



CIENCIA REGIONAL
Reflexiones sobre
la I+D latinoamericana

BOSQUES SOSTENIBLES
Protegerlos para mitigar
el calentamiento global

ESTADÍSTICAS EN EL AGRO
Cómo se transforman los datos
en conocimiento

RECURSO ESTRATÉGICO PRESENTE Y FUTURO

Agua para vivir y producir

■ 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 1 /
Abril 2013, Buenos Aires, Argentina

Propiedad Intelectual
Registro DNDA en trámite

SEDE EDITORIAL

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

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

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL INTA

Presidente:

Ing. Agr. Carlos Casamiquela

Vicepresidente:

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 A. Alippe - AACREA.

Ing. Agr. Elbio Néstor Laucirica - CONINAGRO

D. Alejandro Lahitte - CRA

Dr. Aldo Paredes - FAA

Sr. Bruno Quintana - SRA

Director Nacional:

Ing. Agr. Eliseo Monti

Directores Nacionales Asistentes:

DNA Sistema de Información, Comunicación y Calidad

Lic. 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

COMITE EDITORIAL

Presidente:

Dr. Carlos Di Bella - INTA

Vocales:

Ing. Agr. Jorge Mariotti - INTA

Dr. Eduardo Baroni - UNL

Dr. Rafael Fernández - UNCuyo

Dr. Emilio Satorre - UBA

Dr. Carlos Scoppa - ANAV

Dr. Roberto J. Fernández Aldúncin - UBA

COMITE 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

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:

Gráfica, 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.



Responsabilidad en la gestión del agua

El agua es un recurso natural finito y renovable ya que es demandado para uso humano, agrícola, industrial y energético, entre otros. El volumen total en el mundo es de 1.400 millones de km³, pero solamente un 2,5% es dulce (69,5 de glaciares, 30 subterránea y 0,4 superficial).

La Argentina es un país con alta disponibilidad de este recurso por habitante/año (20.940 m³/hab/año): el 85% del agua superficial se encuentra en la región húmeda y sub-húmeda, y más de la mitad del 15% de ese recurso de la región árida y semi-árida se encuentra en la Región Patagónica.

Por ello, la disponibilidad de agua es crítica en muchas áreas para el desarrollo de sus poblaciones, lo que muchas veces se ve agravado por un desigual acceso del sector más vulnerable de la población y, en particular, del área rural.

Uno de los Objetivos del Milenio acordado por las Naciones Unidas remarca la importancia de incorporar el principio de sustentabilidad en la gestión de los recursos naturales y, en particular, del acceso al agua potable y saneamiento como una herramienta para reducir las enfermedades y la pobreza. Una de sus metas es reducir a la mitad, antes del año 2015, la proporción de personas que no tienen acceso a ella, compromiso que fue ratificado en el año 2010 cuando la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció al acceso y saneamiento como un derecho humano necesario para ejercer todos los demás derechos (ONU, 2010).

Pese a estas declaraciones y compromisos asumidos por los países miembros, el Banco Mundial señaló en el año 2010 que los avances logrados en relación a estos dos principios no eran suficiente: aún un 40% de la población no contaba con acceso a agua potable y saneamiento de calidad. La brecha se había incrementado por los lentos progresos y el mayor aumento de la población mundial.

En la Argentina se asumió el compromiso y mucho se ha hecho. Sin embargo, al año 2010 los servicios de agua potable alcanzaban al 82% de la población (con provincias cercanas al 100% y otras al 75%) y los de saneamiento a tan sólo el 50%.

Más allá de esto, el agua tiene otros roles importantes para garantizar el desarrollo sustentable de la población, tanto en el sector productivo agropecuario, como el industrial, energético, recreativo y aún en la preservación de los ecosistemas naturales. A su vez, no es su escasez sino sus excesos los que provocan gran-

des perjuicios a la población y muchas de estas situaciones son consecuencia de problemas de gestión.

Por todo ello, el agua se convirtió en las últimas décadas en protagonista indiscutible de la política. A nivel mundial, se ha producido una sucesión de eventos internacionales que la tuvieron como centro y/o remarcaron su importancia para la humanidad. Entre estos, se puede nombrar la Conferencia Mundial del Agua (1977) que puso la piedra fundamental, la Conferencia Internacional sobre Recursos Hídricos y el Ambiente (1990); las Conferencias de las Naciones Unidas sobre el Ambiente y el Desarrollo (1992, 2002 y 2012), los Foros Mundiales del Agua (1997, 2000, 2003, 2006, 2009 y 2012) y los decenios hidrológicos de las Naciones Unidas que culminan con el actual Decenio Internacional para la Acción "El agua fuente de vida" 2005-2015.

Todas ellas contribuyeron a la construcción de nuevos paradigmas de aprovechamiento de los recursos hídricos por su valor y estrecha relación con el desarrollo sustentable ya que es insustituible para la vida, imprescindible en las cadenas de valor, un componente esencial de los servicios ambientales y factor primordial en el desarrollo de las áreas semi-áridas y áridas. En este sentido, es necesario asegurar el acceso equitativo a los recursos, una buena gobernanza con la participación de todos los interesados, seguir con los planes de desarrollo, y realizar una gestión en forma integrada con la tierra y sus recursos.

El INTA tiene una responsabilidad indelegable para mejorar el uso del recurso hídrico en la Argentina debido al alto porcentaje de agua disponible destinada a actividades productivas en el sector agropecuario y por su permanente compromiso con el homogéneo desarrollo de las regiones y la sustentabilidad de los sistemas productivos y ecosistemas naturales.

Por ello, la Institución promueve la formación de redes eficaces de interacción interinstitucional y asume el desarrollo y la innovación de tecnologías para el acceso y el aprovechamiento del agua en la agricultura de secano y regadío y en la producción ganadera, en todas las tipologías de sistemas productivos, incluida la Agricultura Familiar. Asimismo, apoya el empoderamiento de las organizaciones de usuarios para la planificación participativa y la gestión descentralizada, capacita actores, coopera en el inventario y monitoreo de la cantidad y calidad del recurso, y genera información para la gestión y la evaluación de impactos por cambios en el uso de la tierra o ante escenarios del Cambio Climático.

Actualidad en I+D

Editoriales

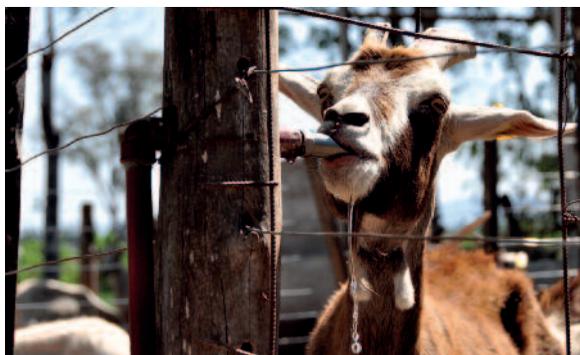
04 Responsabilidad en la gestión del agua

La importancia de este recurso es indiscutible, por ello, el INTA tiene una responsabilidad indelegable para mejorar su uso en la Argentina.

Notas

08 H2O: calidad de vida y producción

El agua es la necesidad más sentida por los agricultores familiares y de su acceso depende la mejora del hábitat, la calidad de vida y los sistemas productivos.



14 Paisaje nativo para un futuro sostenible

La temperatura aumenta de la mano de la concentración de gases de efecto invernadero. ¿Cómo inciden los bosques?

20 Convertir datos en conocimiento científico

Era sólo una herramienta, pero hoy la estadística se convirtió en una disciplina científica. En el agro, es fundamental para el avance del conocimiento.

25 “Latinoamérica se destaca en Biociencias”

Jesús Sebastián, especialista en cooperación internacional en I+D, señala el papel de la región en el desarrollo de las Ciencias de la Vida. Retos y oportunidades futuras.



29 Pastillas

Un breve resumen de las noticias más sobresalientes.

Trabajos

Artículos

31 Zearalenona en pasturas del Chaco

Salvat, A.E.; Balbuena, O.; Ricca, A.; Comerio, R.M.; Rosello Brajovich, J.E.; Rojas, D.; Berretta, M.F.; Delssin, E.; Bedascarrasbure, E.; Salerno, J.C.

37 Polimorfismo en pollos parrilleros

Marrube, G.; Rozen, F.M.B.; Pinto, G.B.; Fassa, V.; Pacienza, N.; Demarco, A.N.; Romano, E.G.; Fain Binda, V.; Canet, Z.; Melo, J.E.

