas con el test de comparaciones múltiples de Tukey. Las relaciones entre C y N con la edad de los reproductores y entre H y C se analizaron mediante regresión simple. Para los análisis estadísticos se utilizó *InfoStat 2003*.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la figura 1 se muestran los resultados de PH y PP. El PH de los reproductores pesadas fue (56,7-73,2 g),

entre 0,9 y 6,5% mayor ( $p < 0,05$ ) que el estándar, (56,2-68,4 g), en todas las semanas de edad, posiblemente vinculado al manejo del lote fuera de estación y en galpones abiertos, lo cual incide directamente en el mayor peso vivo de los reproductores. En consecuencia, el PP promedio (49,3±3 g) y la relación PP/PH (71±0,01%) fueron mayores ( $p < 0,05$ ) que el estándar (34-46 g y 66-68%, respectivamente) (tabla 1), El PP y PH tuvieron una relación cuadrática positiva ( $p < 0,05$ ) en todas las semanas de edad, similar a lo observado por Bruzual *et al.* (2000).

En la figura 2 se muestran los resultados de H. En las tres incubadoras, la edad de los reproductores tuvo una relación lineal positiva ( $p < 0,05$ ) con H. La H promedio de todo el período de estudio en las incubadoras de 51,3%, 56,5% y 62,1% fue 10,8±0,8%, 10,5±1% y 10,4±0,8%, respectivamente, inferiores ( $p < 0,05$ ) al estándar (11-12%), y solamente la incubadora de 51,3% produjo una mayor deshidratación significativa ( $p < 0,05$ ) de los huevos que la de 62,1% (tabla 2). La H promedio de todo el período de estudio en las incubadoras de 51,3%, 56,5% y 62,1% fue 10,8±0,8%; 10,5±1% y 10,4±0,8%, respectivamente inferior ( $p < 0,05$ ) al estándar (11-12%), y la incubadora de 51,3% produjo una mayor ( $p < 0,05$ ) deshidratación de los huevos que la de 62,1%. Diversos investigadores han estudiado los efectos de ambientes con diferente humedad relativa sobre la incubabilidad y la eclosión, Hay *et al.* (1951) y Ar *et al.* (1980) demostraron que los pollitos



**Figura 2.** Pérdida de humedad del huevo (%) en incubadoras de 51,3%, 56,5% y 62,1% de humedad relativa. Fuente: elaboración a partir de datos propios.



eran capaces de eclosionar cuando la pérdida de humedad estaba entre 6,5 y 12% y entre 12 y 14%, respectivamente. Sin embargo, Molenaar *et al.* (2010) consideran que es difícil comparar estos ensayos de investigación, dado que simultáneamente se ve afectada la capacidad de transferencia de calor del aire y la temperatura del embrión, por lo tanto, el efecto de diferentes niveles de

humedad relativa está vinculado al modelo industrial de incubadora.

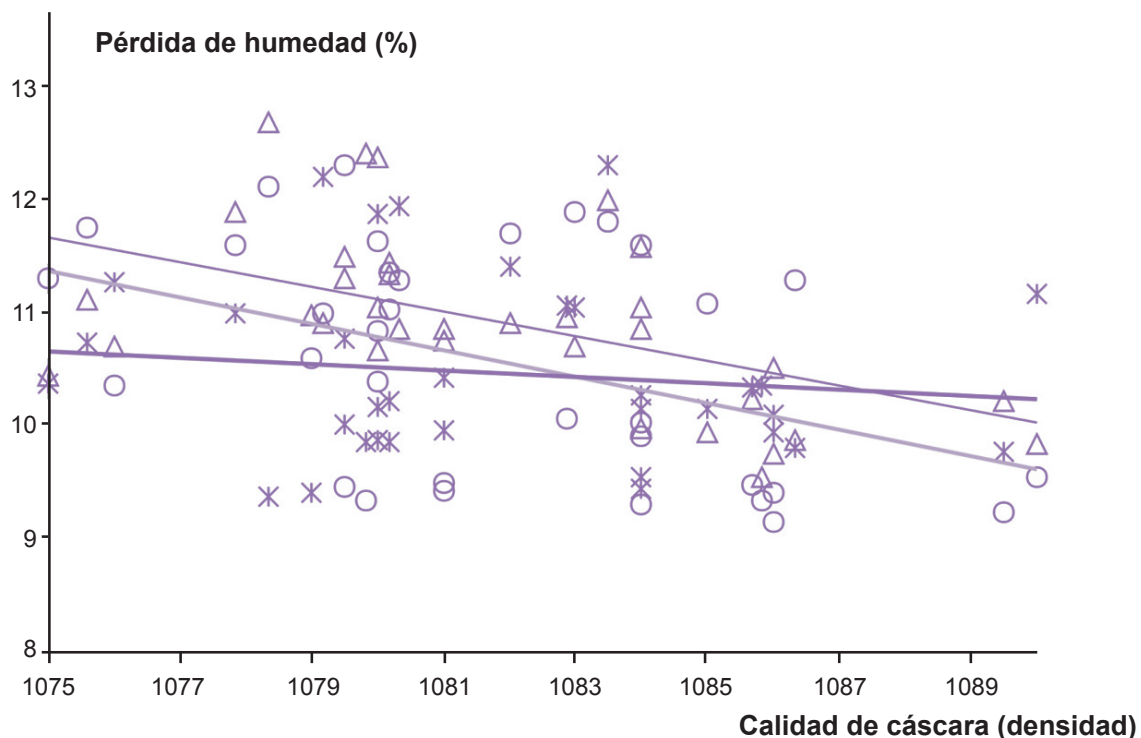
En la figura 3 se muestran los resultados de C y H. El valor de C para todos los huevos analizados durante el período de estudio fue  $1082 \pm 4$  lo cual indica una buena calidad de cáscara y albúmina (Cobb, 2006; Brake, 1996). La C tuvo una relación lineal negativa significativa ( $p < 0,05$ ) con la edad, lo cual ocurre porque el aumento fisiológico del tamaño del huevo no es seguido por un incremento del peso y mineralización de la cáscara (Luqueti *et al.*, 2004). La C y la H tuvieron una relación lineal negativa ( $p < 0,05$ ) en las incubadoras de 51,3% y de 56,5%, similar a lo observado por Tullet y Board (1977) y Roque y Soares (1994), pero la H fue independiente de C en la incubadora de 62,3%.

En la figura 4 se muestran los resultados de N. El N promedio de todo el período de estudio en las incubadoras de 51,3%, 56,5% y 62,1% fueron similares ( $83,3 \pm 4\%$ ,  $83,2 \pm 4\%$  y  $83,1 \pm 4\%$ , respectivamente). Se observó una relación lineal negativa ( $p < 0,05$ ) entre N y la edad de los reproductores en las tres incubadoras, similar a lo observado por Abudabos (2010), quien asoció esta disminución a los cambios fisiológicos en la composición interna de los huevos, estos valores están vinculados a la edad de los reproductores (mayor PH, menor C y un incremento de la mortalidad embrionaria).

Incubadoras de HR (%)	Observado	H (%)	
		LI-LS	Estándar
51,3	10,8 $\pm$ 0,82 a	10,6-11,0	11,5
56,5	10,5 $\pm$ 0,99 ab	10,2-10,8	11,5
62,1	10,4 $\pm$ 0,83 b	10,2-10,6	11,5

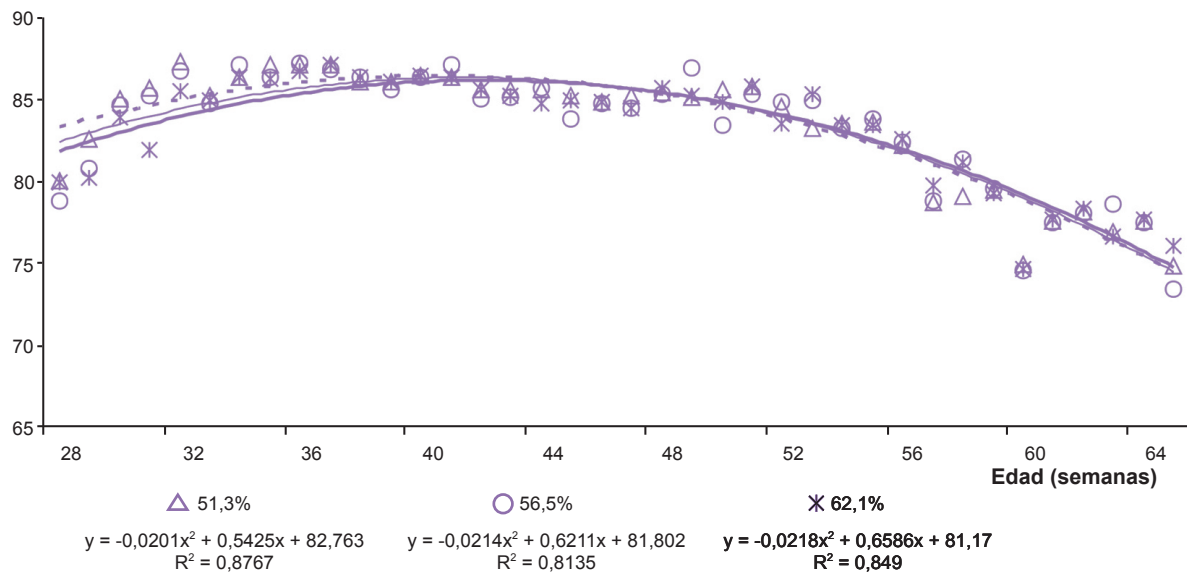
**Tabla 2.** Pérdida de humedad observada en incubadoras de 51,3%, 56,5% y 62,1% de humedad relativa y pérdida de humedad estándar Cobb 500.

Los valores observados son el promedio y desvío estándar de 38 semanas de producción. LI-LS: Límite Inferior y Superior del intervalo de confianza de 95%. En negrita, promedio significativamente diferente al estándar ( $p < 0,05$ ). Letras diferentes indican diferencias significativas entre incubadoras ( $p < 0,05$ ). Fuente: elaboración a partir de datos propios.



**Figura 3.** Relación entre la calidad de cáscara y la pérdida de humedad del huevo (%) en incubadoras de 51,3%, 56,5% y 62,1% de humedad relativa.

Fuente: elaboración a partir de datos propios.



**Figura 4.** Nacimientos (%) en incubadoras de 51,3%, 56,5% y 62,1% de humedad relativa.  
Fuente: elaboración a partir de datos propios.

### CONCLUSIONES

Las diferencias que existen entre las líneas genéticas de reproductores requieren una adecuación de las condiciones de manejo en granjas y plantas de incubación. Para la línea *Cobb 500*, los resultados obtenidos en este trabajo indican que las incubadoras con humedad relativa de 51,3% y 56,5% determinan una deshidratación adecuada de los huevos, vinculada a la calidad de cáscara y la edad de los reproductores. La posibilidad de ajustar la humedad relativa de la incubadora es una herramienta muy útil que tiene el gerente de la planta de incubación para mejorar el proceso de incubación de huevos.

Sin embargo, un aspecto importante que requiere mayor estudio es la posterior performance en granjas de engorde de los pollos nacidos bajo diferentes condiciones ambientales de incubadoras y nacedoras.

### BIBLIOGRAFÍA

AR, A. y RAHN, H. 1980. Water in the avian egg overall budget of incubation. *American Zoologist* 20, 373-384.

ABUDABOS, A. 2010. The Effect of Broiler Breeder Strain and Parent Flock Age on Hatchability and Fertile Hatchability. *International Journal of Poultry Science* 9, 231-235.

BRAKE J.T. 2006. Nuevos paradigmas de la incubación y crianza temprana. *Avicultura Profesional*, Vol. 24, N.º 4, 24-27.

BRAKE J.T. 1996. Optimización del almacenaje de huevos fértiles. *Avicultura Profesional*, Vol. 14, N.º 6, 26-31.

BRUZUAL, J.J.; PEAK, S. D.; BRAKE, J. y PEEBLES, E.D. 2000. Effects of relative humidity during incubation on hatchability and body weight of broiler chicks from young breeder flocks. *Poultry Science*, 79, 827-830.

BURNHAM, M. R.; PEEBLES, E.D.; GARDNER, C.W.; BRAKE, J.; BRUZUAL, J.J. y GERARD, P. D. 2001. Effects of incubator humidity and hen age on yolk composition in broiler hatching eggs from young breeders. *Poultry Science*, 80, 1444-1450.

BUTCHER, G.D. y MILES, R.D. 2007. Egg Specific Gravity – Designing a Monitoring Program. (<http://edis.ifas.ufl.edu/VM044>, verificado: 08 de diciembre de 2010)

COBB. 2008. Guía de manejo de la Planta Incubadora, pp. 41. (<http://www.cobb-vantres.com>, verificado: 08 de diciembre de 2010).

COBB-VANTRESS Inc. 2008. Breeder Management Guide pp 62. (<http://www.cobb-vantres.com>, verificado: 08 de diciembre de 2010).

DI RIENZO, J.; CASANOVES, A.; GONZALES, F.; TABLADA, L.A.; DÍAZ, E.M.; ROBLEDO, M.A.; BALZARINI, M.G. 2005. Estadística para las ciencias agropecuarias. 6 ed. Córdoba, Argentina: Editorial Brujas, 347p.

FARMER M.; Roland, D.A. Y Sr, ECKMAN M.K. 1983. Calcium metabolism in broiler breeder hens. The influence of the time of feeding on calcium status of the digestive system and eggshell quality in broiler breeders. *Poultry Science*, 62:465-71.

HAYS, F.A. y SPEAR, E.W. 1951. Losses in egg weight during incubation associated with hatchability. *Poultry Science*, 30, 106-107.

HUSTON, P. 2005. Research on eggshell structure and quality: an historical overview. *Revista Brasileira de Ciencia Avícola* 7, 67-71.

INFOSTAT 2003. InfoStat/Profesional, Versión 1.6 Software Estadístico. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Linsley, R.K. Jr.; Kohler, M.A.; Paulhus, J.L.H. 1982. *Hidrology for Engineers*, 3rd ed. McGraw-Hill, 481 p.

LUQUETTI, B.C.; GONZÁLES, E.; Bruno, L.D.G.; Burlan, R.L.; Macari, M. 2004. Egg traits and physiological neonatal chick parameters from broiler breeder at different ages. *Brazilian Journal of Poultry Science* 6:13-17. (<http://www.scielo.br/pdf/rbca/v6n1/a02v06n1.pdf>, verificado: 09 de febrero de 2011).

MARSH, D. 2007. The benefits of Chick Master's Avida Single Stage Setters from Hatchery to farm. ([http://www.chickmaster.com/cm\\_products.html](http://www.chickmaster.com/cm_products.html), verificado: 20 de diciembre de 2010).