41 Calidad del trigo mediante SIG

Salomón, N.; Aldalur, B.; Cuniberti, M.; Miranda, R.

51 Raleo, rendimiento y calidad en cerezos

Cittadini, E.D.; Balul, Y.J.; Romano, G.S.; Pugh, A.B.

60 Tratamientos de plaga en colza

Garavano, M.E.; Manetti, P.L.; López, A.N.; Clemente, N.L.; Salvio, C.; Faberi, A.J.



67 Cultivares de trigo a WSMV y HPV

Dumón, A.D.; Argüello Caro, E.B.; Alemandri, V.M.; Mattio, M.F.; Donaire, G.; Alberione, E.; Bainotti, C.T.; Rodríguez, S.M.; Truol, G.

77 Nitrógeno y calidad industrial en trigo pan

Lerner, S.E.; Arrigoni, A.C.; Arata, A.F.

88 Inventario de metano entérico (2009)

Guzmán, M.L.; Sager, R.L.

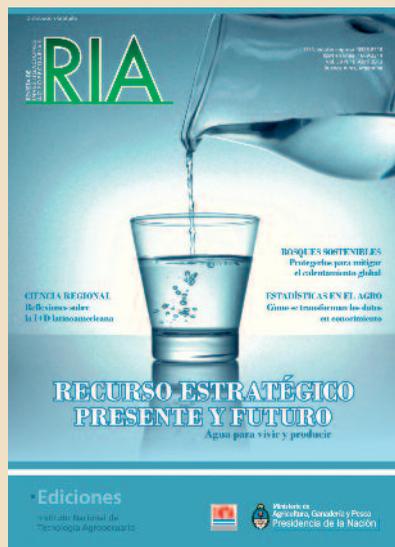


95 Tréboles rojo y blanco en Buenos Aires

Barletta, P.; Camarasa, J.; Carta, H.; De Andrés, A.; Méndez, D.; O'Gorman, J.M.; Ojuez, C.; Pérez, G.; Scheneiter, O.; Varea, I.

105 Calidad de agropiro alargado

Di Marco, O.N.; Harkes, H.; Agnusdei, M.G.



Agua para producir, agua para vivir

Los pequeños productores generan gran cantidad de alimentos para consumo mundial y son quienes padecen una mayor vulnerabilidad por falta de agua. La problemática hídrica representa el 81 por ciento de las demandas de ese sector y es el principal desafío a resolver para mejorar la calidad de vida de la agricultura familiar, ya sea para consumo humano, abrevado de animales o riego para la producción agrícola. En este sentido, Mario Basán, del INTA Reconquista, asegura a RIA que “disponer de agua de calidad y en cantidad es un factor clave para promover el desarrollo integral de las comunidades rurales”.

(Actualidad en I+D p. 08)



Un futuro sostenible

Durante los últimos 50 años, las temperaturas de la superficie de la Tierra aumentaron al doble de velocidad que durante la primera mitad del siglo XX. La preocupación por el calentamiento global es uno de los desafíos más importantes que la sociedad debe enfrentar: encontrar soluciones que permitan mitigar el cambio climático sin impedir el avance de los niveles de bienestar y de desarrollo humano.

Toda estrategia de futuro sostenible obliga a incorporar a los bosques por su contribución a la mitigación del calentamiento del planeta y al suministro de productos y servicios ecosistémicos fundamentales para la humanidad.

(Actualidad en I+D p. 14)

Extraer Saber de simples datos

Pasó de considerarse una herramienta a una disciplina científica en pocos años gracias al avance de las nuevas tecnologías. El almacenamiento de grandes bases de datos y la velocidad en las comunicaciones replantean constantemente a la Estadística. “Hay que pensar en nuevos métodos, algoritmos y protocolos de análisis, porque los que fueron desarrollados para manejar 100 datos, hoy no funcionan bien con miles”, asegura a RIA Mónica Balzarini, de la UNC. Francisco Babinec y Priscilla Willems del INTA destacan que “la investigación debe contar con una planificación cuidadosa de la experiencia en total coherencia con los objetivos planteados”.

(Actualidad en I+D p. 20)

Biociencias de exportación

El especialista español en cooperación científica internacional, Jesús Sebastián, considera que la ciencia que se desarrolla en América Latina cada vez tiene más peso a nivel mundial, aunque con “grandes asimetrías” entre los países.

“El ámbito de las ‘bio’ es el más sobresaliente (biomedicina, biodiversidad, y ciencias agrarias, entre otras), seguida por la física y la química de los productos naturales”, opina el profesional jubilado del CSIC quien advierte que “las ciencias sociales parecen tener menor proyección internacional a pesar de estar muy presentes en los países”. En las ciencias agropecuarias recomienda pensar en un enfoque multidimensional y multidisciplinar.

(Actualidad en I+D p. 25)

Zearalenona en pasturas del Chaco

Las micotoxinas son metabolitos de alta toxicidad producidos por diversos hongos que afectan los alimentos y los forrajes y alteran la salud de humanos y animales por micotoxicosis. En esta investigación, se estudió la presencia de zearalenona (ZEA) en pasturas que son utilizadas para la producción de bovinos en el Este de la provincia del Chaco.

Así, determinaron que esas concentraciones se presentaron en su mayoría en cantidades bajas, por lo que posiblemente estuvieran relacionados con la época del año en que se realizó el muestreo, (verano) ya que el mayor contenido de toxina en los pastos se presenta durante el otoño.

(Trabajos p. 31)



Polimorfismo en pollos parrilleros

Las líneas comerciales de pollos parrilleros son el resultado de una selección intensiva para obtener animales de rápido crecimiento, magros y con mayor masa muscular. Por esa razón, en esta investigación se evaluó la asociación entre un polimorfismo de nucleótido simple (SNP) del gen *FASN* y las características productivas de consumo de alimento, ganancia de peso y peso vivo final.

De esta manera, en base a su ubicación y su función, el gen *FASN* es un buen candidato en la Selección Asistida por Genotipos, pero el SNP evaluado no ha demostrado un grado de incidencia en los caracteres analizados.

(Trabajos p. 37)

Calidad del trigo mediante SIG

La demanda de trigo exige gran cantidad de proteína en los granos, calidad y buena aptitud industrial. Para cumplir con ello, al momento de elaborar un producto el molinero y el panadero necesitan saber dónde adquirirlo. En esta investigación se evaluó la distribución de la calidad comercial e industrial en el área triguera argentina a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite manejar amplias bases de datos referenciándolos espacialmente y visualizándolos mediante mapas.

Para ello, se consideraron cinco variables de calidad comercial e industrial, durante tres campañas y se compararon con los promedios de la última década.

(Trabajos p. 41)



Raleo, rendimiento y calidad en cerezos

En temporadas con altos rendimientos, las cerezas no siempre alcanzan los estándares internacionales de calidad. Por esa razón, investigadores del INTA estudiaron los efectos de la intensidad y el momento de realización del raleo sobre los rendimientos y la calidad de fruto en montes de cerezo. Para los cultivares "Lapins" y "Sweetheart", el rendimiento disminuyó al incrementarse la intensidad del raleo, mientras que el contenido de sólidos solubles aumentó, independientemente del momento de realización.

En "Lapins", el diámetro de fruto aumentó al incrementarse la intensidad de la práctica, mientras que en "Sweetheart" disminuyó al demorarse la fecha de realización.

(Trabajos p. 51)

Tratamientos de plaga en colza

La colza (*Brassica napus*) es una oleaginosa de la cual se obtiene aceite comestible de calidad y cuenta con un elevado potencial de adaptación a las condiciones climáticas y del suelo en la Argentina. Sin embargo, el rendimiento de este cultivo suele ser afectado por una plaga conocida como "babosa gris".

En esta investigación, se evaluaron cebos de acción combinada y metaldehído líquido como estrategias de control y se determinó que ambas son eficaces aunque en el caso del metaldehído líquido, su efectividad depende de las condiciones ambientales en las cuales se realiza la aplicación y si está en contacto directo con las babosas.

(Trabajos p. 60)

Cultivares de trigo a WSMV y HPV

Wheat Streak Mosaic virus y *High Plains virus* son las principales limitantes sanitarias del trigo en el país, por lo cual los investigadores del CIAP-INTA y del INTA Marcos Juárez evaluaron el comportamiento de diferentes cultivares ante ambas enfermedades. De esta manera, observaron la incidencia, el grado de infección y la severidad de los síntomas en los diferentes genotipos de ese cultivo.