MOLENAAR, R.; REIJRINK, I.A.M.; MEIJERHOF, R.; VAN Den BRAND, H. 2010. Meeting Embryonic Requirements of Broilers Throughout Incubation: A Review. *Revista Brasileira de Ciencia Avícola*, Jul-Sep, Vol. 12 N.º 3, 137-148.

PEEBLES, E.D.; GARDNER, C.W.; BRAKE, J.; BENTON, C.E.; BRUZUAL, J.J.; Gerard, P.D. 2000. Albumin height and yolk and embryo compositions in broiler hatching eggs during incubation. *Poultry Science* 79,1373 -1377.

PEEBLES, E.D. y BRAKE J. 1987. Eggshell Quality and Hatchability in Broiler Breeder Eggs. *Poult. Sci.* 66:596-604. Citado en: Hulet, R. Gladys, G., Hill D., Meijerhof y El Shiek, 2007. T. Influence of egg shell embryonic incubation temperature and broiler breeder flock age on posthatch growth performance and carcass characteristics. *Poultry Science*. 86, 408-412.

PLANO, C.M. y DI MATTEO, A.M. 2001. Atlas de patología de la incubación del pollo. Obra realizada en Granja Tres Arroyos, S.A. Argentina. Distribuido por Embrex Inc., Duham, US, pp 8-119.

PLANO, C.M. 2003. Embriodiagnóstico como herramienta para evaluar problemas de plantas de incubación y granjas de reproductores. *Memorias del XVIII Congreso Latinoamericano de Avicultura*. Bolivia. pp 97-104.

ROMERO, P. 1997. Aplicación de la técnica de embriodiagnosic como herramienta para evaluar eficiencia productiva. Tesina presentada en la Facultad de Ciencias Veterinarias, UNCPBA. Tandil, Argentina. 22 p.

ROQUE L. y SOARES M.C. 1994. Effects of eggshell quality and broiler breeder age on hatchability. *Poultry Science* 73, 1838 - 45.

SANDOVAL, A.; YUÑO, M.; BAKKER, M.L.; RODRÍGUEZ, E. y BERETTA, A. 2005. Aplicación de la embriodiagnosic para evaluar la eficiencia de la planta de incubación de parrilleros en una empresa avícola comercial en la Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 34, 75-89.

SISTI, E. y GARCÍA TREVÍN, O. 1993. La tipificación de los huevos no eclosionados en el diagnóstico de los problemas de incubación. I Congreso Internacional. Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLP. La Plata, Argentina. Libro de resúmenes AV 153, 1-11.

TONA, K.; BAMELIS, F.; COUKE, W.; BRUGGEMAN V. y DECUYPERE, E. 2001. Relationship Between Broiler Breeder's Age and Egg Weight Loss and Embryonic Mortality During Incubation in Large-Scale Conditions. *Applied Poultry Research* 10, 221-227

TULLET, S.G. y BOARD R.G. 1977. Determination of avian eggshell porosity. *J. Zool. London*. 183:203-211. Citado en: Peebles, E.D., Doyle, S.M., Zumwalt, C.D., Gerard, P.D., LATOUR, M.A., BOYLE, C.R. y SMITH, T.W. 2001. Breeder Age influences embryogenesis in broiler hatching eggs. *Poultry Science* 8, 272-277.

WINELAND, M. 2007. Specific Gravity Testing for eggshell quality. North Carolina University. ([http://www.ces.ncsu.edu/depts/poulsoci/tech\\_manuals/gravity\\_determination.htm](http://www.ces.ncsu.edu/depts/poulsoci/tech_manuals/gravity_determination.htm), verificado: 08 de febrero de 2011).

ZAKARIA, A. H.; PLUMSTEAD, P. W.; ROMERO-SANCHEZ, H.; LEKSRISOMPONG, N.; OSBORNE, J. y BRAKE, J. 2005. Oviposition pattern, egg weight, fertility, and hatchability of young and old broiler breeders. *Poultry Science* 84, 1505-1509.

# Tipificación de productores de vinos caseros y análisis sociocultural del sector en la ciudad de Caucete, provincia de San Juan

ESPINDOLA, R.S.<sup>1</sup>; BARRERA, M.R.<sup>2</sup>; BARRERA, A.M.<sup>3</sup>

## RESUMEN

La actividad vitícola se considera una alternativa para el desarrollo económico de las familias rurales. Los objetivos del trabajo fueron caracterizar socio-culturalmente al sector elaborador de vinos caseros, armar una tipología y determinar formas de comercialización y las principales limitantes de la actividad. Se realizó con un grupo de elaboradores de vinos caseros del departamento Caucete y se evaluaron 17 casos a través de encuestas. Los datos recaudados se clasificaron y agruparon de forma sistemática en distintas variables: a) sociales, b) familiares, c) culturales y d) económicas. Se utilizó el programa SPSS versión 15.0, con análisis descriptivos y de conglomerados en dos fases. Según los resultados del estudio, la elaboración de vinos caseros es una actividad secundaria que utiliza trabajo familiar y recursos locales. Está representada, en su mayoría, por elaboradores no inscriptos en el Instituto Nacional de Vitivinicultura pero que poseen más de 20 años de experiencia en el rubro. Debido a escasas estrategias de comercialización y marketing, no logran posicionar el producto en circuitos comerciales mayores. Además, presentan limitantes para la elaboración relacionadas con la falta de vasijas, maquinarias, espacio físico y recursos económicos que provocan problemas de rentabilidad.

**Palabras claves:** vino casero, limitantes, factores socioeconómicos.

## ABSTRACT

*The viticulture is considered an alternative to the economic development of rural families. The objectives of this study were to characterize the home winemaking sector socioculturally, to build a typology, to identify ways of marketing and to detect the main constraints of the activity. This research was conducted with a group of home winemakers from Caucete, San Juan, Argentina. We evaluated 17 cases (processors) through surveys. The data collected were classified and grouped systematically, constituting variables: a) social, b) family c) cultural, and d) economic. We used SPSS version 15.0, with descriptive and cluster analysis. According to the study results, home wine making is carried out as a secondary activity, which uses family labor and local resources available for product realization. The activity is represented mostly by wine makers over 20 years of experience in the business who are not enrolled in the National Wine Institute. Their marketing mechanisms are scarce, therefore*

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

<sup>2</sup>Universidad Nacional de San Juan. Facultad de Ingeniería. Ejecución de tesis de grado.

<sup>3</sup>Agencia de Extensión Rural Caucete. EEA San Juan. INTA.

*they fail to place the product on larger commercial circuits. The restrictions they have such as the lack of vessels, machinery, physical space, marketing and financial resources, cause profit problems.*

**Keywords:** *homemade wine, limiting socioeconomic factors.*

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de la vid en San Juan tiene distintos destinos. En primer lugar, la vinificación con el 76,3%, seguido por uva para consumo en fresco con el 18,46% y uva para pasa con el 5,14% (INV, 2010).

Casi el 50% del total de los viñedos corresponde a extensiones menores a 5 ha (INV, 2010). Este tipo de explotaciones sufrió un deterioro producto, entre otras causas, de la falta de rentabilidad, bajos rendimientos y calidades (Batistellas y Quaranta, 2010). Además, se produjo el envejecimiento del encepado, con alrededor del 47,32% de los cultivos vitícolas que superan los 25 años (INV, 2010).

Para solucionar estos problemas existen diferentes alternativas, entre ellas, la producción de vinos artesanales y caseros (Vega Mayor, 2011). Este tipo de actividades, a través de la industrialización de la uva, genera valor agregado. Por otra parte, contribuye con el desarrollo local (Benencia, 1999).

Históricamente, no se consideró el potencial de la producción de vinos caseros y artesanales para el desarrollo económico de los sectores rurales (Bocco, 2008). Actualmente, este tipo de producto se incluye dentro de los nuevos enfoques de desarrollo, como una actividad de gran importancia para el progreso local (Bress, 2010). Existen en la provincia 167 elaboradores de vino casero y tres de vino artesanal, inscriptos en el Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV, 2010), de los cuales el 30% se ubica en los departamentos Caucete, 25 de Mayo y 9 de Julio. Además, existe un elevado número de elaboradores artesanales y caseros no registrados (Diario de Cuyo, 2010).

La elaboración de vinos caseros es realizada por productores o contratistas de viñas que agregan valor a sus producciones a través de la vinificación, o bien, por aquellos que realizan la actividad como un *hobbie*.

En el año 2010, el Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV), legisló la elaboración de vinos, marcando las diferencias entre vinos caseros y artesanales en las siguientes resoluciones:

- Resolución C27/02: define al elaborador de "*Vinos Caseros*", como aquel que elabora un máximo de 4.000 litros de vino anuales. El producto es obtenido por la fermentación alcohólica de la uva fresca y madura, utilizando prácticas enológicas lícitas para su elaboración, debién-

dose emplear locales (espacios físicos de elaboración), vasijas y demás elementos en buenas condiciones de sanidad (INV, 2002). El organismo prohíbe el uso de sustancias no autorizadas en el proceso.

- Resolución C45/10: define al elaborador de "*Vino Artesanal*" como aquel que elabora entre 4.000 y 12.000 litros anuales. Este además de estar registrado en el INV, debe tener un local habilitado para tal fin y realizar análisis químicos, físicos y sensoriales para obtener certificados de libre comercialización por partidas limitadas (INV, 2002).

Actualmente, la Agencia de Extensión Rural Caucete, dependiente del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), lleva a cabo un proyecto ProFam (Productores Familiares) que nuclea a 20 elaboradores de vinos caseros del departamento Caucete y que está financiado por el Programa Federal de Apoyo al Desarrollo Rural (ProFeder). Se plantea que "*La producción de vinos caseros, a través de la mejora en las técnicas de elaboración y comercialización, incrementa la rentabilidad de las pequeñas explotaciones rurales*", y los objetivos del trabajo fueron caracterizar socioculturalmente al sector elaborador de vinos caseros, armar una tipología, determinar formas de comercialización y las principales limitantes de la actividad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio incluyó una zona productora de vid, de aproximadamente 600 ha, en el departamento Caucete, provincia de San Juan. Se realizaron entrevistas estructuradas con preguntas cerradas de alternativas múltiples y se utilizaron variables cuantitativas nominales y categorizadas cerradas. Los datos asociados a las variables, obtenidos de las unidades de muestreo, se agruparon de modo sistemático para facilitar su análisis. Las variables incluidas se clasificaron en cuatro grupos: a) sociales: lugar de residencia, edad del productor, nivel de estudios, población económicamente activa; b) familiares: composición familiar, edades de los miembros de la familia, sexo; c) culturales: estado de inscripción ante el INV, participación en organizaciones afines, concursos, experiencia, variedades utilizadas para elaboración, y d) económicas: fuentes de ingreso principales y secundarias, promedio de litros elaborados, tipo de producto, tipo de envase, precios de venta, formas de venta y promoción, tiempo de estocaje del producto, tipo de mano de obra utilizada, y limitantes

de la actividad. Para el análisis de la información se utilizó el programa SPSS (versión 15.0) con estadísticos descriptivos: mínimos, máximos, media, moda, tablas de frecuencias y porcentajes, gráficos de barra, cajas y bigotes y desviación estándar, entre otros. También se realizó un análisis de conglomerados en dos fases que incluyó, por un lado, todas las variables socioeconómicas mencionadas y, por el otro, las variables referidas a limitantes del proceso de elaboración de vino: comercialización, maquinarias, técnicas de elaboración, espacio físico, vasijas y recursos financieros.

**Muestra**

La muestra se tomó según datos del INV, INTA y Asociación de elaboradores de vinos artesanales (AEVA). En la provincia, 135 productores poseen variedades comunes de uva (Cereza, Torrentes, Pedro Giménez, Criolla chica, Criolla grande, etc.) para la elaboración de vino casero (Diario de Cuyo, 2010). Entre ellos, 52 son socios de AEVA.

Según la Agencia de Extensión Rural Caucete (AER-INTA), existen 30 elaboradores de vino casero en el departamento. Se aplicó una fórmula para tamaño muestral (Sierra Bravo, 2005),  $N = \frac{\sigma^2 \cdot p \cdot q}{E^2}$ , en donde  $\sigma$  toma valores de 1, 2 o 3, según el intervalo de confianza (2),  $p$  es la propor-

ción de individuos a muestrear (90%) y  $q$  su diferencia.  $E$  expresa el error (10%).

De este modo:  $2 \cdot 90 \cdot 10 / 100 = 18$

De la base de datos original (provista por INTA), se le asignó un número a cada individuo y se seleccionó la muestra por el empleo de una tabla de números aleatorios (Sierra Bravo, 2005).

**RESULTADOS**

El 82,4% de los elaboradores de vino casero del departamento de Caucete, no se encuentra inscripto en el INV (tabla 1).

Dentro de los casos estudiados, el 58,8% pertenecen a un rango de edades de 20 a 60 años, personas laboralmente activas. Sólo el 11,8% representa a elaboradores con menos de 20 años. El resto (29,4%), presentan más de 60 años (tabla 2).

En función de las actividades que desarrollan, el 17,6% tiene un oficio (metalúrgico, albañil, carpintero, entre otros), otros son empleados municipales, contratistas de finca, comerciantes y jubilados. Por último, hay docentes, peones de fincas, profesionales y productores.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Inscripto	3	17,6	17,6	17,6
	No inscripto	14	82,4	82,4	100
	Total	17	100	100	

Tabla 1. Porcentaje de elaboradores inscriptos en el INV.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	1	2	11,8	11,8	11,8
	2	10	58,8	58,8	70,6
	3	5	29,4	29,4	100
	Total	17	100	100	

Tabla 2. Porcentaje de edades de los elaboradores. 1 < 20 años; 2 de 20 a 60 años; 3 > 60.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	No	12	70,6	70,6	70,6
	Sí	5	29,4	29,4	100
	Total	17	100	100	

Tabla 3. Porcentaje de elaboradores que participan en ferias y/o concursos de vinos.

El 29,4% de los elaboradores participan en ferias y/o concursos de vinos caseros (tabla 3 y figura 1). Existe un predominio de mano de obra familiar masculina (64,7%) que se complementa con un 36,3% de mano de obra familiar femenina.

El vino casero se envasa, principalmente, en damajuana de cinco litros (52,9%), también en botellas de 750 cm<sup>3</sup> (17,6%) y un 23% utilizan ambos envases. El 5,9% vende el vino sin embotellar.

La muestra estuvo conformada por: a) familias unipersonales constituidas por elaboradores de mayor edad, b) familias con dos o tres integrantes y c) familias con más de tres integrantes. Esto representa el 25%, 45% y 30%, respectivamente.