Como resultado, el grado de severidad varió de leve a moderado para las plantas infectadas. Según los profesionales, "las conclusiones del trabajo constituyen una herramienta potencial para la selección de genotipos con mejor comportamiento en este contexto productivo".

(Trabajos p. 67)

Nitrógeno y calidad industrial en trigo pan

La producción de cereales basada en la mayor incorporación de Nitrógeno (N) representa un riesgo para la sustentabilidad de los agroecosistemas. Por ello, es importante manipular los atributos del cultivo que determinan mayor extracción del nutriente del suelo y que maximizan su uso. Los investigadores buscaron conocer diferencias genéticas entre 16 variedades y su interacción con el ambiente, tanto con relación al rendimiento en grano como a la calidad industrial.

Así, determinaron el rendimiento y sus componentes, calcularon la eficiencia agronómica y de recuperación del fertilizante aplicado, midieron porcentaje de proteínas y de gluten húmedo, completando el análisis con alveogramas.

(Trabajos p. 77)

Inventario de metano entérico (2009)

Tras la firma del Protocolo de Kyoto, la Argentina asumió la responsabilidad de reducir los Gases de Efecto Invernadero (GEI). Los últimos informes mostraron que las emisiones del sector agropecuario representan un 50% del total de los GEI, del cual más del 35% corresponde a metano, casi exclusivamente producto de la fermentación entérica del ganado vacuno.

Los autores consideraron conveniente mejorar los datos de fuentes base luego de realizar un análisis crítico de esos inventarios. Para ello, estimaron la emisión de metano por fermentación entérica a través de una caracterización detallada de los sistemas de carne de San Luis.

(Trabajos p. 88)

Tréboles rojo y blanco en Buenos Aires

La abundancia de leguminosas en pasturas es clave para el suministro de nitrógeno a la gramínea asociada y el aporte a la calidad de la dieta. Por ello, los investigadores estimaron la abundancia de tréboles rojo y blanco en las pasturas y los factores bióticos, abióticos y antrópicos que pueden afectarla mediante un estudio de sistemas de producción en la provincia de Buenos Aires.

La tecnología de implantación y el tipo de suelos fueron los factores que más se relacionaron con la densidad de trébol rojo, mientras que las tecnologías de producción y utilización fueron las más relevantes para la cobertura de trébol blanco.

(Trabajos p. 95)

Calidad de agropiro alargado

El agropiro alargado es una gramínea forrajera templada perenne de gran importancia en la ganadería argentina por su adaptabilidad a suelos con severas limitantes edáficas. Los autores estudiaron la dinámica de la calidad de sus láminas durante el rebrote de dos estructuras cespitosas estabilizadas en diferente altura. La calidad se analizó en relación con la edad y longitud de las hojas correspondientes a tres generaciones sucesivas. Los resultados demostraron que, al avanzar el rebrote de una pastura vegetativa de agropiro, disminuye la Digestibilidad de FDN (DFDN) con la edad y el largo foliar sin afectar el contenido de FDN.

(Trabajos p. 105)

ACCESO INTEGRAL

H₂O: calidad de vida y producción

Contar con fuentes mejoradas de agua es, para muchas comunidades del mundo, un requisito para poder decidir firmemente cómo vivir y qué producir. Un recurso estratégico para alcanzar la Seguridad Alimentaria.

Por Florencia Castilla

En América Latina y el Caribe existe un escenario que revela la riqueza de sus recursos hídricos: en la totalidad de sus principales cuencas, entre las que se destacan la del Amazonas y el Paraná, se transporta un poco menos de la mitad del agua superficial continental del mundo. Por esa razón, la problemática del agua no está relacionada con su escasez sino con las **limitaciones** en su acceso para consumo humano y uso productivo.

“La disponibilidad de agua permite que las poblaciones puedan mejorar su **calidad de vida**, el lugar que habitan y, fundamentalmente, la **producción** de la cual dependen”, revela a la Revista RIA el investigador en materia de agua del INTA IPAF NOA, José García.

Por esa razón, dada su importancia como **recurso estratégico** en múltiples campos de la vida, es fundamental que las acciones estén dirigidas a garantizar a las poblaciones el acceso a ese recurso para que el hábitat se convierta en un entorno limpio y seguro, con mejor salud y una mayor disponi-

bilidad para trabajar y **contribuir al desarrollo y al crecimiento económico de sus comunidades**.

Sumado a esto, si se tiene en cuenta que la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, por sus siglas en inglés) develaron que hay en el mundo cerca de mil millones de personas que carecen de acceso a fuentes de agua mejoradas y 2.600 millones que no utilizan servicios de saneamiento, es necesario revertir esa situación para que no convivan con los múltiples **problemas** derivados de la carencia de ese recurso.

Las **limitaciones** en relación al acceso al agua son complejas y diversas, pueden darse por **factores ambientales** (sequías y zonas desfavorables por lejanía a reservorios de agua, entre otros), como así también por falta de **políticas** de gestión y **uso** del recurso (financiamiento y construcción de infraestructura). A su vez, a esto se suma el hecho de que la probabilidad de que una comunidad obtenga ese recurso

depende del lugar en el que habita. Según los datos aportados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la cantidad de personas que residen en áreas rurales y no cuentan con una fuente mejorada de agua es **cinco veces mayor** que en las áreas urbanas y, a su vez, esta brecha se incrementa si se trata de asentamientos en países con menor desarrollo.

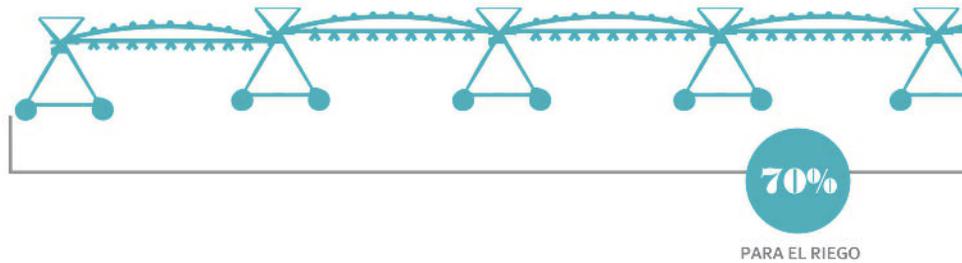
Por estos motivos, los pequeños productores y agricultores familiares son los que presentan mayor vulnerabilidad y se enfrentan a situaciones que reducen la productividad de sus tierras, condicionan el volumen de sus ganados e intensifican los procesos migratorios.

Por su parte, el técnico asesor de la Secretaría de Desarrollo Rural y Agricultura Familiar de la Nación, Juan Herrero, destaca que “en el diagnóstico que se realiza en el trabajo con las **comunidades rurales** surge como principal necesidad la resolución de los conflictos en relación al tema del agua”, y remarca que “el acceso a ella es un **derecho humano**”.





CÓMO EL MUNDO UTILIZA AGUA DULCE



A su vez, el especialista que se desempeña en la Dirección Nacional de Agua, Tierra y Hábitat agrega que “a ese recurso para la producción se lo considera como un **derecho a la alimentación**, por lo que hay que trabajar en conjunto desde diferentes ámbitos del Estado para institucionalizarlo y que no exista ningún hogar rural en la Argentina sin agua potable, en calidad y cantidad”.

Agua para la Agricultura Familiar

Según el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), el 84 por ciento del total de las explotaciones agropecuarias del Cono Sur son consideradas como Agricultura

Familiar campesina (AF) y proporcionan gran parte del **suministro mundial de alimentos**. No obstante, son quienes ocupan tierras marginales, su producción depende principalmente del agua de lluvia y constituyen la mayoría de los habitantes en las zonas rurales del mundo.

Si bien el agua no es el único condicionante para la mejora de la producción de estos sectores, las intervenciones que se quisieran realizar sobre otros factores **no podrían llegar a concretarse** sin antes garantizar un acceso seguro para los productores, ya que eso proporcionaría seguridad para invertir en fertilizantes, semillas mejoradas o, simplemente, dedicarse a la producción de cultivos de mayor valor.