La venta del vino casero se realiza en el plazo de un año o más (60%), el resto logra venderlo en menos de seis meses.

El 40% se vende en la misma localidad de la elaboración (Caucete), el 22% a otros departamentos y/o provincias y el 38 %, lo destina para consumo propio.

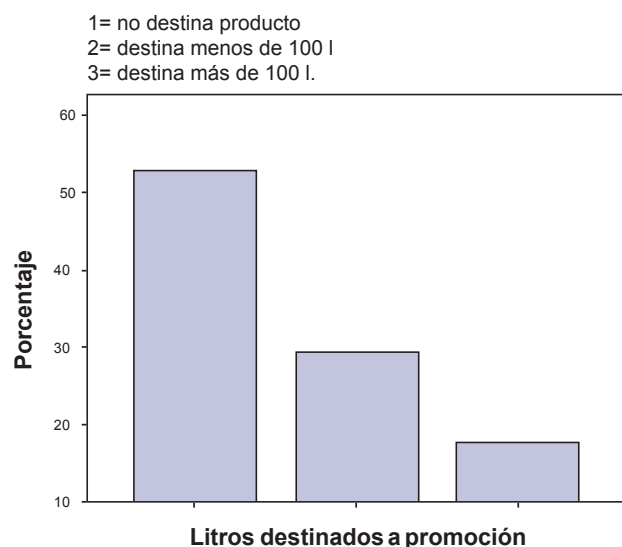
El 53% de lo elaborado es sólo vino tinto y el 30% vino tinto y blanco. Las categorías sólo vino blanco, vino blanco-tinto-mistela y vino tinto-mistela, representan menos del 5% cada una.

La comercialización es realizada por el elaborador y su familia en el 57% de los casos, y el 5% otorga la venta del producto a otro elaborador. El 38% restante no se comercializa.

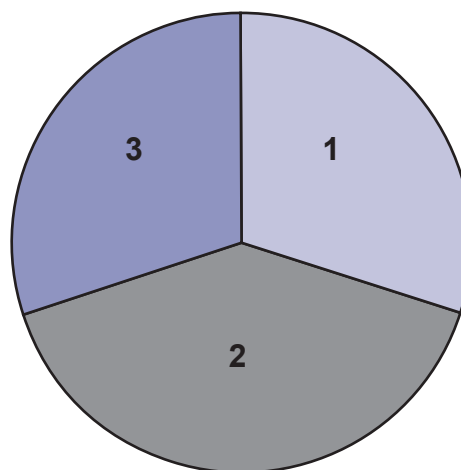
Para realizar tareas en el proceso de elaboración, el 10% de los elaboradores contrata mano de obra extrafamiliar permanente y un 45% mano de obra transitoria que es netamente masculina. No existen elaboradores que contraten mano de obra femenina en forma permanente ni transitoria.

El análisis de la mediana de la variable "litros elaborados en la última temporada" fue de 1.500 litros, con un mínimo de 100, media de 1.750 y un máximo de 4.000. El 50% de la producción está entre los 500 y 300 litros.

Según el análisis de conglomerados, los elaboradores poseen similares características socioculturales en cuanto a composición familiar, edades, tipo de mano de obra utili-



**Figura 1.** Porcentaje de litros de vino destinado a la promoción. 1 = no destina producto, 2 = destina hasta 100 l, 3 = destina más de 100 l.



**Número de conglomerados en dos fases**

**Figura 2.** Tamaño del conglomerado (1,2 y 3) para las variables limitantes en la elaboración.

		N	% de combinados	% del total
Conglomerado	1	5	29,40%	29,40%
	2	7	41,20%	41,20%
	3	5	29,40%	29,40%
	Combinados	17	100,00%	100,00%
<b>Total</b>		<b>17</b>		<b>100,00%</b>

**Tabla 4.** Distribución de conglomerados de las variables limitantes en la elaboración

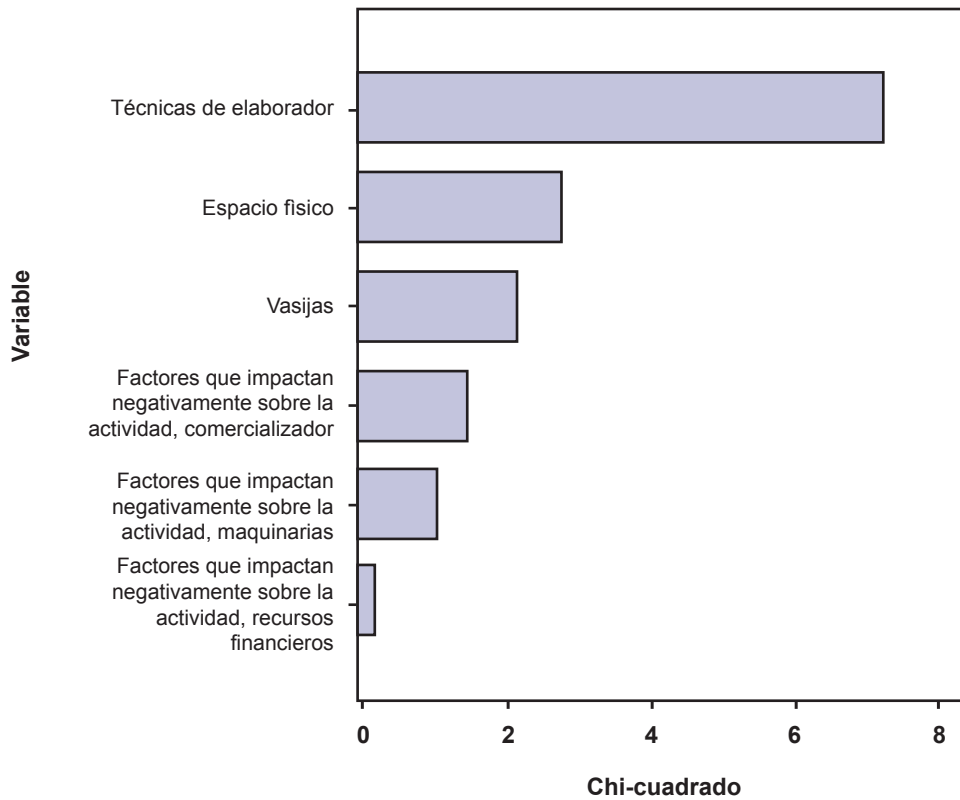


Figura 3. Bonfferoni aplicado para grupo 1.

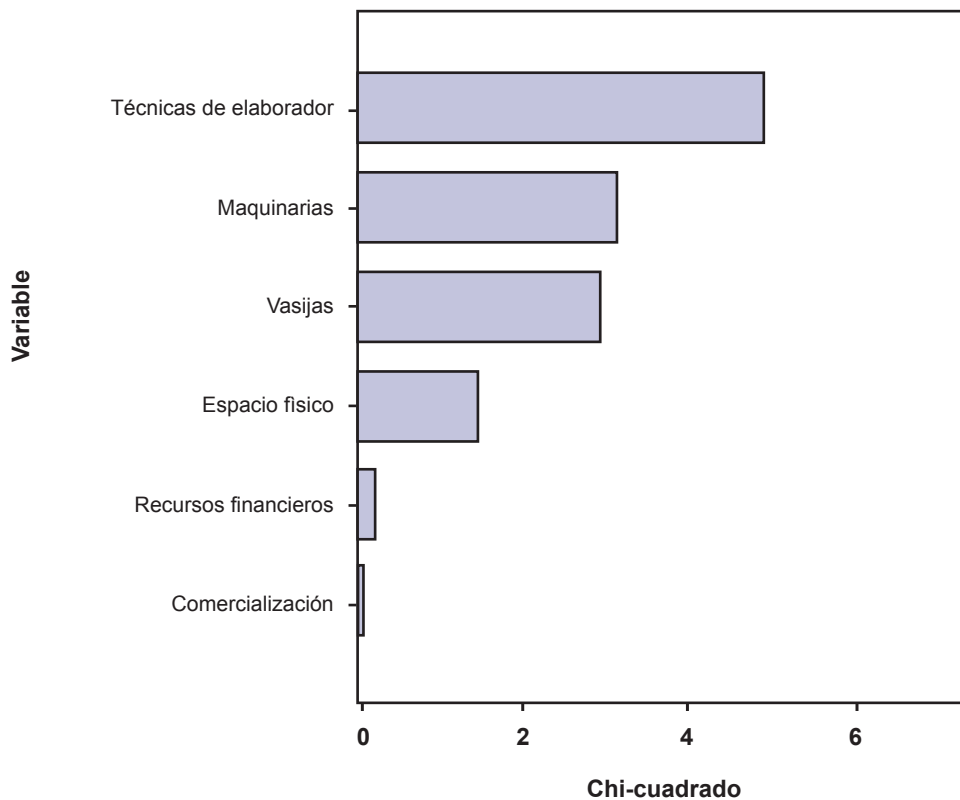


Figura 4. Bonfferoni aplicado para grupo 2.



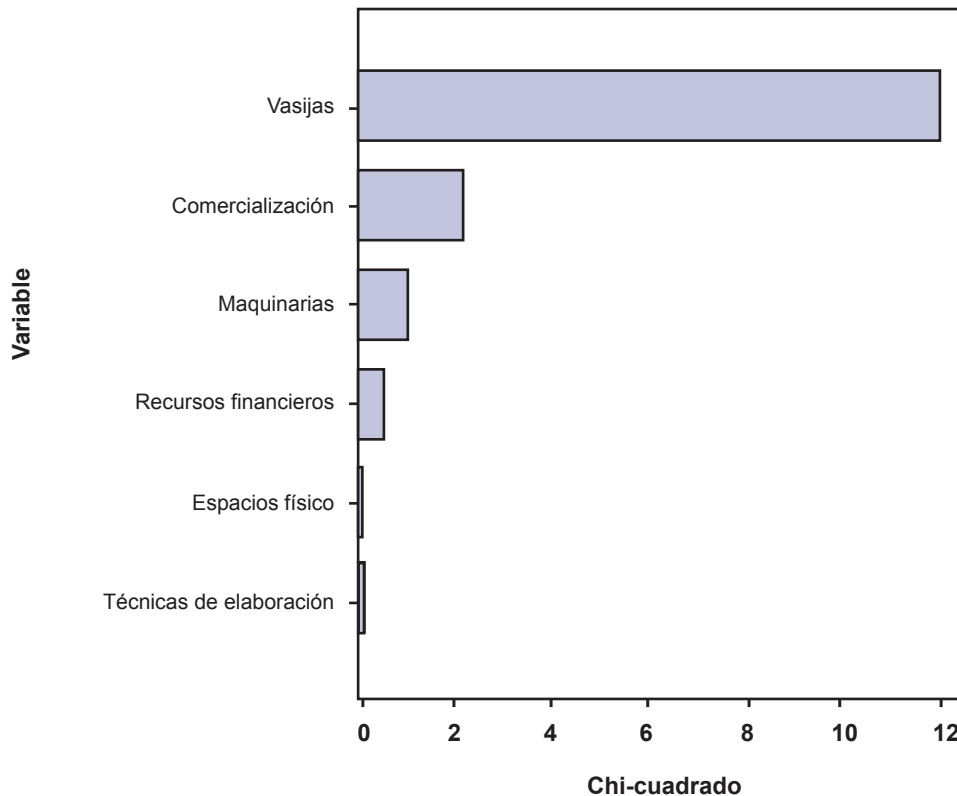


Figura 5. Bonfferoni aplicado para grupo 3.

zada, litros producidos, volumen de venta, precios de venta, actividades de promoción, nivel de estudio y experiencia.

El análisis de conglomerados para las variables “limitantes en la elaboración” (comercialización, estado de la maquinaria, técnicas de elaboración, espacio físico, vasijas, recursos financieros), diferencia tres grupos (tabla 4 y figura 2).

Según el análisis aplicado de Bonfferoni, las principales limitantes del grupo uno son: a) técnicas de elaboración, b) espacio físico y c) vasijas; las del grupo dos son: a) técnicas de elaboración, b) maquinarias y c) vasijas; y las del grupo tres son: a) vasijas, b) comercialización y c) maquinarias. Los tres presentan la falta de vasijas y maquinarias como limitante común (figura 3, 4, y 5).

## DISCUSIÓN

En las últimas décadas hubo cambios en el consumo de vinos. Éste se orientó a productos de mayor calidad y alta segmentación (De Gramount, 1999) y, desde el año 2000 en adelante, se incrementó el uso de variedades finas (INV, 2010). Contrario a esta tendencia, el 90% de los elaboradores del departamento de Cauçete, utiliza uvas para vinos comunes.

Salas Casasola y col. (2006), mencionan que se debe integrar la agroindustria rural a los circuitos formales del

mercado, a través de la valoración de productos, certificación y mejoramiento de la calidad. Novello y Miranda (2009), dicen que es necesaria una diversificación en la producción. La venta de vinos comunes no posee un nivel estable en el 80% de los elaboradores, ya que éstos venden el vino en un plazo de un año o más. Los productos encontrados en la muestra, en orden de importancia, son vino tinto, blanco y mistela y no se elabora ningún otro tipo de producto. Por lo tanto, la diversificación del producto es escasa. En cuanto a la diversificación de los mercados, existe un porcentaje bajo de elaboradores (20%) que vende su vino fuera de la localidad.

Vega Mayor (2011) y Muchnik (2006), afirmaron que la elaboración de vinos artesanales y caseros es una alternativa para mejorar la situación económica de la familia rural, a través de la generación de valor agregado de la producción, con ingresos complementarios (Boucher, 2006). Esto no se condice con los precios de venta del producto que son bajos y un porcentaje importante de los elaboradores no venden sus productos. Por ello, difícilmente la elaboración de vinos caseros podría mejorar su situación económica. Históricamente, éstos son factores por los que la actividad no ha sido considerada para el desarrollo de los sectores rurales (Bress, 2010).

Según Mora y Sumpsi (2004) y Gutiérrez (2006), el desarrollo es una transición de un nivel económico concreto a

otro más avanzado. En este trabajo se observó que, actualmente, la actividad no logra el nivel de venta para alcanzar esta transición, determinado por el bajo precio de venta y los litros producidos.

Cloquell y col. (2007), calificaron a estos sectores artesanales obsoletos e ineficaces económicamente. Luego, se consideró a los productores de pequeña escala como una vía para generar actividades sustentables (Correa Gómez *et al.*, 2006). No se puede considerar el sector obsoleto a partir de su existencia y continuidad en el tiempo. Sin embargo, para que la actividad sea sustentable deben resolverse los problemas estructurales del sector (figura 3, 4, y 5).