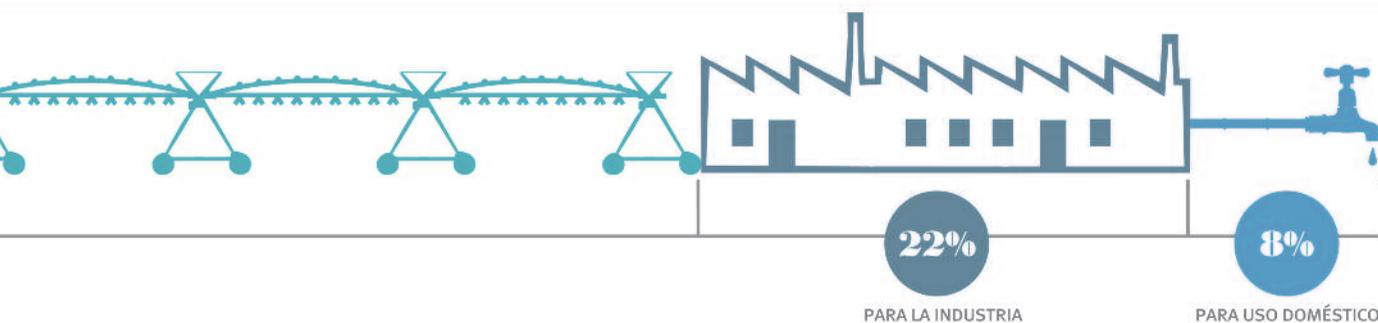
Según explica el técnico del INTA IPAF NOA, “nos hemos encontrado con esas demandas durante la intervención en el terreno y, aunque quizás nuestro objetivo principal era abordar cuestiones productivas, no podíamos avanzar en otros temas de investigación si no resolvíamos **asuntos prioritarios** como es el acceso al agua”.

De acuerdo al diagnóstico realizado por el Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Pequeña Agricultura Familiar (IPAF), la **problemática hídrica** representa el 81 por ciento de las demandas priorizadas por ese sector y es el **principal desafío a resolver** para mejorar la calidad de vida de la agricultura familiar, ya sea para consumo humano, abre-

“**EL AGUA EN CANTIDAD Y CALIDAD PERMITE CAMBIOS VISIBLES EN EL ARRAIGO, EN LA SALUD Y EL TRABAJO COTIDIANO**”
(MARIO BASAN NICKISCH).



FUENTE: WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (WWAP)



vado de animales y riego para la producción agrícola.

En este sentido, el INTA y la Subsecretaría de Agricultura Familiar de la Nación junto con otros organismos trabajan sobre la problemática en diferentes casos **según las particularidades de cada región**. Entre ellos, se destacan las obras e inversiones destinadas a la captación, a la conducción, al almacenamiento, a la mejora en la calidad y a la distribución del agua, además de capacitaciones, seminarios y talleres para instalar capacidades en la población y abordar actividades productivas vinculadas con la administración y gestión del recurso.

Bajo esa premisa, en la Argentina el trabajo desde el INTA permitió que de-

cenas de familias en la Puna tuvieran **asegurado el acceso al agua**. En este sentido, García indica que “contar con la seguridad de tener riego, les permitió recuperar las parcelas en abandono, diversificar los cultivos y ampliar las superficies hortícolas y forrajeras, como así también diversificar la dieta familiar y mejorar los ingresos prediales” sumado a las mejoras del agua en cantidad y de calidad para su uso doméstico.

El éxito de estas iniciativas se tradujo en que una gran cantidad de comunidades que efectivamente pudieron percibir un **cambio en sus actividades productivas y su calidad de vida**, tal es así que fue posible trabajar desde la institución sobre la misma problemática

pero en un escenario más complejo como es el de Haití (ver recuadro: “**Misión: agua para Haití**”).

Por su parte, el coordinador nacional del proyecto de Manejo Integral del Agua para la Agricultura Familiar, Mario Basán Nickisch, señala que “**la respuesta tiene que ser exhaustiva**, porque si los sistemas no se diseñan en función de las premisas que aseguren la calidad del agua para consumo propio, riego o abrevado de animales, difícilmente se pueda elevar la calidad de vida de las personas”.

Para ello, agrega que “se utilizan **tecnologías apropiadas** que dan una respuesta a las demandas integrales del agua según los diferentes ambientes e idiosincrasias para asegurar que su uso

MISIÓN: AGUA PARA HAITÍ

Desde hace siete años, el INTA trabaja a través del ProHuerta, junto con el Ministerio de Desarrollo Social de la Nación y la Cancillería, en materia de cooperación internacional para la mejora de la calidad de vida de la población haitiana a partir de la autoproducción y diversificación de la dieta alimentaria, de herramientas para producir localmente y, desde el 2010, de tecnologías para garantizar el acceso al agua.

Esta última cuestión surgió como demanda del propio gobierno haitiano porque se trata de un recurso escaso: sólo el 51 por ciento de la población tiene acceso al agua potable y menos del 10 por ciento accede a sistemas de riego. A través de la red de trabajo del ProHuerta Haití, se capacitan técnicos locales para la gestión y construcción de cisternas, pozos de agua y canalización de vertientes como así también filtros y procesos de cloración para asegurar agua de calidad diferenciada para consumo y riego.

Asimismo, el gerente de Misiones de Cooperación Técnica Internacional, Daniel Díaz, asegura a la Revista RIA que “se comenzaron a construir 80 pozos con sus respectivas bombas de soga y 125 sistemas de captación de agua de lluvia” y se prevé que, tras la firma del acuerdo de cooperación con la Unión de Naciones Suramericanas (UNASUR), se pueda duplicar el número de obras y se llegue a proveer del recurso hídrico a cerca de 11 mil haitianos.

“LA PROBLEMÁTICA HÍDRICA REPRESENTA EL 81 POR CIENTO DE LAS DEMANDAS PRIORIZADAS EN LA AGRICULTURA FAMILIAR” (IPAF).



**“LA FALTA DE ACCESO
A FUENTES MEJORADAS DE
AGUA ES CINCO VECES MAYOR
EN ZONAS RURALES QUE
EN LAS URBANAS”
(ONU).**

A TRABAJAR POR EL AGUA

La Asamblea General de las Naciones Unidas, en el marco del Decenio Internacional para la Acción “El agua, fuente de vida” (2005-2015), proclamó el 2013 como el Año Internacional de la Cooperación en la Esfera del Agua con el objetivo de instar a la comunidad internacional a generar oportunidades de vinculación en la gestión de ese recurso. Para ello, proponen trabajar de manera conjunta para crear confianza y respeto mutuo entre los usuarios con el fin de promover la paz, la seguridad y el crecimiento económico sostenible.

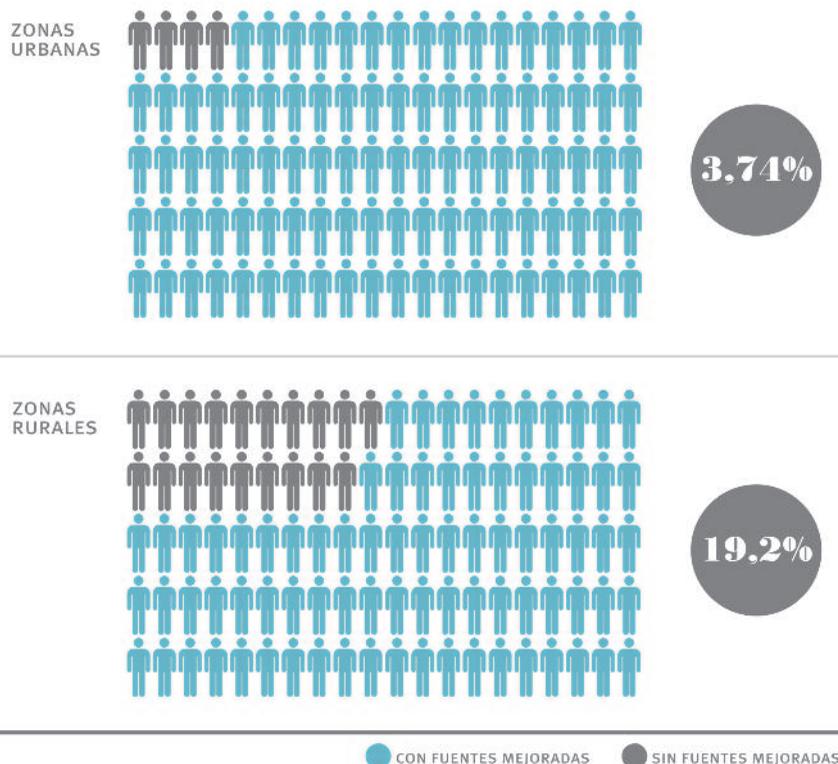
En este sentido, el agua formará parte de los temas prioritarios en la agenda mundial de los decisores políticos y por eso será prioritario establecer vínculos sólidos entre las naciones, los Estados y las comunidades para trabajar por el derecho humano al agua potable y al saneamiento, la mejora de su calidad y eficiencia, y la protección de los ecosistemas y su conservación.

Asimismo, será una oportunidad para continuar las líneas de trabajo que comenzaron durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Río +20), fundamentalmente en la formulación de nuevos objetivos que contribuyan al desarrollo sostenible de los recursos hídricos.

Del mismo modo, esta ocasión permitirá concretar discusiones y trabajos conjuntos desde diferentes ámbitos y bajo su dimensión cultural, educativa, científica, social, política, legal, institucional y económica, ya que es preciso realizar un enfoque multidisciplinar sobre este tema para comprender sus diferentes aristas y abordar la problemática de manera integral.

POBLACIÓN MUNDIAL SIN FUENTES DE AGUA POTABLE MEJORADAS (%)

FUENTE: ONU. OBJETIVOS DE DESARROLLO DEL MILENIO. 2012



sea seguro y sustentable". Por ejemplo, para transformar las fuentes de agua para el consumo humano "se tratan las que están contaminadas con elementos tóxicos y excesos de sales y se utilizan filtros de arena para clarificarlas si contienen sólidos y, así, permitir su desinfección con cloro o con sistemas con rayos ultravioletas", explica.

El **agua** en cantidad y calidad para los diferentes usos es un factor clave para **promover el desarrollo integral de las comunidades rurales** y, como asegura Basán Nickisch "permite cambios visibles en términos de arraigo, de salud y de trabajo. Si simplifica y se reduce el tiempo destinado para la recolección de agua, se puede pensar y trabajar en la mejora de las huertas y de la infraestructura para las actividades productivas".

Acceso equitativo, responsabilidades compartidas

Al ser reconocido el acceso al agua y saneamiento como un derecho humano esencial, se constituye en sí mismo como un marco sólido para que las comunidades, las organizaciones, la sociedad civil y los Estados puedan planificar

y concretar acciones que ofrezcan a todos la posibilidad de tener fácil acceso a las cantidades necesarias de ese recurso de forma **práctica y segura**.

Sin embargo, los profesionales destacan que es importante que las **estrategias y las políticas públicas** implementadas desde el Estado y los organismos técnicos se ajusten a cada situación en particular, ya que existe una diversidad de problemas y situaciones registradas en la extensión del país en relación al acceso y al uso del agua.

A su vez, junto con la transferencia de conocimientos y tecnologías, es importante la **concientización** para que sea más eficiente y sustentable el uso de los recursos hídricos y de la tierra. Para ello, una línea de trabajo importante es la **gestión de usos múltiples del agua**, como sucede en las experiencias registradas en Seclantás, provincia de Salta, donde las familias trabajan en el tratamiento de aguas grises (aguas con jabón) como una forma de reutilizar el insumo para el riego de pequeñas huertas.

En el caso del riego, las acciones de los productores deberían dirigirse a in-

crementar su productividad, perfeccionar y mejorar esos sistemas para reducir las pérdidas por escape y asegurar una mayor disponibilidad de agua para su uso doméstico y su presencia en la naturaleza.

No obstante, el reto principal sería poder **compartir equitativamente los recursos hídricos** para que cada comunidad tenga poder de decisión y acción sobre su destino ya que el agua es indispensable para la vida y si escasea **no hay otro recurso que pueda sustituirla**.

De esta manera, Herrero concluye que "el acceso al agua y a la tierra son dos derechos que deben **ser garantizados en cada rincón de la Argentina** ya que nos permite fortalecer a los sujetos productivos que desde la agricultura familiar campesina pueden elegir qué producir y cuánto en el camino a la Soberanía Alimentaria."

Más información:

Mario Basán Nickisch –

basannickisch.mario@inta.gob.ar

José García – garcia.jose@inta.gob.ar

Daniel Díaz – diaz.danieln@inta.gob.ar

HACIA LA CALIDAD AMBIENTAL Y PRODUCTIVA

Paisaje nativo para un futuro sostenible

La temperatura está en aumento y la relación con la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera es lineal. ¿Cuál es la participación de los bosques en la generación de esas emanaciones? ¿Se puede proteger el planeta sin dejar de producir alimentos?

Por Camila Pfa Gandía





Las evidencias científicas han alertado acerca del calentamiento global y sus implicancias en el cambio climático. Esta preocupación ganó un lugar protagónico en las agendas de las reuniones internacionales sobre el ambiente y se transformó en **uno de los desafíos más importantes** que la sociedad debe enfrentar en el siglo XXI: encontrar soluciones que permitan mitigar el cambio climático sin impedir el avance de los niveles de bienestar y de desarrollo humano.

Si bien las causas del cambio climático global son motivo de intensas discusiones, una de las principales es el incremento en la **concentración de los Gases de Efecto Invernadero (GEI)** que habría sido producido por el Hombre. La deforestación y la degradación de bosques por mal manejo, sumadas a la industrialización basada en la quema de combustibles fósiles y otras actividades como la agricultura por inundación y la ganadería generarían la acumulación en la atmósfera de esas emisiones y, en consecuencia, el aumento de las temperaturas.

En la Primera Conferencia Mundial sobre Clima convocada por la Organización Mundial Meteorológica (OMM) en 1979, la comunidad científica alertó sobre los **cambios en las condiciones climáticas y sus posibles efectos** para la humanidad. Desde entonces, se sucedieron los esfuerzos (intensificados en las últimas dos décadas) por alcanzar acuerdos internacionales para "lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a

un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático", como estableció la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC), acordada por 155 países en la ciudad brasilera de Río de Janeiro en 1992.

En la mayor parte de los países de América del Sur, el cambio en el uso del suelo es un problema que preocupa debido a su posible impacto en el calentamiento del planeta. Según el Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), durante los últimos 50 años, las temperaturas de la superficie de la Tierra aumentaron al **doble de velocidad** que lo observado durante la primera mitad del siglo XX.

Consultada por la Revista RIA sobre las causas de los niveles de deforestación mundial, la experta en Cambio Climático del INTA Castelar y participante del IPCC por la Argentina, Graciela Margrín, comenta que "en gran parte, todo esto está supeditado a la extensión de la frontera agrícola que también se relaciona con el aumento de la demanda mundial de alimentos y de biocombustibles, y desencadena una **presión muy fuerte sobre los sistemas forestales**". El dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O) son los tres principales GEI relacionados al sector agropecuario.

El director general de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por su siglas en inglés), José Graziano Da Silva, sostiene que "los **bosques con-**

tribuyen decisivamente a la **mitigación del cambio climático** y al suministro de productos y servicios ecosistémicos fundamentales para la prosperidad de la humanidad”.

Al igual que el suelo y el agua, **los bosques nativos son sistemas vitales**. Forman parte del sistema climático y, tal como explica a la Revista RIA el investigador forestal del INTA Balcarce, Pablo Laclau, constituyen “un sumidero de carbono capaz de hacer frente al cambio climático, ya que fijan una **parte importante del CO₂** que la actividad industrial, la ganadería y la propia deforestación liberan a la atmósfera”. Mientras tanto, “el reemplazo y la degradación de los bosques son fuentes de emisión de ese gas”, comenta.

La materia orgánica de los vegetales está conformada en gran parte por ese componente, que capturan a través de la fotosíntesis. En el caso de los árboles, al crecer, lo fijan en la madera, que “es un almacenador, como una batería que toma el carbono del aire y lo retiene por muchos años”, indica Laclau. Una gran cantidad de CO₂ pasa al suelo a través de las raíces y se transforma en carbono orgánico que puede ser retenido por cientos de años.

El petróleo, precisamente, es el resultado de bosques que existían hace millones de años sobre la Tierra que tomaron carbono de la atmósfera y, a través de procesos geológicos complejos, tuvieron una descomposición regulada. Por eso es que el consumo de combustible libera el carbono que los vegetales secuestraron hace miles de años.

¿Cómo mantener la integridad del bosque?

A lo largo de la historia mundial, la deforestación con fines de expansión agrícola y urbana estuvo asociada al desarrollo económico. A este proceso, sumado a la degradación de los recursos naturales resultante de los modelos de desarrollo, la humanidad respondió con un nuevo concepto: **el “desarrollo sostenible”**, que se refiere al desarrollo actual sin comprometer a las generaciones futuras.