A diferencia de los grandes complejos industriales, las agroindustrias rurales (AIR) mostraron una gran capacidad de adaptación (Boucher, 2006). El grupo de elaboradores posee flexibilidad y están articulados al mercado pero prevalecen las estrategias de ventas locales.

Bocco (2000) y Forni *et al.* (1991), establecen que en la Argentina el trabajo de la mujer rural estuvo ligado a fenómenos de supervivencia y se consideró como una ayuda del varón. Cloquell *et al.* (2007), mencionaron que sólo un 15% de las mujeres están a cargo de las explotaciones agrícolas en América Latina. Sin embargo, el 100% de la mano de obra extrafamiliar contratada es masculina y se trata de mujeres, cuando es mano de obra familiar.

Según el INV (2010), existen en la provincia 167 elaboradores de vinos caseros inscriptos en el Instituto Nacional de Vitivinicultura. Solamente el 17% de los casos estudiados están inscriptos en este organismo.

La elaboración promedio es de 1.200 litros (ProFam, 2010 documento no publicado). El resultado del trabajo de muestra que el promedio elaborado por temporada es de 1.500 litros de vino.

Vega Mayor (2011), establece que la producción, elaboración y comercialización se realiza a nivel familiar, con equipamiento elemental y prácticas tradicionales, que le da una identidad particular a sus productos. Los datos del trabajo revelan que se trata de una actividad familiar y posee limitantes referidas a infraestructura, maquinarias y técnicas de elaboración.

## CONCLUSIÓN

El precio de venta no es competitivo y los productores no lograron adaptarse a los cambios de hábitos del consumidor al continuar con variedades comunes de vinificación.

La actividad no está explotada totalmente, debido a que poseen limitantes estructurales, el nivel de venta no es estable, no están integrados a un circuito comercial y no poseen diversificación de producto.

No están inscriptos en organismos oficiales que permitan el control de calidad de sus productos y procesos de ventas.

Utilizan, principalmente, el trabajo familiar y la contratación de asalariados es escasa.

Una ventaja de la actividad, es su capacidad de diferenciación del producto, ya que cada elaborador aplica técnicas particulares en el proceso y utiliza damajuana y/o botella para su venta. Sin embargo, en materia de envase, etiqueta y marca, no se realizan esfuerzos que identifiquen al elaborador. Cada uno de ellos conoce a sus clientes y puede adecuar la calidad y el precio del producto según su perfil.

Bajo las condiciones mencionadas, la elaboración de vino casero no tiene máximo potencial para desarrollo económico de las familias rurales.

Se deberían aplicar políticas gubernamentales que los agrupen e incluyan en programas nacionales o provinciales, y que permitan gestionar subsidios o créditos a tasa cero para la compra de maquinaria (moledoras, despalladoras, prensas, envasadoras, entre otras) y vasijas, mejorar los espacios físicos y alcanzar mejor calidad de producto.

Se deberían aplicar estrategias de comercialización y marketing para ampliar las posibilidades de colocación del producto en circuitos comerciales mayores.

## BIBLIOGRAFÍA

BATTISTELLA, M.; QUARANTA, G. 2010. Demanda de mano de obra en uva de mesa, provincia de San Juan. Estudio sobre la demanda de trabajo en el agro argentino. Ediciones Ciccus. Buenos Aires. 237-256 p.

BENENCIA, R. 1999. Aspectos metodológicos de una investigación sobre población y salud en áreas rurales. El uso de indicadores simples y complejos. En: Estudios rurales: teorías, problemas y estrategias metodológicas. Editorial La Colmena. Buenos Aires, pp. 217-246.

BOCCO, A. 2000. Vulnerabilidad y estrategias entre mujeres pobres rurales. En AA. Pobres, pobreza y exclusión social. Centro de Estudios e Investigaciones Laborales (CEIL-CONICET) Buenos Aires, pp.113-126.

BOCCO, A. 2008. La formación de competencias en el SIAL vitivinícola de vinos de calidad para el desarrollo territorial de los oasis de Mendoza, Argentina. VI Congreso Internacional de la red SIAL. Mar del Plata, Argentina, 15 p.

BOUCHER, F. 2006. Agroindustria rural y sistemas agroalimentarios locales. Nuevos enfoques de desarrollo territorial. En: <http://syal.agropolis.fr/ALTER06/pdf/actes/boucher.pdf>, verificado el 05/May/2011.

BRÉS, E. 2010. El Sial de vinos caseros en Lavalle "Mendoza": un aporte al desarrollo local. Tesis de maestría en desarrollo local. En: <http://www.cedet.edu.ar/Archivos/tesis/Resumen%20Tesis%20Bres.pdf>, verificado el 12/Abr/2011.

CLOQUELL, S.; ALBANESI, R.; PROPERSI, P.; PREDI, G.; DE INCOLA, M. 2007. Familias rurales. El fin de una historia en el inicio de una nueva agricultura. En: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1515-59942007000200015&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1515-59942007000200015&script=sci_arttext), verificado el 11/Jun/2011.

CORREA GÓMEZ, C.; BOUCHER, F.; REQUIER-DESJARDINS, D. 2006. Activación de los sistemas agroalimentarios localizados en América Latina. En: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-03542006000100002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-03542006000100002&script=sci_arttext), verificado el 25/Abril/2011.

DE GRAMMONT, H. 1999. Empresas, reestructuración productiva y empleo en la agricultura mexicana. H.C. De Grammont (Coord). Mexico: Plaza y Valdez Editores, pp. 9-21.

DIARIO DE CUYO. 2010. Base de datos electrónica. En: [http://www.diariodecuyo.com.ar/home/new\\_noticia.php?noticia\\_id=421302](http://www.diariodecuyo.com.ar/home/new_noticia.php?noticia_id=421302), verificado el 23/Abr/2011.

FORNI, F.; BENENCIA, R.; NEIMAN, G. 1991. Empleo, estrategias de vida y reproducción: hogares rurales en Santiago del Estero. Buenos Aires, CEAL/CEIL, pp. 178.

GUTIÉRREZ, A. 2006. Las prácticas sociales, una introducción a Pierre Bourdieu. Ferreyra Editor. Cuarta edición. Córdoba. 128 p.

INV. 2002. Resolución N.º C.27/2002 del INV, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Ministerio de la Producción, Argentina, 14 p.

INV. 2010. Base de datos electrónica. En: <http://www.inv.gov.ar>, verificado el 20/May/2011.

MORA, J.; SUMPSI, J. 2004. Desarrollo rural: nuevos enfoques y perspectivas. FEDEPAL. Sección III. Familia, territorio y desarrollo rural, pp. 19-28. En: <http://www.fodepal.es/bibvirtual/PAP/papelesnew%20pdf/Sumpsinew.pdf>, verificado el 23/May/2011.

MUCHNIK, J. 2006. "Identidad territorial de los alimentos: alimentar el cuerpo humano y el cuerpo social". En: *Agroindustria rural y territorio. Los desafíos de los sistemas agroalimentarios localizados*, Tomo 1, pp. 79-101.

NOVELLO, R.; MIRANDA, O. 2009. Falta de diversificación de la producción. Comportamiento de los principales mercados compradores de uva de mesa y la posición competitiva de la Argentina. II Simposio Internacional de uva de mesa y pasa. San Juan, pp. 13-28.

VEGA MAYOR, S. 2011. Elaboradores de vinos caseros de Caucete, 25 de mayo y 9 de julio, proyecto PROFEDER 77/5124. Biblioteca EEA San Juan. INTA, 10 p.

SALAS CASASOLA, I.; BOUCHER, F.; REQUIER-DESJARDINS, D. (2006). "Agroindustria rural y liberación comercial agrícola: el rol de los Sistemas Agroalimentarios Localizados". *Balances y perspectiva del campo mexicano*. En: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-03542006000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-03542006000100003&script=sci_arttext), verificado el 21/Jun/2011.

SIERRA BRAVO, R. 2005. *Técnicas de investigación social*. Editorial Thomson 14ª edición. Madrid España. 714 p.

# Ensayo exploratorio: obtención de leche caprina funcional a partir de la suplementación con *Salvia hispanica* (Chía)

MARTÍNEZ, G.M.<sup>1</sup>

## RESUMEN

La leche de cabra es considerada un alimento con características beneficiosas para la salud humana, ya que su composición en ácidos grasos (AG) es uno de los parámetros que mayor influencia tiene sobre su valor funcional. Mediante la inclusión de alimentos ricos en ácido linoleico y/o linolénico en la dieta animal es posible obtener una leche más saludable aún, ya que el perfil de AG se ve modificado a través de la reducción de la fracción hipercolesterolémica y el aumento de isómeros del ácido linoleico conjugado (CLA) y su precursor el ácido vaccénico (AV, 11-trans C18:1). Ambos, tienen propiedades favorables sobre la salud humana. El objetivo central del trabajo fue conocer los cambios inducidos en el perfil de AG y en el índice de aterogenicidad (IA) de la leche ante la suplementación de cabras lecheras en pastoreo con semillas descarte de chíá (*Salvia hispanica*), subproducto de muy bajo costo. Se trabajó con dos grupos de nueve cabras en lactancia media (100 ±15 días), ambos lotes se encontraban en pastoreo de un verdeo invernal. En el ordeño, a cada animal del Grupo Chíá se le ofreció 700 g de semillas de chíá (52% de pureza), mientras que a los del Grupo Control 400 g de maíz. La producción de leche fue medida durante cinco días por semana durante los 35 días de ensayo, mientras que la calidad de la leche y el perfil de ácidos grasos fueron determinados en muestras de leche recogidas semanalmente. Los datos de producción y calidad de leche fueron evaluados estadísticamente mediante el test t de Student para muestras independientes, mientras que el perfil de AG se analizó a través de la prueba de Wilcoxon para muestras independientes. No se registraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos respecto a la producción promedio de leche Chíá: 1685 ±107,60 cm<sup>3</sup>/cabra/día vs Control: 1660 ±53,25 cm<sup>3</sup>/cabra/día. En cuanto a la composición química de la leche, sólo se detectaron diferencias significativas en su contenido graso que fue mayor en el grupo 1 (Chía: 4,09 ±0,15 % [a], Control 3,69 ±0,20% [b]). Respecto al perfil de AG, se destaca la disminución en la concentración de los AG hipercolesterolémicos C12:0, C14:0 y C16:0 con la inclusión de chíá en la dieta (26%, 26% y 22%, respectivamente). El IA se redujo a 1,58, lo que representa un 37% menos. El incremento logrado por la suplementación con chíá sobre la concentración del AV resultó de un 133%, mientras que para el isómero CLA 9cis, 11trans fue de un 97%. En función de los resultados obtenidos en el presente ensayo se puede concluir que la suplementación con semillas de chíá descarte en la dieta de cabras lecheras permitió aumentar el contenido graso de la leche, a muy bajo costo, sin presentar alteraciones en la producción ni en los otros componentes y, fundamentalmente, contribuyó a modular la composición en ácidos grasos de la leche en un sentido potencialmente favorable a la salud humana.

**Palabras clave:** ácido linolénico, ácido linoleico conjugado, índice de aterogenicidad, cabras lecheras.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria EEA Salta – Docente de la Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias / Universidad Católica de Salta. Correo electrónico: marcelamartinez@correo.inta.gov.ar

## ABSTRACT

Goat's milk is considered a highly beneficial food for human health. In fact, its fatty acid (FA) composition is one of the most influential values it has. Feeding animals with supplements rich in linoleic acid permit to obtain a healthier milk by changes in the fatty acid profile. The FA profile tend to be modified through the reduction of the hypercholesterolemic fraction and the increase of isomers of the conjugated linoleic acid (CLA) and its precursor the vaccenic acid (VA 11-trans C18:1); both with favorable properties for human health. The objective of this experiment was to determine the changes induced in the FA profile and the atherogenic index (AI) of milk, after feeding grazing dairy goats with discard chia (*Salvia hispanica*) seed, a very low cost product. Nineteen dairy goats in mid lactation ( $100 \pm 15$  days) were grouped into two treatments. Both groups were grazing a winter pasture. During the milking were offered 700g of chia seed (52% purity) per each animal of Chia Group, and 400 g of corn per animal of Control Group. Milk production was recorded 5 days a week during the 35 days of trial. Milk quality and fatty acid profile were determined in weekly samples. Production data and quality parameters were analyzed using t- Student test for independent samples, while the FA profile was analyzed using Wilcoxon test for independent samples. No statistical significant differences were detected for milk production between treatments (Chia Group:  $1685 \pm 107.60$  cc/goat/day vs Control Group:  $1660 \pm 53.25$  cc/goat/day. As regards the chemical composition, fat content was the only component that differs statistically, being highest in the Chia Group. (Chia:  $4.09 \pm 0.15\%$  [a], Control  $3.69 \pm 0.20\%$  [b]). The concentration of the hypercholesterolemic fatty acids C12:0, C14:0 and C16:0 was reduced after feeding chia (26%, 26%, and 22% respectively). The AI was reduced in this treatment to 1.58, what represents a 37% less. The increase achieved by including the oilseed over the AV concentration resulted in a 133%, while the increase in the CLA cis 9; 11 trans was 97%. According to the results obtained in this study, it could be concluded that feeding dairy goat with discard chia seeds allowed the increase of the fat content without altering production or others milk components. According to the results obtained in this study, it could be concluded that feeding dairy goats with chia seeds discarded allowed the increase of the fat content without altering production and concentration of others milk components. At the same time, contributed to modulate fatty acid profile; making this milk potentially beneficent to human health.

**Keywords:** linolenic acid, conjugated linoeic acid, atherogenicity index, dairy goats.

## INTRODUCCIÓN

Un alimento puede ser considerado funcional cuando se demuestra que contribuye beneficiosamente con una o más funciones corporales, más allá de los efectos nutricionales, de forma que se mejora el estado de salud o se reduce el riesgo de padecer alguna enfermedad (Diplock *et al.*, 1999). La leche de cabra es considerada un alimento funcional *per se*, ya que presenta múltiples características nutricionales que cumplen con la premisa de proveer beneficios a la salud humana. Un ejemplo, es su bajo contenido de caseína alfa 1 que es una proteína asociada a alergias en humanos. A su vez, comparada con la leche de vaca, la de cabra contiene una mayor proporción de ácidos grasos (AG) de cadena media, y de AG poli y mono insaturados (Jenness, 1980; Chilliard *et al.*, 2000). Estas características conllevan a considerar a la leche caprina como un alimento saludable desde el punto de vista cardíaco (Sanz *et al.*, 2003). No obstante, al igual que la leche de cualquier rumiante, ésta contiene una alta proporción de ácidos grasos saturados (AGS). Debido a que los AG fueron vinculados con la elevación del colesterol plasmático "malo", se insiste en la recomendación de consumir, preferentemente, pro-

ductos lácteos descremados o bien con reducido contenido en este tipo de AG.