Graziano Da Silva sostiene que “la buena noticia es que la deforestación deja de ser un problema grave en la mayor parte de los países que han alcanzado cierto nivel de desarrollo económico y han adoptado prácticas forestales acertadas sobre la base de compromisos políticos”. Sin embargo, reconoce que “la **incorporación de los bosques en toda estrategia** de futuro sostenible no es optativa, sino obligatoria”. Esto significa que deben aplicarse en todo el mundo prácticas de “manejo forestal sostenible” que se basen en la idea de que **todo árbol utilizado debe sustituirse por otro nuevo**.

Para Daniel Somma, director del Centro Regional Buenos Aires Norte, el desafío implica también trabajar en aumentar la eficiencia de la superficie actualmente destinada a las actividades agrícolas, “sin pensar en el incremento de tierra dedicada a la producción agropecuaria a expensas de las tierras forestales”. En este sentido, sostiene que se deben “intensificar las acciones de investigación en cuanto a la imple-

“LA INCORPORACIÓN DE LOS BOSQUES EN TODA ESTRATEGIA DE FUTURO SOSTENIBLE NO ES OPTATIVA, SINO OBLIGATORIA” (JOSÉ GRAZIANO DA SILVA).



mentación de programas de silvicultura con **prácticas de manejo forestal del bosque nativo**, porque ahí existe todo un potencial de producción forestal, maderera y de productos no maderables del bosque que hasta el momento han sido subutilizados”.

Asimismo, el antes investigador del INTA Delta del Paraná destaca que la responsabilidad de **mantener la integridad del bosque**, sobre todo en lo que respecta al funcionamiento de las cuencas hidrográficas, establece un límite a las posibilidades de conversión de tierras forestales a tierras agrícolas (ver recuadro: “**Protección legal del bosque nativo**”).

Según las estimaciones oficiales, en el año 1918 la Argentina tenía alrededor de **100 millones de hectáreas de bosques nativos**. Hoy, en cambio, a partir del Inventario Nacional de Bosques Nativos realizado hacia fines de los 90 y actualizado con monitoreos periódicos por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, se calcula una superficie de alrededor de 30 millones, distribuidas mayormente en 6 ecorregiones: Bosques Patagónicos, Chaco Seco, Chaco Húmedo, Selva Paranaense, Yungas y Espinal.

La promulgación de la **Ley 26.331** de Presupuestos Mínimos para la Protec-

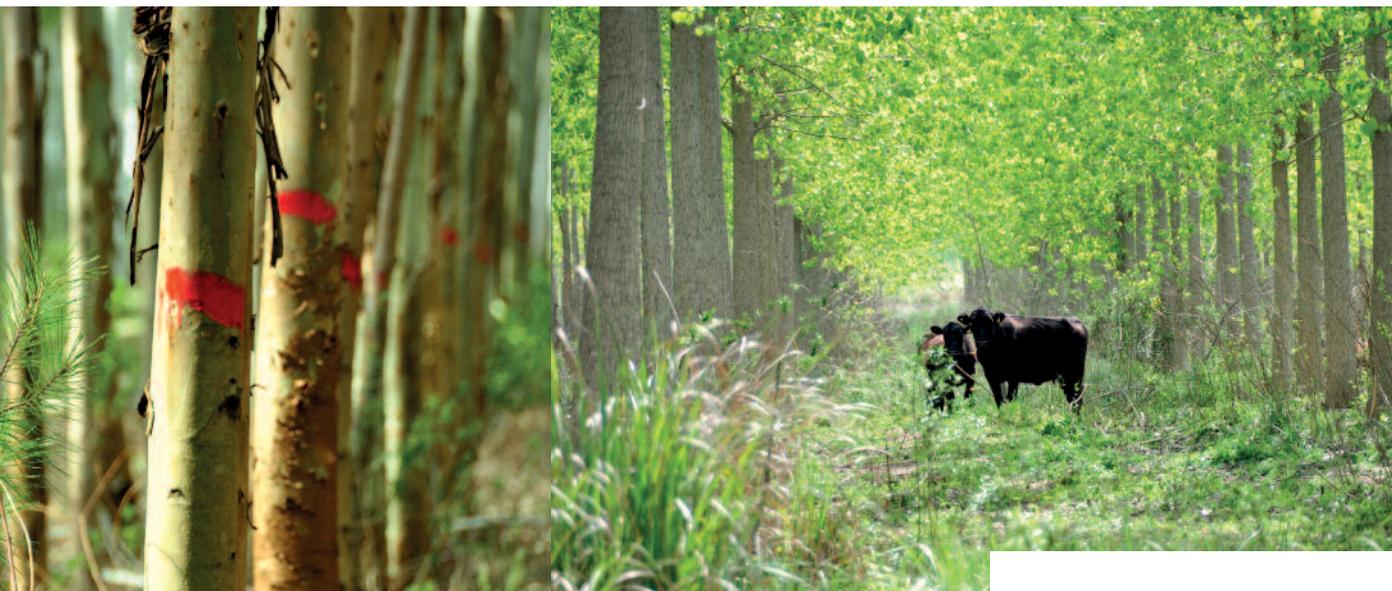
PROTECCIÓN LEGAL DEL BOSQUE NATIVO

Según Alejandro Brown de la Fundación Proyungas, “el Censo Nacional Agropecuario del año 1937 identificó una superficie de 37.535.306 hectáreas de bosque”. Según considera, con la Ley 26.331 “por primera vez la Argentina acepta que dispone de una importante superficie que será destinada a la obtención de recursos productivos, pero sin que el bosque pierda su condición”.

En su artículo primero, establece “los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos, y de los servicios ambientales que éstos brindan a la sociedad”.

Entre otros objetivos, busca promover la conservación mediante el Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos, regular y controlar la disminución de la superficie de esos bosques y fomentar las actividades de enriquecimiento, conservación, restauración mejoramiento y manejo sostenible de los bosques nativos, entre otras finalidades.

“PARA ELIMINAR CARBONO ATMOSFÉRICO DE UNA MANERA EFICIENTE Y ECONÓMICA, PLANTAR ÁRBOLES ES UN CAMINO POSIBLE” (PABLO LACLAU).



¿POR QUÉ AUMENTA LA TEMPERATURA DEL PLANETA?

El dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) y los clorofluorocarbonos (CFCs), conocidos como Gases de Efecto Invernadero (GEIs), forman parte de la composición natural de la atmósfera terrestre. Junto con el vapor de agua y otras partículas en suspensión, estos gases retienen las radiaciones térmicas que la Tierra toma del Sol y las devuelven en un proceso que permite al planeta alcanzar una temperatura adecuada para el desarrollo de la vida. Al incrementarse la concentración de esos GEI, aumenta la retención de radiaciones infrarrojas. Esto potencia el efecto invernadero y, en consecuencia, aumenta la temperatura. Así se produce el calentamiento global.

Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), la concentración del CO₂ en la atmósfera, que durante el siglo XIX era de 260 partes por millón (ppm), llegó a 360 en 1998, 380 en el 2005 y se estima que alcance las 500 ppm en el 2050. En el caso del CH₄, ligado a la actividad ganadera, los valores han evolucionado de 700 ppb a 1750 y luego a 1780 para esos mismos años, con una proyección de 1960 ppb para el 2050.

ción de los Bosques Nativos de la Argentina en el año 2007 estableció la necesidad de planificar el **uso sostenible** y de la **conservación del patrimonio natural nativo** que obliga a las jurisdicciones provinciales a realizar planes de ordenamiento territorial de sus superficies de bosques nativos para determinar qué áreas pueden ser transformadas, manejadas forestalmente o protegidas.

“Es un paso importante, necesario pero no suficiente”, señala Somma, quien advierte que se deben “generar acciones complementarias e, incluso, intensificar algunas pautas de política pública forestal previstas en la ley, como la imperiosa necesidad de fortalecimiento de los servicios forestales provinciales”.

Dado que en muchos casos la conservación de los bosques nativos debe enfrentarse también a las necesidades derivadas de la pobreza, “la única manera de preservar su integridad es **agregar valor** a los productos que se extraen de él”, asegura el coordinador de investigación forestal del INTA,

Tomás Schlichter, quien a su vez sostiene que frenar la deforestación “no es únicamente cuestión de prohibir, sino que hay que darle valor económico al bosque”. En este sentido, destaca la situación de los bosques andino-patagónicos que no sufren la presión de la deforestación porque son una fuente de turismo invaluable.

Hacia sistemas productivos sustentables

Mitigar el calentamiento global requiere también la reducción de las emisiones de GEI. Según el director del Equipo Interdisciplinario para el Estudio de Procesos Atmosféricos en el Cambio Global de la Pontificia Universidad Católica Argentina e integrante del IPCC, Pablo Canziani, “ahí es donde el sector agropecuario es muy importante porque la **deforestación** y las **técnicas de agroindustria** actuales son la segunda causa de emisiones de esos gases en el mundo”.

El desafío que se presenta a nivel mundial es manejar la producción de

CON UN CONJUNTO DE BUENAS PRÁCTICAS SILVICULTURALES ES VIABLE IMPLEMENTAR SISTEMAS PRODUCTIVOS SUSTENTABLES PARA EL BOSQUE NATIVO.

alimentos sin generar debilitamiento de suelos ni avanzar sobre los bosques y, complementariamente, **recuperar los que se han perdido** mediante la plantación de especies forestales y otras técnicas que conduzcan a la restauración forestal. Según Schlichter, “hoy se intenta bajar la tasa de emisión de GEI a través de un **esfuerzo colaborativo mundial** para disminuir los ritmos de deforestación y degradación de bosques”, en un proceso que, desde la Conferencia de las Partes realizada en Bali en 2007 (COP13), se conoce como REDD+.

Según expresa la FAO en la edición 2012 de su informe **Situación de los bosques del mundo**, “para hacer frente a la mayor demanda (futura) de alimentos, forraje, fibra, combustible y madera habrá que hacer un uso óptimo de la energía, emprender una restauración ambiciosa del paisaje, establecer plantaciones intensivas donde sea

preciso, llevar a cabo actividades agroforestales innovadoras y coordinar todas las actividades que repercutan en el paisaje tales como la agricultura, la ganadería, las actividades forestales, la caza, la pesca o la conservación de la biodiversidad”.

Por su parte, Laclau señala que “para eliminar carbono atmosférico de una manera eficiente y económica, plantar árboles es un camino posible”. El especialista advierte que también se debe “evitar la deforestación” y asegura que si los **aprovechamientos** forestales no están bien manejados, degradan el bosque: le quitan cantidad de árboles y se pierde calidad ambiental y productiva.

Por ello, mediante un conjunto de **buenas prácticas silviculturales** es posible implementar **sistemas productivos sustentables** para el bosque nativo y encontrar **alternativas tecnológicas** para que el ganado pueda

convivir con el sistema forestal sin deteriorarlo. Al respecto, Laclau comenta que el INTA trabaja activamente en “buscar **tecnologías de uso silvopastoril apropiadas** que permitan ubicarse en una situación de transición en la que no se pierdan las propiedades fundamentales de un bosque: la infiltración del agua, la fotosíntesis, la captura de carbono, la supervivencia de muchas especies invertebrados o mamíferos que forman parte de la cadena ecológica, el agua y la contención de la erosión”. El especialista concluye que el INTA trabaja en todo el país en estos proyectos que permiten mitigar el cambio climático además de sostener economías regionales.

Más información:

Daniel Somma -
somma.daniel@inta.gov.ar
Pablo Laclau -
placlau@correo.inta.gov.ar



**HOY EL DESAFÍO ES MANEJAR
LA PRODUCCIÓN DE
ALIMENTOS SIN GENERAR
DEBILITAMIENTO DE SUELOS
NI AVANZAR SOBRE LOS
BOSQUES.**



ESTADÍSTICA

Convertir datos en conocimiento científico

Fue considerada una herramienta pero hoy toma cada vez más valor a partir de las nuevas tecnologías y la acumulación de datos que hacen replantear y ampliar el ámbito de influencia de esta disciplina que se renueva constantemente.

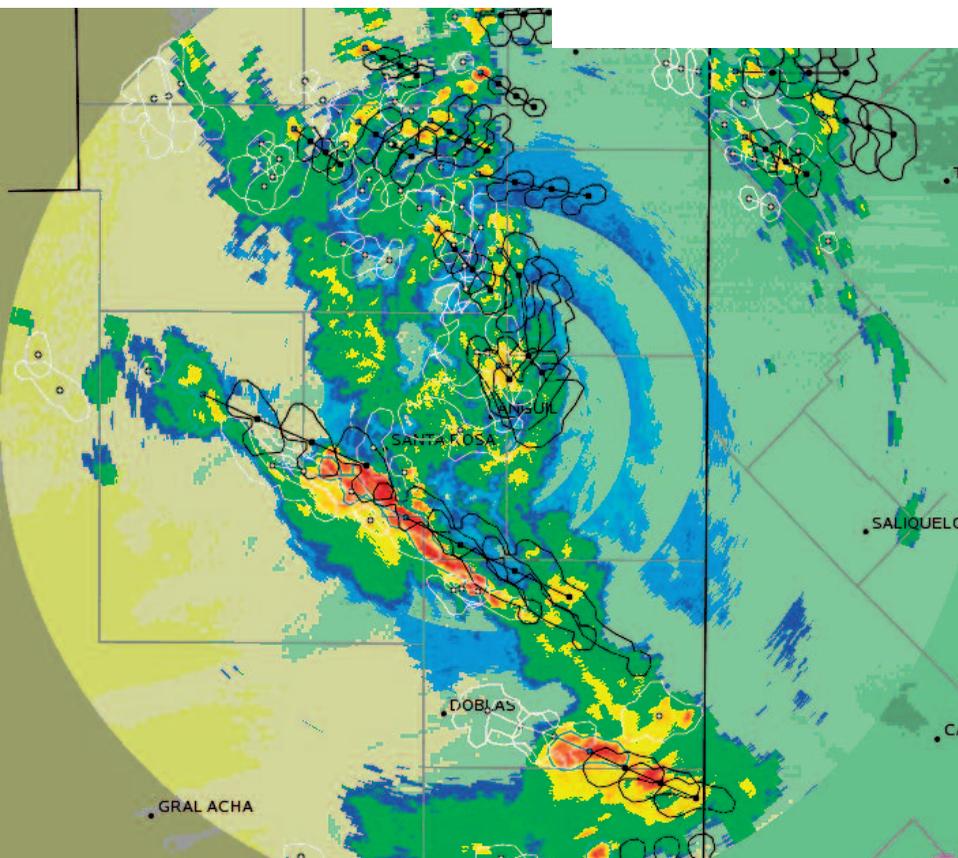
Datos, datos y más datos. Estamos rodeados por ellos, inmersos en ellos, aunque a veces no lo sepamos ni los entendamos. Incluso al abrir esta revista, la mente interpreta los datos que se captan al mirar: números, colores, formas, gráficos y letras. Sin embargo, de acuerdo a cómo son presentados, muestran un tipo de información única. Salvando las distancias (grandes o pequeñas), algo similar proporciona la estadística: ver más allá y extraer información a partir de esos datos que derivarán en conocimiento y viceversa.

“Muchas veces es considerada como una **herramienta** para la investigación pero también es, en sí misma, una **disciplina científica** ya que, para poder coleccionar, analizar e interpretar grandes volúmenes de datos, no sólo hay que usar métodos estadísticos sino también desarrollarlos”, asegura a la Revista RIA la especialista en estadística de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Mónica Balzarini.

Para Francisco Babinec y Priscila Willems, dos especialistas en estadís-

tica que se desempeñan en el INTA Anquil y Bariloche, respectivamente, “es importante avanzar en su conocimiento y difusión para **favorecer la aplicación de metodologías** alternativas y de avanzada puestas al alcance del investigador y del extensionista”. En este sentido, la estadística interviene desde el momento inicial del trabajo hasta la fase final de análisis, interpretación y elaboración de conclusiones.

Las ciencias agropecuarias la utilizan para generar nuevos conociemien-



“LA ESTADÍSTICA NOS PROTEGE. LA CONCLUSIÓN ERRADA PROVEE INFORMACIÓN QUE PRONTO SERÁ EXPULSADA DEL CUERPO DE CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS” (MÓNICA BALZARINI).

tos puesto que requieren de experimentos y estudios. Por ello, “el primer paso de una investigación debe ser una **planificación cuidadosa de la experiencia** en total coherencia con los objetivos planteados, con una diferenciación clara entre ensayos experimentales y estudios observacionales”, aseguran los profesionales. Es que existen procedimientos para tratar e inferir a partir de los datos conseguidos de acuerdo a cómo fueron tomados, por lo que siempre habrá un **protocolo más adecuado que otro**. En los experimentos, el investigador controla ciertas variables o condiciones y puede postular relaciones causa-efecto, mientras que en los estudios observacionales captura los datos de la realidad tal cual son y puede identificar factores o fuentes de variación.