La funcionalidad de un alimento puede no sólo estar dada por su composición natural, sino también puede considerarse dentro de esta categoría a un alimento en el cual uno o más componentes se han modificado en pos de un beneficio en la salud humana. En la producción primaria de leche, la alimentación animal es un medio natural y económico que permite modular en forma rápida y significativa la composición de los AG de la leche. Este cambio es factible a partir, principalmente, del aporte de suplementos lipídicos en la ración (Grummer, 1991; Palmquist *et al.*, 1993; Chilliard *et al.*, 2000).

La suplementación animal con granos oleaginosos o aceites vegetales ricos en ácido linoleico (C18:2) y/o linolénico (C18:3) demostró ser efectiva en cuanto a la modificación del perfil de ácidos grasos de la leche. Esto se logró con la reducción de AGS de alto riesgo para la salud humana como lo son: el láurico (C12:0), el mirístico (14:0), y el palmítico (16:0), fundamentalmente, y mediante un incremento en concentración de AG con efectos benéficos para la salud

humana, como el ácido linoleico conjugado (CLA, mezcla de isómeros del C18:2) y el ácido vaccénico (AV, C18:1 *trans*-11) (Griinari y Bauman, 1999; Parodi, 1999; Chilliard *et al.*, 2000; Gagliostro, 2004; Martínez *et al.*, 2009).

Si bien las vías de alimentación que permiten modificar la composición en AG en leche son herramientas conocidas, el desafío radica en obtener leches enriquecidas mediante la suplementación estratégica con alimentos de bajo costo disponibles en el mercado, tal cual lo es el descarte de chíá (*Salvia hispanica*) en el noroeste argentino.

Las semillas de chíá representan la fuente vegetal con mayor concentración de ácido linoléico, alrededor del 60% de los ácidos grasos totales. A su vez, presenta ventajas adicionales en cuanto a su composición lipídica debido a su bajo contenido en ácidos grasos saturados en comparación con otros aceites vegetales (Ayerza, 1995; Ayerza y Coates, 2004). La utilización de esta oleaginosa como insumo para la obtención de productos funcionales derivados de la producción animal fue extensamente estudiada en el sector avícola (Ayerza y Coates, 1999 y 2000; Baucells *et al.*, 2000). Sin embargo, se sabe poco en cuanto a la respuesta en animales productores de leche y la escasa investigación disponible se circunscribe al estudio del comportamiento productivo de vacas lecheras (Ayerza y Coates, 2006).

En base a lo anteriormente expuesto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar los cambios inducidos en la producción, la composición química, y el perfil de AG de la leche ante la suplementación del pastoreo con semillas de chíá descarte en cabras lecheras.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en las instalaciones del tambo caprino y experimental de la Asociación Cooperadora de la Estación Experimental Salta del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, situado en la localidad de Cerrillos, provincia de Salta. El periodo de acostumbamiento fue de 10 días y la duración del ensayo de 35 y se extendió desde septiembre a fines de octubre de 2012.

### Tratamientos

Se trabajó con dos grupos de nueve cabras multíparas raza Saanen en lactancia media (100 ±15 días) asignadas al azar. Ambos lotes se encontraban en pastoreo *ad libitum* de un verdeo invernal (*Avena sativa* + *Vicia* sp.). En el ordeño diario, se le ofreció 700 g de semillas de chíá (52% de pureza) a cada animal del grupo 1 (Chía), mientras que a los del grupo 2 (Control) 400 g de maíz. La estrategia de asignar el suplemento en la sala de ordeño se debió a la factibilidad de evaluar el consumo individual, que se estimó mediante la diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado.

El suplemento asignado al grupo Chía, permitió el aporte real de 360 g de semilla de chíá/cabra/día, lo que representó, en promedio, el aporte de 80,2 g de ácido linoléico y 22,5 g de ácido linoleico (Coates y Ayerza, 1996). La con-

tribución conjunta de ambos ácidos grasos (102,7 g) fue equivalente al 4% del consumo total estimado de materia seca (Gagliostro *et al.*, 2006; Chilliard *et al.*, 2007).

### Mediciones

Durante el ordeño diario de los animales se registró la producción individual de lunes a viernes durante los 35 días de ensayo. Para las mediciones se utilizaron lactómetros WAIKATO.

Se realizó una mezcla de leche por cada tratamiento y por semana del periodo experimental. De cada mezcla, una alícuota de 20 ml de leche fue refrigerada a 4 °C y conducida al Laboratorio de Agroalimentos de INTA de Salta para la determinación de la concentración de grasa, proteína y lactosa a través del autoanizador LACTOSTAR.

El análisis de composición en ácidos grasos de la leche fue realizado por cromatografía gas-líquido. De cada una de las muestras que se utilizaron para la determinación de la composición química se congelaron alícuotas en forma inmediata (-20 °C). Las muestras congeladas fueron utilizadas para la determinación del perfil de AG de la leche en el INTA Rafaela (Laboratorio de Calidad de Leche y Agroindustria). Los resultados de la composición en AG de la grasa butirosa se expresaron en gramos de cada ácido graso/100 g del total de AG (porcentaje en peso).

Los análisis de concentración de los AG presentes en la leche se realizaron por duplicado y se procedió según el siguiente protocolo:

- **Extracción de grasa:** la grasa láctea fue extraída mediante una solución calentada de tritón (12 ml de Triton X-100, 50 ml de alcohol isopropílico, 2,5 g de urea, 25 g de hexametáfosfato de sodio y agua destilada). La extracción fue practicada en un horno con una temperatura de 90 °C. La capa superior obtenida fue removida de la capa acuosa y transferida a un vial. Los lípidos totales de los componentes de la ración fueron extraídos en un cartucho colocado en un extractor Twisselman con el agregado de 50 cm<sup>3</sup> de hexano cada 5 g de muestra. La extracción fue realizada con agitación durante dos horas y el solvente fue eliminado por destilación.
- **Esterificación y metilación de los ácidos grasos:** Los ésteres metílicos de los AG provenientes de la leche o de los alimentos fueron obtenidos agregando 0,3 ml de una solución, al 10% de metilato de sodio cada 45 mg de lípidos. La mezcla fue homogeneizada por agitación a 67 °C en un baño María durante un minuto y, luego, se dejó el vial por tres minutos más a la misma temperatura. Luego, se agregó una mezcla de cloruro de calcio y silica gel con un agitador tipo vórtex para mezclar. Posteriormente, se incorporó 1,5 ml de disulfuro de carbono y se centrifugó la muestra durante 10 minutos a 1.800 rpm. El sobrenadante fue transferido a un vial de vidrio e inyectado en un cromatógrafo gaseoso. El análisis cromatográfico fue llevado a cabo con una columna capilar (Varian wcot fused silica 100 m x 0.25 mm id 0.25 µm) en un equipo Agilent

6890 Series Plus. Cada muestra fue inyectada (1 µl) con inyector automático. La temperatura inicial del horno fue programada a 70 °C durante un minuto y, luego, se incrementó a razón de 5 °C/min hasta 100 °C, 10 °C/min hasta 160 °C y 5 °C/min hasta una temperatura final de 215 °C mantenida durante 15 minutos adicionales. El transportador utilizado fue N<sub>2</sub>. La temperatura del inyector fue de 250 °C y la temperatura del detector FID fue mantenida a 255 °C. Los isómeros del CLA (cis9,trans11-18:2; trans10,cis12-18:2; trans9,trans11-18:2; cis9,cis11-18:2) fueron identificados mediante estándares individuales de cada uno (Matreya, Inc. Cat# 1255; 1254; 1257; 1256). Los estándares del trans-18:1, 20:4, 20:5 y 22:6 fueron comprados a Sigma (cat# V1381; A9298; E2012; D2659).

### Análisis estadístico

Los datos de producción y calidad de leche fueron evaluados mediante el test t de Student para muestras independientes, mientras que el perfil de AG se analizó a través de la prueba de Wilcoxon para muestras independientes mediante el programa estadístico SAS versión 9.1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Consumo de suplementos, producción y composición de la leche

Una vez concluido el periodo de adaptación, en ninguno de los tratamientos se registraron rechazos significativos de los suplementos ofrecidos en la sala de ordeño. Por lo que el consumo resultó tal cual lo esperado. Cabe destacar que mediante la observación del comportamiento de las cabras al ofrecerles las semillas de chía, se puede presumir una muy buena palatabilidad de la oleaginoso.

La producción promedio a lo largo de los 35 días de ensayo fue similar en ambos tratamientos, 1.660 cm<sup>3</sup>/cabra/día en el grupo Control y 1.685 cm<sup>3</sup>/cabra/día en el grupo chía (tabla 1). Varios autores reportaron que la suplementación de cabras con lípidos ricos en AG insaturados, generalmente, no produce alteraciones en la producción de leche (Chilliard y Ferlay, 2004; Nudda *et al.*, 2006; Boattour *et al.*, 2008); tal cual los resultados obtenidos en el presente ensayo.

El porcentaje graso de la leche fue el único componente que presentó diferencias estadísticamente significativas (tabla 1). Al comparar el contenido graso de la leche correspondiente a ambos tratamientos, el valor obtenido para Chía fue alrededor de un 10% más, porcentaje similar al reportado por Mir *et al.* (1999), quienes incluyeron aceite de canola en la ración de cabras lecheras. Este incremento logrado era esperable y deseable, ya que al suministrar fuentes ricas en C18:2 y/o C18:3, generalmente, el metabolismo de la cabra responde aumentando la fracción grasa de la leche (Chilliard *et al.*, 2002). Bernard *et al.* (2005), incluyeron suplementos lipídicos en la ración de cabras de raza Alpina y determinaron que el incremento en la concentración grasa de la leche se debe a la mayor disponibilidad de ácidos grasos a nivel de la glándula mamaria.

El contenido de proteína fue similar en ambos tratamientos, resultado que coincide con lo reportado por Mir *et al.* (1999), Chilliard *et al.* (2003), Chilliard y Ferlay (2004) y Bouattour *et al.* (2008), quienes informaron que la suplementación con lípidos a cabras lecheras no tiene efecto sobre la concentración de proteína en la leche. Al analizar el contenido de lactosa, no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Este era un resultado esperado, ya que la inclusión de lípidos, en general, no tiene influencia sobre el contenido de lactosa en la leche de cabra (Chilliard *et al.*, 2003; Chilliard y Ferlay, 2004).

Parámetro	Tratamiento	
	Control	Chía
Producción cm <sup>3</sup> /cabra/día	1660 a	1685 a
	(± 53,2)	(± 107,60)
Grasa, g/100 g	3,69 a	4,09 b
	(± 0,20)	(± 0,15)
Proteína, g/100 g	2,91	2,9 b
	(± 0,05)	(± 0,08)
Lactosa, g/100 g	4,76	4,77
	(± 0,06)	(± 0,12)

**Tabla 1.** Producción y composición promedio de leche a lo largo de 35 días de suplementación.

### Perfil en ácidos grasos de la leche

En la tabla 2 se presentan los resultados promedios del análisis cromatográfico del perfil de ácidos grasos de la leche de ambos tratamientos.

Los AG presentes en la leche tienen dos orígenes posibles: a) endógeno, por síntesis *de novo* (AG de menos de 16 átomos de carbono) y b) exógeno, a partir de los AG libres plasmáticos (Chilliard *et al.*, 2000). Esta última vía explica las modificaciones en el perfil de AG de la leche cuando los animales reciben suplementos lipídicos. La magnitud de los cambios logrados varía, fundamentalmente, en función de la naturaleza del suplemento, forma de entrega (semilla o aceite), si se encuentra o no protegido de la fermentación ruminal, y del tipo de dieta ofrecida a los animales (Chilliard *et al.*, 2003).

En el presente ensayo la concentración promedio de C4:0 a C8:0 no manifestó diferencias entre las cabras del grupo control y las suplementadas, resultados similares fueron reportados por Gagliostro *et al.* (2006); Nudda *et al.* (2006) y Bouattour *et al.* (2008). En general, la suplementación con fuentes lipídicas no protegidas, como la utilizada en el presente ensayo, no modifica la concentración de los ácidos grasos de cadena corta. Esto debido a que este tipo

Ácido graso	Tratamiento				Nivel de significancia
	Chia		Control		
(g/100 g de AG totales)	Media	D.E	Media	D.E	
C4:0	3,30	0,39	2,66	0,56	NS(2)
C6:0	3,01	0,38	2,82	0,24	NS
C8:0	3,05	0,43	3,09	0,08	NS
C10:0	8,41	1,01	9,81	0,50	*(3)
C10:1	0,17	0,03	0,22	0,01	** (4)
C12:0	2,96	0,28	3,98	0,31	**
C13:0	0,11	0,01	0,10	0,01	NS
C14:0	6,88	0,44	9,32	0,38	**
C14:0 iso	0,18	0,02	0,22	0,02	*
C14:1 cis9	0,07	0,01	0,10	0,01	**
C 14 aiso	0,44	0,03	0,46	0,04	NS
C15:0	0,99	0,05	0,91	0,09	NS
C15:0 iso	0,26	0,02	0,28	0,01	NS
C16:0	19,28	0,44	24,64	0,98	**
C16:1 cis 9	0,47	0,04	0,64	0,22	*
C17:0	0,62	0,03	0,55	0,27	NS
C18:0	13,56	0,95	9,94	0,28	**
C18:1 11trans	2,65	0,45	1,14	0,21	**
C18:1 9cis	21,56	1,57	19,51	0,91	*
C 18:1 TFA	1,48	0,21	0,75	0,17	**
C 18:2 TFA	1,11	0,23	0,69	0,10	**
C18:2 n6, ci9, cis12	2,07	0,21	1,70	0,14	*
C18:3 n3	0,81	0,12	0,56	0,02	**
C20:0	0,18	0,01	0,20	0,06	NS
CLA 9cis; 11trans	0,97	0,12	0,49	0,06	**
C 22:0 + C20:4 n6 + C20:3 n3	0,20	0,04	0,24	0,01	*
EPA (C20:5 n3)	0,06	0,01	0,07	0,01	NS
DHA (C22:5 n3)	0,14	0,02	0,14	0,01	NS
IA(1)	1,58	0,15	2,52	0,17	**

**Tabla 2.** Perfil en ácidos grasos: valores promedios y significancia estadística a lo largo de 35 días de suplementación.

(1) IA : índice de aterogenicidad  $[(C_{12} + 4C_{14} + C_{16}) / \text{AG insaturados}]$ .

(2)  $P > 0,05$

(3)  $P < 0,05$

(4)  $P < 0,01$



de suplemento no interfiere con el mecanismo de síntesis de ácidos grasos de menos de ocho átomos de carbono (Chilliard *et al.*, 2000).

A través de la suplementación con semillas de chía se logró una reducción significativa en el contenido de los ácidos C12:0, C14:0 y C16:0 (26%, 26% y 22%, respectivamente). Esto representa un aumento de las propiedades nutraceuticas propias de la leche de cabra, ya que los AG se encuentran vinculados al aumento del colesterol "malo" en el ser humano (Ulbricht y Southgate, 1991). Esta disminución de la fracción hipercolesterolemica de la leche era esperable, ya que la concentración de AG de cadena media disminuye ante la suplementación con AG de cadena larga (16 o más átomos de carbono), debido al efecto que ejercen sobre la vía del malonil CoA en la síntesis de ácidos grasos a nivel de la glándula mamaria (Chilliard *et al.*, 2000; Chilliard *et al.*, 2003).

La concentración de ácido esteárico (C18:0) aumentó significativamente (+ 26,7%) ante la inclusión de semillas de chía. Cabe mencionar que el incremento de este AGS no representa un riesgo para la salud humana, de hecho se le atribuye un efecto neutro y/o positivo potencial sobre las enfermedades cardiovasculares (Ulbricht y Southgate, 1991). Varios autores sugieren que el aumento de C18:0 se debe a una mayor biohidrogenación ruminal del AV, por lo que la biodisponibilidad del precursor para la síntesis del CLA a nivel de la glándula mamaria se ve disminuido (Chilliard *et al.*, 2003; Chilliard y Ferlay, 2004). Posiblemente, esto explique parcialmente lo sucedido en el presente experimento, ya que si bien el incremento logrado por la suplementación con chía sobre la concentración del AV fue de 133% y de 97% para el isómero CLA 9cis, 11trans, los valores alcanzados pueden ser considerados como moderados (Gagliostro *et al.*, 2006; Mele *et al.*, 2008.; Bouattour *et al.*, 2008). Esta mayor biohidrogenación puede deberse a la vía por la cual se entregó el C18:2 y el C18:3. Al utilizar granos como fuente de este tipo de ácidos grasos la liberación al rumen se produce de manera gradual, contrario a lo que ocurre al entregar aceites, por lo que el nivel de biohidrogenación de los AGPI es mayor y trae aparejado una menor cantidad de AV y CLA en la leche (Chilliard *et al.*, 2003).

La disminución de los AGS C12:0, C14:0 y C16:0 en combinación con el aumento en la concentración de AG insaturados explica la reducción de alrededor del 37% en el índice de aterogenicidad al incluir chía a la ración. Por su parte, Gagliostro *et al.* (2006), al incluir aceite de girasol en la dieta de cabras lecheras consiguieron una disminución de casi un 50%, valor que se explica por los niveles a los que arribaron tanto de AV como de CLA cis-9 trans-11. Un IA bajo es de vital importancia ya que éste se encuentra ligado al potencial de obstrucción de las arterias.

## CONCLUSIÓN

En función de los resultados obtenidos en el presente ensayo se puede concluir que la suplementación con semillas

de chía descarte en la dieta de cabras lecheras permitió aumentar el contenido graso de la leche, a muy bajo costo, sin presentar alteraciones en la producción, ni en el contenido de proteína y lactosa. El objetivo de modular la composición en ácidos grasos de la leche favorable a la salud humana fue logrado a través del incremento significativo en la concentración de AV y CLA en combinación con la reducción de la fracción hipercolesterolemica de la leche. Dado el carácter exploratorio del presente ensayo, se sugiere continuar con experimentos que permitan estudiar el potencial de *Salvia hispanica* en la ración de cabras lecheras.

## AGRADECIMIENTOS

A José y Emilio Alfaro por las tareas a campo; a Silvia Orozco y Virginia Sánchez por las determinaciones en laboratorio.

## BIBLIOGRAFÍA

- AYERZA, R. 1995. Oil content and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica* L.) from five northwestern locations in Argentina. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 72, 1079–1081.
- AYERZA, R.; COATES, W. 1999. An omega 3 fatty acid enriched Chia diet: its influence on egg fatty acid composition, cholesterol and oil content. *Can. J. Anim. Sci.* 79:53-58.
- AYERZA, R.; COATES, W. 2000. Dietary levels of Chia: influence on yolk cholesterol, lipid content and fatty acid composition, for two strains of hens. *Poult. Sci.* 79:724-739.
- AYERZA, R.; COATES, W. 2004. Composition of chia (*Salvia hispanica*) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America. *Tropical Science.* 44:131-135.
- AYERZA, R.; COATES, W. 2006. Influence of chia on total fat, cholesterol, and fatty acid profile of Holstein cow's milk. *Rev. Científica UCES.* 10:39-48.
- BAUCELLS, M.D.; CRESPO, N.; BARROETA, A.C.; LOPEZ-FERRER, S.; GRASHORN, M.A. 2000. Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poult. Sci.* 79:51–59.
- BERNARD, L.; ROUEL, J.; LEROUX, C.; FERLAY, A.; FAULCONNIER, P.; LEGRAND, P.; CHILLIARD, Y. 2005. Mammary lipid metabolism and milk fatty acid secretion in alpine goats fed vegetable lipids. *J. Dairy Sci.* 88:1478–1489
- BOUATTOUR, M.A.; CASALS, R.; ALBANELL, E.; SUCH, X.; CAJA, G. 2008. Feeding soybean oil to dairy goats increases conjugated linoleic acid in milk. *J. Dairy Sci.* 91:2399–2407.
- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; MANSBRIDGE, R.M.; DOREAU, M. 2000. Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Ann Zootech.* 49:181–205.
- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; LOOR, J.; MARTIN, B. 2002. Trans and conjugated fatty acids in milk from cows and goats consuming pasture or receiving vegetable oils or seed. *Ital. J. Anim. Sci.* 1:243-254.
- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; ROUEL, J.; LAMBERET, G.A. 2003. Review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.* 86:1751–1770.
- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A. 2004. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties, *Reprod. Nutr. Dev.* 44:467–492.

- CHILLIARD, Y.; GASSER, G.; ENJALBERT, F.; FERLAY, A.; BOCQUIER, F.; SCHIMIDELY, P.H. 2007. Conferencia: Resultados recientes sobre los efectos de la alimentación en la composición en ácidos grasos de la leche de vaca, cabra y oveja. *Rev. Arg. de Prod. Anim.* 27(3):197-213.
- COATES, W.E.; AYERZA, R. (H). 1996. Production Potential of Chia in Northwestern Argentina, *Ind. Crops Prod.* 5:229-233.
- DIPLOCK, A.; AGGETT, P.; ASHWELL, M. 1999. Scientific Concepts of Functional Foods in Europe: Consensus Document. *British Journal of Nutrition* 81(4):S1-S27.
- GAGLIOSTRO, G.A. 2004. Control nutricional del contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en leche y su presencia en alimentos naturales funcionales Parte 3. Producción de leche alto CLA a través de la suplementación estratégica de la cabra. *Rev. Arg. Prod. Anim* 24 (3-4):165-185.
- GAGLIOSTRO, G.A.; RODRIGUEZ, A.; PELLEGRINI, P.A.; GATTI, P.; MUSET, G.; CASTAÑEDA, R.A.; COLOMBO, D.; CHILLIARD, Y. 2006. Efectos del suministro de aceite de pescado solo o en combinación con aceite de girasol sobre las concentraciones de ácido linoleico conjugado (CLA) y omega 3 (n-3) en leche de cabra. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 26:71-89.
- GRIINARI, J.M.; BAUMAN, D.E. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: M.P. Yurawecz, M. M. Mossoba, J.K.G. Kramer, M.W. Pariza and G.J. Nelson ed. *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research.* AOCS, Champaign. pp 180-200.
- GRUMMER, R.R. 1991. Effect of feed on the composition of milk fat. *J. Dairy Sci.* 74:3244-3257.
- JENNESS, R. 1980. Symposium: Composition and Characteristics of Goat Milk: Review 1968-1979. *J. Dairy Sci.* 63:1605-1630.
- MARTÍNEZ, M.; GAGLIOSTRO, G.A.; GARCIARENA, D.A.; CEJAS, V.I.; RODRÍGUEZ, M.A.; CASTAÑEDA, R.A.; BALÁN, M. 2009. Suplementación de vacas lecheras en pastoreo con aceite de soja o borra de soja con o sin el agregado de aceite de pescado. 3. Efectos sobre el perfil de ácidos grasos de la leche en comparación a valores basales. *Revista Argentina de Producción Animal Vol. 29 Supl. 1:*214- 215.
- MELE, M.; SERRA, A.; BUCCIONI, A.; CONTE, G.; POLLICARDO, A.; SECCHIARI, P. 2008. Effect of soybean oil supplementation on milk fatty acid composition from Saanen goats fed diets with different forage: concentrate ratios. *Ital. J. Anim. Sci.* 7:297-311.
- MIR, Z.; GOONEWARDENE, L.A.; OKINE, E.; JAEGAR, S.; SCHEER, H.D. 1999. Effect of feeding canola oil on constituents, conjugated linoleic acid (CLA) and long chain fatty acids in goat milk. *Small Rumin. Res.* 33:137-143.
- NUDDA, A.; BATTACONE, G.; USAI, M.G.; FANCELLI, S.; PULINA, G. 2006. Supplementation with extruded linseed cake affects concentrations of conjugated linoleic acid and vaccenic acid in goat milk. *J. Dairy Sci.* 89:277-282.
- PALMQUIST, D.L.; BEAULIEU, A.D.; BARBANO, D.M. 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.* 76:1753-1771.
- PARODI, P.W. 1999. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. *J. Dairy Sci.* 82:1339-1349.
- SANZ, S.M.; FERNANDEZ, J.R.; DE LA TORRE, G.; RAMOS, E.; CARMONA, F.D.; BOZA, J. 2003. Calidad de la leche de los pequeños rumiantes. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias* 16:1-33.
- ULBRIGHT, T.L.V.; SOUTHGATE, D.A.T. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet* 338:985-992.

# Comparación entre técnicas de inoculación de *Fusarium verticillioides* en espigas de maíz

POULSEN HORNUM, M.<sup>1</sup>; RIDAO, A. DEL C.<sup>2</sup>; CASTAÑO, F.<sup>3</sup>

## RESUMEN

Se compararon Técnicas de Inoculación (TI) de *Fusarium verticillioides* en espigas de maíz a través del comportamiento de 15 cultivares frente a la Incidencia (I%) y Severidad (S%) de la podredumbre. Se realizó un ensayo en la localidad de Camet (Gral. Pueyrredón, Buenos Aires), en 2006/07, en el que las plantas recibieron las siguientes TI: 1) aspersión de una Suspensión de Inóculo (SI) sobre los Estigmas (ASE), 2) inyección de una SI en el Canal de los estigmas (ICE), 3) inserción de un palillo colonizado con micelio (IE) y 4) control, sin inoculación (C). Para la I%, se detectó interacción híbrido x TI. El método IE produjo mayor I% en todos los híbridos. En cambio, no hubo interacción híbrido x TI para S%, ni diferencia entre híbridos. Hubo correlación significativa según la I% según la infección natural ocurrida en Camet durante 2006/07 y la obtenida por ASE, ICE y C. Aunque ASE simuló mejor a una infección natural, los resultados de I% mostraron que ICE permitiría una mejor evaluación de la podredumbre.

**Palabras clave:** *Zea mays*, Pudrición de espigas, Híbridos, Inoculación

## ABSTRACT

*Inoculation techniques (TI) of Fusarium verticillioides on corn ears were compared through the incidence (I%) and severity (S%) showed by 15 cultivars. Experimentation was carried out in Camet (Gral. Pueyrredón, Buenos Aires), during 2006/07. The TI were: 1) aspersion of an aqueous inoculum (SI) onto the silk (ASE); 2) injection of SI into the silk channel (ICE), 3) insertion in the mid-ear of a toothpick colonized with mycelium (IE), 4) control without inoculation (C). No interaction hybrid x TI and variability among hybrids were found for S%. Inoculations caused more severe symptoms than C. For I% the interaction hybrid x TI was significant, suggesting that I% produced by TI depended on the hybrids. IE method produced the highest I% overall hybrids. A correlation was found in the hybrids' order according to I%, when the data for the natural infection 2006/07 and ASE, ICE and C were compared. Although ASE showed the best simulation of a natural infection, ICE would permit the best evaluation of differences in F.verticillioides attack on ears.*

**Keywords:** *Zea mays*, Ear corn rot, Hybrids, Inoculation.

<sup>1</sup>Tesista Grado Ing. Agr.

<sup>2,3</sup>Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP), Unidad Integrada Balcarce, Argentina. Correo electrónico: ridao.azucena@inta.gov.ar

## INTRODUCCION

El maíz, segundo cereal de importancia después del arroz, es utilizado para alimentar ganado y humanos. En la última década, la Argentina ha incrementado su producción de 15.044.529 a 32.119.211 t en 2012/13 (SIIA, 2013). Este volumen ubica al país en los primeros puestos como exportador.

Varias especies de *Fusarium* son los patógenos más comunes del maíz. *F. graminearum* (Schwade) teleomorfo *Gibberella zeae* (Schwein. Petch) y *F. verticillioides* (Sacc.) Nirenberg [synonym *F. moniliforme* (Sheldon)], telemorfo *G. moniliformis* (Wineland) [synonym, *G. fujikuroi* (Swada) Ito in Ito and K. Kimura] son predominantes en la pudrición de la espiga en el mundo. Debido a las condiciones ambientales que le favorecen, *F. verticillioides* es la especie más importante en la región maicera en la Argentina (Saubois *et al.*, 1996).

*F. verticillioides*, además de infectar tejidos vegetativos y reproductivos asintóticamente, marchita plántulas, pudre raíces, tallos y espigas de maíz (Munkvold *et al.*, 1997a). Este patógeno penetra a través de los estigmas, con infección y crecimiento de las hifas hasta los granos (Warren, 1978) o por heridas de insectos (Kommedahl y Windels, 1981), pájaros y granizo. Produce gran cantidad de conidios en rastros infectados, siendo la semilla otra fuente de inóculo (Munkvold *et al.*, 1997b). La enfermedad que causa, también llamada "fusariosis", disminuye el rendimiento y afecta la calidad de los granos por acumulación de micotoxinas. *F. verticillioides* produce, entre otros, fumonisinas (FB) (Gelderblom *et al.*, 1988), que están asociadas a enfermedades en animales y humanos. Por ello, la Unión Europea reglamentó los límites de fumonisinas en granos vinculados a *Fusarium* (Agrinea, 2005).

*F. verticillioides* es cosmopolita, sobrevive en semillas y en desechos vegetales, por lo cual la rotación y el tratamiento químico son técnicas de manejo poco efectivas. El uso de cultivares resistentes es la medida más eficiente. La evaluación y selección de híbridos se realiza con infección artificial, aunque no existe un criterio único respecto a la metodología a utilizar (De León y Pandey, 1989).

Hay métodos de inoculación artificial y sus variantes (Mesterházy *et al.*, 2011) que se diferencian por la vía de entrada. Entre ellos: depósito de micelio en la espiga (Young, 1943), la aspersión de esporas sobre los estigmas (Ullstrup, 1970) y la inyección de esporas en el canal de los estigmas (Drepper y Renfro, 1990).

Los métodos que provocan heridas son los más agresivos porque al perforar las chalas, granos y/o marlo generan una puerta de entrada al patógeno. Aquellos métodos que no producen daños simulan una infección natural la cual contribuye a la resistencia basada en rasgos morfológicos, asumiendo que los insectos están controlados.

La enfermedad se desarrolla sobre los cariopses lastimados y la resistencia depende de la fisiología del grano (Gareth-Jones, 1987). Comparativamente hay pocos datos sobre la relación entre la resistencia de los granos y el canal de los estigmas (Mesterházy *et al.*, 2011) y no se han

encontrado trabajos comparando estas técnicas entre sí y con los controles naturales.

Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar distintas técnicas de inoculación con *F. verticillioides*, a través del comportamiento de cultivares de maíz, a fin de poder detectar la más apropiada para ser utilizada en los planes de mejoramiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la campaña agrícola 2006/07 se realizó un ensayo, en la localidad de Camet (Gral. Pueyrredón) en el que se utilizaron los siguientes híbridos semidentados: 32F07, AD6601EZA, AW160MG, AW190MG, AX882MG, DK615MG, DK670MG, DK682MG, DK690MG, EG806, H2755RR2, LT610MGCL, LT630MG, NK795TDMAX, PAN-6148MG pertenecientes a los Criaderos Don Mario, Monsanto, Nidera, Pannar, Pioneer, Producers y Syngenta.

El diseño empleado fue bloques completos aleatorizados en parcela dividida con tres repeticiones. A los híbridos se les asignó la parcela principal. Hubo cuatro subparcelas, cada una conformada por un surco de 5 x 0,50 m, las que recibieron luego un tratamiento de inoculación.

Un aislamiento de *F. verticillioides*, de patogenicidad probada, conservado y multiplicado en el Criadero Monsanto se utilizó como inóculo. El patógeno se sembró en la superficie de un medio sólido de agar (APD 2%). Luego, se inocularon escarbadiantes esterilizados, en erlenmeyers, con discos de APD colonizados con micelio del patógeno, según Clements *et al.* (2003). Estos erlenmeyers se incubaron durante nueve días hasta la fecha de inoculación.

También se inocularon granos de sorgo esterilizados, con discos de APD con micelio del hongo. Luego de la colonización, los granos fueron oreados, colocados en bolsas de papel y conservados en frío hasta la inoculación. A partir de esos granos se preparó una suspensión acuosa, a una concentración de  $5 \times 10^6$  conidios/mL.

Se utilizaron tres técnicas de inoculación asistida, las que se asignaron a las plantas de tres subparcelas: 1) Asperjado Sobre Estigmas (ASE), según Ullstrup (1970): se depositaron 3 mL de la suspensión de inóculo, con un pulverizador manual, sobre los estigmas que permanecieron siempre descubiertos; 2) Inyección en el Canal de los Estigmas (ICE): se inyectaron 3 mL de inóculo en el canal estigmático, con una jeringa de 10 mL y una aguja de 15 mm de largo, procurando no herir la mazorca y 3) Inserción de Escarbadiantes (IE), según Young (1943): se introdujo un palillo colonizado con el hongo (que permaneció inserto hasta el final), en la mitad de la espiga, traspasándola de lado a lado. Se utilizaron unas 21 plantas/surco/técnica, las que fueron inoculadas a los 10 días de la polinización (Drepper y Renfro, 1990). Las plantas de la restante subparcela no fueron inoculadas y se usaron, consecuentemente, como control.

Todas las espigas, inoculadas y controles, se cosecharon a mano cuando la humedad de los granos en cada parcela principal alcanzó alrededor de 21%. Se midió la severidad

de la enfermedad (S%), según Reid y Hamilton (1996): 1= espiga sin síntomas; 2= 1-3 % de la espiga con síntomas; 3= 4-10%; 4= 11-25%; 5= 26-50%; 6= 51-75%; 7= 76-100%. En las subparcelas, se estimó la incidencia de enfermedad (I%-porcentaje de espigas enfermas respecto del total).

Previo a los análisis, los valores de S% se convirtieron según Campbell y Madden (Presello *et al.*, 2006b), a la media aritmética de los intervalos de proporción de espiga con síntoma: 1= 0%, 2= 2%, 3 =7%, 4= 18%, 5= 38%, 6= 63%, 7= 88%.

Los datos se sometieron a análisis de la variancia (ANOVA) para el diseño de parcelas divididas en el que se incluyeron los factores híbridos y técnicas de inoculación. Ante la aparición de efecto híbridotécnica significativo, se procedió a abrir la interacción y ejecutar un ANOVA para un diseño en bloques a un sólo factor (híbridos o técnicas). Es de destacar que, previo a los ANOVA, se testeó si las muestras utilizadas poseían variancias semejantes mediante el test de Bartlett. Se realizó la prueba de comparaciones múltiples de medias según Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

Se validaron las técnicas de inoculación a través de la correspondencia del comportamiento de los híbridos luego de la infección asistida, respecto del observado por ellos pero bajo infección natural. Así se utilizaron datos de I%, luego de la aparición natural de fusariosis en los híbridos 32F07, AW160MG, AW190MG, AX882MG, DK615MG, DK670MG, DK682MG, DK690MG y NK795TDMAX, que se encontraban en una red de ensayos del Criadero Monsanto, en Camet, durante las campañas 2005/06 y 2006/07 (resultados no publicados). El ordenamiento de dichos cultivos se valoró mediante el coeficiente de correlación de Spearman. En todos los casos, los análisis se realizaron de acuerdo a Steel y Torrie (1988).

## RESULTADOS

### A) Comportamiento según técnica de inoculación empleada

El ANOVA realizado mostró efectos significativos ( $p < 0,001$ ) de híbridos y técnicas de inoculación para la I%

	&Técnicas de Inoculación				Media
	C	ASE	ICE	IE	
<b>Híbridos</b>					
32F07	0 b <sup>(#)</sup>	7 c	22 C	26 c	14
AD 6601EZA	13 ab	31 abc	54 abc	86 a	46
AW 160MG	15 ab	34 abc	57 abc	78 ab	46
AW 190MG	8 ab	44 abc	66 Ab	86 a	51
AX 882MG	0 b	23 abc	55 abc	86 a	41
DK 615MG	15 ab	31 abc	55 abc	72 ab	43
DK 670MG	0 b	21 abc	31 Bc	64 ab	29
DK 682MG	0 b	43 abc	57 abc	78 ab	45
DK 690MG	0 b	23 abc	35 Bc	69 ab	32
EG806	0 b	25 abc	56 abc	81 ab	40
H 2755RR2	17 ab	54 a	66Ab	86 a	56
LT 610MG CL	25 a	40 abc	67 Ab	91 a	56
LT 630MG	30 a	49 ab	75 A	88 a	61
NK 795 TDMAX	0 b	12 bc	33 Bc	63 ab	27
PAN 6148MG	0 b	11 bc	32 Bc	50 bc	23
<b>Media</b>	8	30	51	74	
<b>CV</b>	85	40	26	15	

**Tabla 1.** Incidencia (I%) de la fusariosis de la espiga en 15 híbridos de maíz lograda luego de aplicar cuatro técnicas de inoculación.

&Técnicas de Inoculación

(&)C= Control; ASE = Asperjado Sobre los Estigmas; ICE = Inyección en Canal de los Estigmas; IE = Inserción de Escarbadientes.

(#) Letras distintas indican diferencias significativas entre híbridos a  $p < 0,05$

de la enfermedad. Asimismo, hubo interacción significativa híbridotécnica de inoculación ( $p= 0,013$ ). El comportamiento relativo de los cultivares varió, por lo tanto, según la técnica utilizada. Todos los híbridos incrementaron la I% en el orden: C, ASE, ICE e IE (tabla 1).

Dentro de cada técnica, los híbridos mostraron respuestas disímiles ( $p<0,01$ ). El híbrido 32F07 mostró el valor mínimo de I% en las técnicas ASE (7%), ICE (22%) e IE (26%) así como en C (0%), aunque en esta última hubo otros siete híbridos (AX882MG, DK670MG, DK682MG, DK690MG, EG806, NK795TDMAX y PAN6148MG) sin enfermedad. Según el test de Tukey, para las técnicas con inóculo hubo híbridos que no se diferenciaron de 32F07. En efecto para ASE, se detectaron 12 híbridos (i.e. AD6601EZA, AW160MG, AW190MG, AX882MG, DK615MG, DK670MG, DK682MG, DK690MG, EG806, LT610MGCL, NK795TDMAX, PAN6148MG), para ICE hubo 10 (i.e. AD6601EZA, AW160MG, AX882MG, DK615MG, DK670MG, DK682MG, DK690MG, EG806, NK795TDMAX, PAN6148MG), mientras que para IE solo uno (PAN6148MG).

La correlación de rangos de los híbridos inoculados mostró valores significativos ( $p<0,05$ ):  $r_s= 0,76$  (ASE-ICE),  $r_s=0,64$  (ASE-IE),  $r_s=0,55$  (ICE-IE). Las técnicas detectaron un ordenamiento estadísticamente, en mayor o menor medida, similar de los híbridos según la importancia de su I%.

Para S%, el ANOVA mostró la ausencia de interacción híbridotécnica. La S% relativa de los híbridos no varió con la técnica. El comportamiento provocado por las técnicas fue independiente del híbrido. El análisis mostró también que los híbridos, a diferencia de la I%, no tuvieron S% distintas ( $p>0,01$ ). La menor variabilidad entre híbridos para S% podría estar asociada al alto valor del coeficiente de variación del error (80%).

No obstante, se detectaron diferencias ( $p<0,001$ ) entre las técnicas. El valor de Tukey ( $p<0,05$ ) fue de 5%. La S% máxima promedio fue para IE (16%, tabla 2), valor no distinto al de ICE (12%). La técnica ASE provocó una S% promedio menor (10%) que IE aunque estadísticamente similar a ICE. El control mostró la S% promedio mínima (3%).

&Técnicas de Inoculación					
	C	ASE	ICE	IE	Media
<b>Híbridos</b>					
32F07	0	1	5	7	3
AD 6601EZA	3	19	25	20	17
AW 160MG	5	10	12	14	10
AW 190MG	2	23	32	18	19
AX 882MG	0	7	19	13	10
DK 615MG	3	8	8	12	8
DK 670MG	0	4	8	13	6
DK 682MG	0	15	11	22	12
DK 690MG	0	4	5	9	5
EG806	0	21	8	14	11
H 2755RR2	5	16	17	29	16
LT 610MG CL	9	7	10	18	11
LT 630MG	11	13	16	22	16
NK 795 TDMAX	0	3	6	7	4
PAN 6148MG	0	4	5	21	8
<b>Media</b>	3a	10b	12bc	16c	10

**Tabla 2.** Severidad (S%) de la fusariosis de la espiga en 15 híbridos de maíz lograda luego de aplicar cuatro técnicas de inoculación.

&Técnicas de Inoculación

(&)C= Control; ASE = Asperjado Sobre los Estigmas; ICE = Inyección en Canal de los Estigmas; IE = Inserción de Escarbadientes.

# Letras distintas indican diferencias significativas entre técnicas a  $p<0,05$

### B) Relación entre el comportamiento de los híbridos manifestado bajo infección asistida y natural

El ordenamiento de los nueve híbridos, según la I% de fusariosis aparecida naturalmente durante las dos campañas, fue estadísticamente similar ( $r_s=0,83$ ) (tabla 3). La correlación entre la infección natural de 2005/6 y las técnicas de este trabajo fueron todas no significativas. No obstante, los coeficientes obtenidos, desde los datos de 2006/07, entre la infección natural y las técnicas ASE ( $r_s=0,80$ ) e ICE ( $r_s=0,77$ ), pero así también el control ( $r_s=0,82$ ), fueron significativos. La técnica IE fue la única que no correlacionó con la infección natural de 2006/07.

Infección	<sup>a</sup> Nat-05/06	C	ASE	ICE	IE
Nat-05/06	--	0,63	0,63	0,51	0,32
Nat-06/07	0,83*	0,82*	0,80*	0,77*	0,49

**Tabla 3.** Coeficientes de correlación de rangos ( $r_s$ ) para la I% de fusariosis obtenida en nueve híbridos de maíz bajo infección asistida y natural (ver texto por detalles).

<sup>a</sup>Nat= Infección natural, C= Control; ASE= Asperjado Sobre los Estigmas; ICE= Inyección en el Canal de los Estigmas; IE= Inserción de Escarbadientes.; \*significativo a  $p=0,05$

## DISCUSIÓN

En este trabajo todos los cultivares usados, salvo EG806 y H2755RR2, son BT. Es esperable que, en los híbridos modificados, haya habido pocas lesiones debidas al barrenador. Como se sabe, dichas heridas permiten la entrada de las esporas de *Fusarium* (Presello *et al.*, 2004). Por tanto, las respuestas mostradas por las plantas, al menos en los 13 cultivares transgénicos, se deberían exclusivamente al protocolo de inoculación desarrollado.

Las tres técnicas utilizadas generaron respuestas distintas en los híbridos, los que mantuvieron, desde un punto de vista estadístico, el mismo orden de mérito según la I% en cada método de inoculación. Sin embargo, no pudieron diferenciar los genotipos por la S%. Esta ausencia de diversidad no concuerda con lo manifestado por Presello *et al.* (2007) quienes evaluaron S% en híbridos de tipo duro, semidentado y pisingallo, inoculados mediante ICE en ensayos realizados durante dos años en Pergamino. El uso de otras técnicas de inoculación, las diferencias del germoplasma y de ambiente podrían ser los responsables de esos resultados divergentes.

Los resultados mostraron que las técnicas produjeron niveles de I% y S% de fusariosis más altos que el control. Otros autores arribaron a resultados similares, aunque, ninguno comparó simultáneamente las tres técnicas de inoculación con el control. Drepper y Renfro (1990) detectaron diferente S% en líneas endocriadas inoculadas con IE, ICE y C. Dichos autores señalaron que, coincidentemente con nuestro trabajo, la S% provocada por IE fue su-

perior, aunque no significativamente, a la obtenida por ICE. Por el contrario, Gulya *et al.* (1980), trabajando también con líneas, detectaron S% distintas con IE y ASE.

La técnica IE produjo los valores máximos promedio de I% y S%. Esto se debería, en oposición a las otras dos inoculaciones, al daño ocasionado por el escarbadientes. En efecto, la herida del palillo de madera permitió evitar las posibles barreras a la entrada y, en consecuencia, facilitó la penetración en los granos de la espiga.

Respecto a la I%, la variabilidad genotípica estimada a partir de los cuadrados medios del ANOVA fue de 0,031, valor que se diferenció ( $p<0,05$ ), según el test de Bartlett, de los estimados para ICE (0,019), ASE (0,012) y Control (0,009). Por tanto, bajo nuestras condiciones, la aplicación de IE maximizó la diversidad genética entre híbridos. Según Mariotti (1986), la evaluación de genotipos en ambientes (=técnicas de inoculación) que exacerban la variabilidad genotípica ayuda a la distinción de los híbridos por su comportamiento. En consecuencia, la aplicación del IE facilitaría la selección de los genotipos. No obstante, la ejecución de IE bajo factores externos favorables al desarrollo de la enfermedad incrementaría, sobre todo, los valores mínimos de I%. Por lo que, en concordancia con Reid y Hamilton (1996), el beneficio sobre la maximización de la variabilidad podría no usufructuarse.

Entre las técnicas sin heridas, ASE e ICE, se considera a ASE como la más parecida a la infección natural, dado que los conidios se depositan por sobre los estigmas. ASE generó una I% significativamente menor que ICE (tabla 1), aunque la S% fue similar (tabla 2). La menor I% obtenida por ASE (30%), respecto de ICE (51%), se relacionaría con las barreras representadas por los estigmas y chalas que el patógeno debió sortear hasta llegar a los granos, como así también a las condiciones climáticas durante la inoculación.

En efecto, al inocular se percibió, aunque no se cuantificó, una elevada temperatura y una baja humedad ambiental que pudieron favorecer la desecación del inóculo, en particular el depositado mediante asperjado. Para tratar de morigerar estos efectos, Ullstrup (1970) sugirió cubrir los estigmas, luego de inocular, para incrementar la efectividad de la técnica. No obstante, Reid y Hamilton (1996) indicaron que en las espigas cubiertas proliferaban, por exceso de humedad, bacterias que provocaban la reducción del nivel de infección de *Fusarium*.

*F. verticillioides* infecta el maíz endémicamente por lo que, en concordancia con Presello *et al.* (2006a), se dificulta lograr un testigo sin enfermedad que pueda servir de referencia. En nuestro experimento, más del 50% de las plantas de las subparcelas control tuvieron ausencia completa de fusariosis (tabla 1). No obstante, el híbrido LT-630MG, que mostró alta susceptibilidad con las técnicas, tuvo un 30% de I% en el control. Esto sugiere que, con estas condiciones, hubo inóculo suficiente y el ambiente apropiado para la aparición natural de la fusariosis. Este razonamiento coincide con el resultado de los híbridos control que mostraron el mismo ranking ( $r_s=0,82$ , tabla 3)

que cuando fueron evaluados bajo infección natural el mismo año (2006-07). La clasificación de dichos híbridos, sin embargo, no coincidió ( $r_s=0,63$ , tabla 3) con la infección natural del año anterior (2005-06) a este trabajo. Circunstancias predisponentes menos favorables a la aparición de la enfermedad durante 2005/06 podrían haber estado relacionadas a esa ausencia de correlación.

El ranking de nueve de los híbridos, según su I% debida a ASE e ICE, fue similar a la obtenida con la infección natural ocurrida en 2006-07 (tabla 3). Ambas técnicas predijeron el orden de los híbridos según la importancia de la I% en infección natural. Por el contrario, no hubo correlación entre la infección natural y los resultados generados por IE.

Además de generar la más alta correlación de rangos, ASE e ICE son bastante similares respecto del inóculo utilizado y en su simplicidad y uso de recursos. Pero, a diferencia de ASE y a pesar del cuidado durante la inoculación, la ejecución sistemática de ICE podría generar heridas en la punta de la espiga que facilite la entrada del patógeno. Este potencial inconveniente se subsanaría teniendo la precaución de no introducir demasiado la aguja en el canal estigmático.

No obstante, los resultados muestran que la aplicación del ICE sería más provechosa, respecto de la diferenciación de respuestas y también por la precisión con que se mide la I%. Con respecto a ASE, la aplicación de ICE permitió controlar más la variación debida al error ( $CV=26\%$ , tabla 1), así como generar un 58% más de diversidad genotípica y obtener una proporción superior de híbridos con I% significativamente menor al máximo ( $LT630MG=75\%$ , tabla 1). Lo anterior, realza el mérito de ICE. Esto coincide con Drepper y Renfro (1990) quienes expresan que ICE es el método utilizado por el CIMMYT.

Otros experimentos, en ambientes adicionales y utilizando híbridos modernos y/o líneas endocriadas devienen necesarios a fin evaluar la repetibilidad de los resultados obtenidos. No obstante, se destaca que la técnica ICE maximizó las diferencias de los híbridos de maíz por su I%. Asimismo, las ventajas enumeradas para ICE la convertiría en más apropiada que ASE e IE para evaluar el comportamiento del maíz frente a *Fusarium* de la espiga.

## BIBLIOGRAFIA

- AGRINEA. 2005. Micotoxina: Límites regulatorios y recomendados en la Unión Europea-Sept 2004. <http://www.engormix.com/MA-micotoxinas/articulos/micotoxinas-limites-regulatorios-recomendados-t543/253-p0.htm> (verificado: octubre 2012).
- CLEMENTS, M.; KLEINSCHMIDT, C.; MARAGOS, C.; PATTARKY, J. y WHITE, D. 2003. Evaluation of techniques for *Fusarium* ear and fumonisin contamination of corn. *Plant Dis.* 87:147-153.
- DE LEON, C. y PANDEY, S. 1989. Improvement of resistance to ear and stalk rots and agronomic traits in tropical maize gene pools. *Crop Sci.* 29:12-17.
- DREPPER, W. y RENFRO, B. 1990. Comparison of methods for inoculation of ears and stalks of maize with *Fusarium moniliforme*. *Plant Dis.* 74:952-956.
- GARETH-JONES, D. 1987. *Plant Pathology, Principles and practices*. Open University Press, United Kingdom. 208 p.
- GELDERBLOM, W.C.A.; JASKIEWICZ, K.; MARASAS W.F.O. y THIEL P.G. 1988. Fumonisin: Novel micotoxin with cancer-promoting activity produced by *Fusarium moniliforme*. *Appl. Environ. Microb.* 54, 1806-1811.
- GULYA, T.; MARTINSON, C. y LOESCH, P. 1980. Evaluation of inoculation techniques and rating dates for *Fusarium* ear rot of opaque-2 maize. *Phytopathology* 70:1116-1118.
- KOMMEDAHL, T. y WINDELS, C.E. 1981. Root-, stalk-, and ear-infecting *Fusarium* species on corn in the USA. In: Nelson, P.E.; Toussoun, T.A. and Cook, R.J. eds. *Fusarium: Diseases, Biology, and Taxonomy*. Pennsylvania State University Press. University Park. pp. 94-103
- MARIOTTI, J., 1986. Fundamentos de Genética Biométrica. Aplicaciones al Mejoramiento Genético Vegetal. Monografía N.º 32, Serie de Biología. Secretaría general de la OEA, Washington, 152p
- [www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/t\\_maiz/megoetal-2005maiz.pdf](http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/t_maiz/megoetal-2005maiz.pdf). (verificado: octubre 2012).
- MESTERHÁZY, A.; LEMMENS, M. y REID, L.M. 2011. Breeding for resistance to ear rots caused by *Fusarium* spp. in maize - a review. *Plant Breed.*, 131:1-19.
- MUNKVOLD, G.P.; HELLMICH, R.L. y SHOWERS W.B. 1997a. Reduced *Fusarium* ear rot and symptomless infection in kernels of maize genetically engineered for European corn borer resistance. *Phytopathology* 87:209-217.
- MUNKVOLD, G.P.; MCGEE, D.C. y CARLTON, W.C. 1997b. Importance of different pathways by *Fusarium moniliforme*. *Phytopathology* 84:1144.
- PRESELLO, D.; BOTTA, G. y IGLESIAS, J. 2004. Podredumbres de espiga de maíz y micotoxinas asociadas. *IDIA XXI: Cereales* 6: 152-156 .
- PRESELLO, D.; BOTTA, G.; IGLESIAS, J. y EYHERABIDE, G. 2006a. Efecto de la severidad de síntomas de podredumbre de espiga causada por *Fusarium verticillioides* sobre el rendimiento y la concentración de fumonisinas en grano de maíz. [www.maizar.org.ar/vertext.php?id=162](http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=162) (verificado: octubre 2012).
- PRESELLO, D.; IGLESIAS, J.; BOTTA, G.; REID, L.; LORI, G. y EYHERABIDE, G. 2006b. Stability of resistance to the ear rots caused by *Fusarium graminearum* and *F. verticillioides* in Argentinian and Canadian environments. *Euphytica* 147:403-407.
- PRESELLO, D.; BOTTA, G.; IGLESIAS, J. y EYHERABIDE, G. 2007. Severity of *Fusarium* ear rot and concentration of fumonisin in grain of Argentinian maize hybrids. *Crop Prot.*, 26: 852-855.
- REID, L. y HAMILTON, R. 1996. Effect of inoculation position, timing, macroconidial concentration and irrigation on resistance of maize. *Can J. Plant Pathol.* 18: 279-285.
- SAUBOIS, A.; NEPOTE, M.C. y PIONTELLI, E. 1996. Regional distribution of *Fusarium* strains in corn from the Province of Santa Fe, Argentina. *Bol. Micológico* 11: 75-80.
- SIIA, SISTEMA INTEGRADO DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina 2013. <http://www.siia.gov.ar> (verificado: octubre 2013).
- STEEL, R. y TORRIE, J., 1988. *Bioestadística. Principios y procedimientos*. 2ª Ed, Mc Graw – Hill. 622p.
- ULLSTRUP, A. 1970. Method for inoculating corn ears with *Gibberella zeae* and *Diplodia maydis*. *Plant Dis. Report* 54:658-662.
- WARREN, H.L. 1978. Comparison of normal and high-lysine maize inbreds for resistance to kernel rot caused by *Fusarium moniliforme*. *Phytopathology* 68:1331-1335.
- YOUNG, H. 1943. The toothpick method of inoculating corn for ear and stalk rots. *Phytopathology* 33:16.



## Lista de evaluadores 2013 (RIA, Vol. 39)

---

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.

Alejandra Ayala Torales	Laura Alturria
Alfredo Campos	Laura Finster
Antonio De Michelis	Leonardo Vanzetti
Ariel Arencibia	Liliana Allegretti
Bárbara Civit	Liliana Pagliettini
Carina Van Nieuwenhue	Mabel Romero de Sueldo
Carlos Ferri	Marcela Román
Carlos Rossanigo	Marcelo Nosetto
Claudia Morvillo	María Aruani
Corina Berón	María Isabel Remis
Diego Alejandro Sampietro	María Rosa Simón
Domingo Alcaraz-Segura	María Susana Marín
Eduardo Tersoglio	María zapata
Elisabeth Jacobo	Marisa Wawrzekiewicz
Elisanie Texeira	Marta Susana del Toro
Elke Noellmeyer	Mercedes Dode
Emilio Satorre	Olga Correa
Fabiano Dahlke	Olivier Demeure
Fernanda González	Oscar Anziani
Gabino Reginato	Pablo Abbate
Gabriel Alfredo García	Ricardo Mario Comerio
Gabriel Rosse	Roberto Álvarez
Gonzalo Caballe	Santiago Verón
Gustavo Jaurena	Sebastián Gómez Talqueca
Jorge Gustavo Lafi	Sergio Juan Castellanos
Jorge Mariotti	Silvia Gaetán
Jorge Nazrala	Silvia Lerner
José Corronca	Stella Bogino
Juan Basílico	Teodoro Stadler
Juan Mattera	Yanina Torres

**Fauna benéfica asociada a cultivos de cerezo (*Prunus avium* L.) en el Valle Inferior del Río Chubut (Región Patagonia Sur)**  
Bado S.G.; Blum, R.; Santos, M.E.

**Evaluación de la doble inoculación *Bradyrhizobium*-micorrizas y el uso de fitoterápicos de semilla en el crecimiento, eficiencia de inoculación y el rendimiento de un cultivo de soja**  
Clua, A.; Olgjati, J.; Beltrano, J.

**La inclusión de la dimensión económica en la Evaluación de Impacto Ambiental**  
De Prada, J.D.; Gil, H.A.; Pereyra, C.I.; Becerra, V.H.

**Calidad nutritiva de láminas de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb) en rebrotes de verano y otoño**  
Insua, J.R.; Di Marco, O.N.; Agnusdei, M.G.

**Evaluación del efecto de la liberación de *Orius insidiosus* (Hemiptera: anthocoridae), como agente de control biológico de trips en el cultivo de frutilla**  
Lefebvre, M.G.; Reguilón, C.; Kirschbaum, D.S.

**Estimación de la Huella de Carbono del proceso de panificación en la cadena agroindustrial del trigo**  
Sirotiuk, P.V.; Viglizzo, E.F.

**Características físicas del huevo incubable y pollitos nacidos de reproductores pesados *cobb 500* en incubadoras con diferente humedad relativa**  
Yuño, M.; Bakker, M.; Cepeda, R.; Marinelli, C.; Malacalza, F.

**Tipificación de productores de vinos caseros y análisis sociocultural del sector en la ciudad de Caucete, provincia de San Juan**  
Espindola, R.S.; Barrera, M.R.; Barrera, A.M.

**Ensayo exploratorio: obtención de leche caprina funcional a partir de la suplementación con *Salvia hispanica* (Chia)**  
Martínez, G.M.

**Comparación entre técnicas de inoculación de *Fusarium verticillioides* en espigas de maíz**  
Poulsen Hornum, M.; Ridaio, A. del C.; Castaño, F.



Ministerio de  
Agricultura, Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria  
Rivadavia 1439 (C1033AAE) - Buenos Aires