No obstante, si bien en casi la totalidad de las investigaciones agropecuarias se usa la Estadística debido a que los fenómenos en estudio se miden en más de una unidad, también existen ciertos casos que no tienen esa naturaleza ya que son imposibles de repetir en las mismas condiciones pero que son muy importantes para el avance científico como el análisis anatómico

de un tejido vegetal o el estudio cualitativo de una realidad social.

Nuevas tecnologías, nueva Estadística

A su vez, los nuevos avances tecnológicos en el campo de las telecomunicaciones ocurridos en los últimos años han acelerado ciertos avances científicos. Es que la automatización de procedimientos de captura de información que se presentan en los secuenciadores de ADN, las imágenes satelitales, las estaciones meteorológicas automáticas y los sensores de propiedades del suelo, por ejemplo, generan importantes volúmenes de datos y **nuevos desafíos estadísticos e informáticos** para su almacenamiento, análisis y uso en tiempo real.

Balzarini sostiene que por este motivo “la estadística se **recrea continuamente**: hay que pensar en nuevos métodos, nuevos algoritmos y nuevos protocolos de análisis, porque los que fueron desarrollados para manejar 100 datos, hoy no funcionan bien con miles y cientos de miles”. Pero lo distintivo de esto es que esta abundancia de datos

también llevó a que la Estadística sea considerada una disciplina dinámica y no una herramienta estática.

En ese caso, el conjunto de modelos es tan amplio que se empezó a **agruparla según el tipo de datos** con el que se trabaje. Entre las ramas más comunes en las Ciencias Agropecuarias se encuentran la **Geoestadística**, la **Bioestadística** y el **Data Mining** (este último busca explorar y analizar grandes cantidades de datos para descubrir reglas y patrones significativos a partir de medios automáticos o semiautomáticos).

La primera se especializa en el análisis de conjunto de **datos espaciales o espaciotemporales**. Fue originalmente desarrollada para mejorar las operaciones mineras mediante la observación de la distribución en el espacio geográfico de diversos minerales. En las Ciencias Agropecuarias su utilización está fuertemente ligada con el estudio de datos georreferenciales empleados en la **agricultura de precisión** que, además de información matemática, también utiliza tecnología de avanzada como GPS, SIG, sensores, satélites e imágenes aéreas.

“UN PASO IMPORTANTE DE UNA INVESTIGACIÓN DEBE SER UNA PLANIFICACIÓN CUIDADOSA DE LA EXPERIENCIA” (BABINEC Y WILLEMS).

HISTORIA DE LA ESTADÍSTICA AGROPECUARIA

“Estadística” proviene de “Estado” debido a que era función de éste registrar la población, los nacimientos, las defunciones, los impuestos y las cosechas, entre otros. La finalidad fue tener datos cifrados sobre la población y sus condiciones materiales de existencia.

Si bien los orígenes de la disciplina pueden remontarse al cálculo de probabilidades de Blaise Pascal en el siglo XVII, es con los trabajos de Francis Galton, Karl Pearson y William Gosset (“Student”) a fines del siglo XIX y principios del XX, y por las importantes contribuciones de Ronald Fisher (primera mitad del siglo XX) que se establece la estadística como herramienta fundamental en la investigación científica y tecnológica modernas en el ámbito agropecuario, explican Babinec y Willems, del INTA Anguil y Bariloche, respectivamente.

En 1919 Fisher comenzó a desempeñarse como investigador en la Estación Experimental Agropecuaria de Rothamsted en Inglaterra, donde se dedicó al diseño de experimentos y elaboró sus trabajos sobre el análisis de varianza. El profesional aportó mucho al uso de la estadística en las Ciencias Agropecuarias al introducir y desarrollar ideas originales en el campo de la inferencia estadística y en el de diseño de experimentos.

“Los trabajos posteriores de William Cochran, Gertrude Cox, George Snedecor, Walter Federer, Charles Henderson, David Cox, John Nelder y H. D. Patterson entre muchos otros, le dieron forma a la disciplina tal como la conocemos hoy y en particular a los diseños experimentales de amplia difusión en el ámbito de la investigación agropecuaria”, afirmaron los especialistas.

“El uso correcto de las herramientas de la agricultura de precisión y el manejo de insumos y cultivos según ambientes, permite que los productores sean precisos y eficientes”, indica Andrés Méndez, del proyecto Máquinas y Agrocomponentes Precisos del INTA.

Por otra parte, la segunda rama estudia los problemas planteados dentro de las ciencias de la vida como la **Medicina, la Biología y la Agronomía**. Debido a que los organismos vivos con los que trabaja son muy variados (humanos, animales, plantas, microorganismos, etc.), esta disciplina se encuentra en constante desarrollo. En este sentido, “incluye no sólo herramientas para el análisis estadístico

descriptivo de datos biológicos, sino también el uso de numerosos procedimientos y algoritmos de cálculo y computación para el análisis inferencial, el reconocimiento de patrones en los datos y la construcción de modelos que permitan describir y analizar procesos biológicos de naturaleza aleatoria”, se explica en el libro “¿Qué es la bioestadística?” de la Cátedra de Estadística de la UNC. Esta es una materia que se encuentra en expansión junto con la **Bioinformática** debido a las nuevas biotecnologías y las cantidades de datos biológicos que se generan actualmente.

A su vez, para Babinec y Willems “el mapeo de genes que emplean técni-

cas de biología molecular ha generado inmensas bases de datos cuyo análisis está en continuo desarrollo”. Esto se verá agudizado cuando se profundice con el uso de herramientas como la proteómica, metabolómica, transcriptómica, etc.

Por último, la especialista en **Data Mining** del INTA Anguil, Yanina Bellini, explica a RIA que la aplicación de esa herramienta es “muy reciente” en las Ciencias Agropecuarias en la Argentina. Los desarrollos de modelos se han concentrado en la estimación de superficie, producción o rendimiento de diferentes cultivos y en aplicaciones de la biotecnología. Por ejemplo, en el INTA Corrientes se estudió la generación de



modelos hidrológicos para predecir el caudal de dos ríos de esa provincia con dos meses de anticipación. De esta forma, también se generaron modelos de estimación de granizo en superficie basados en datos proporcionados por radares meteorológicos del INTA, la identificación de sistemas productivos preponderantes en La Pampa y el análisis de micromatrices para caracterizar la coexpresión de genes.

Para Bellini, “la minería de datos nos permite contar con un **nuevo y poderoso set de herramientas** para su análisis e interpretación. Queda claro que la aplicación de estas técnicas, muchas de naturaleza Estadística, sólo se restringe a la disponibilidad de la in-

formación, la imaginación de los especialistas y el trabajo interdisciplinario”.

Mitos y realidades

Uno pensaría que esta sobreabundancia de datos haría más fácil el desarrollo de la investigación agropecuaria y, de hecho, en cierto aspecto esto es verdad si se considera el uso de las nuevas tecnologías también para su análisis. Según Balzarini, “**hoy se ha complejizado el cálculo** mediante la inclusión de más variables y sus interacciones, pero con los computadores esto ya no es un problema, y los resultados de los estudios se aproximan más a la realidad porque ella es com-

“LA ESTADÍSTICA ES CONSIDERADA UNA HERRAMIENTA PARA LA INVESTIGACIÓN PERO TAMBIÉN ES UNA DISCIPLINA CIENTÍFICA” (MÓNICA BALZARINI).

LOS NUEVOS AVANCES TECNOLÓGICOS GENERAN IMPORTANTES VOLÚMENES DE DATOS Y NUEVOS DESAFÍOS ESTADÍSTICOS E INFORMÁTICOS.

pleja”. Por este motivo, el conocimiento agropecuario de las últimas décadas fue más marcado que en los primeros años del siglo XX (ver recuadro “Historia de la Estadística...”).

Para los especialistas del INTA, esta facilidad que existe en el uso de los nuevos programas estadísticos y la variedad de métodos disponibles puede conducir a **análisis inadecuados o a interpretaciones incorrectas**, por lo que señalan que “muy especialmente, se debe tener un conocimiento mínimo de las características básicas de las metodologías, su ámbito de aplicación y correcta utilización”.

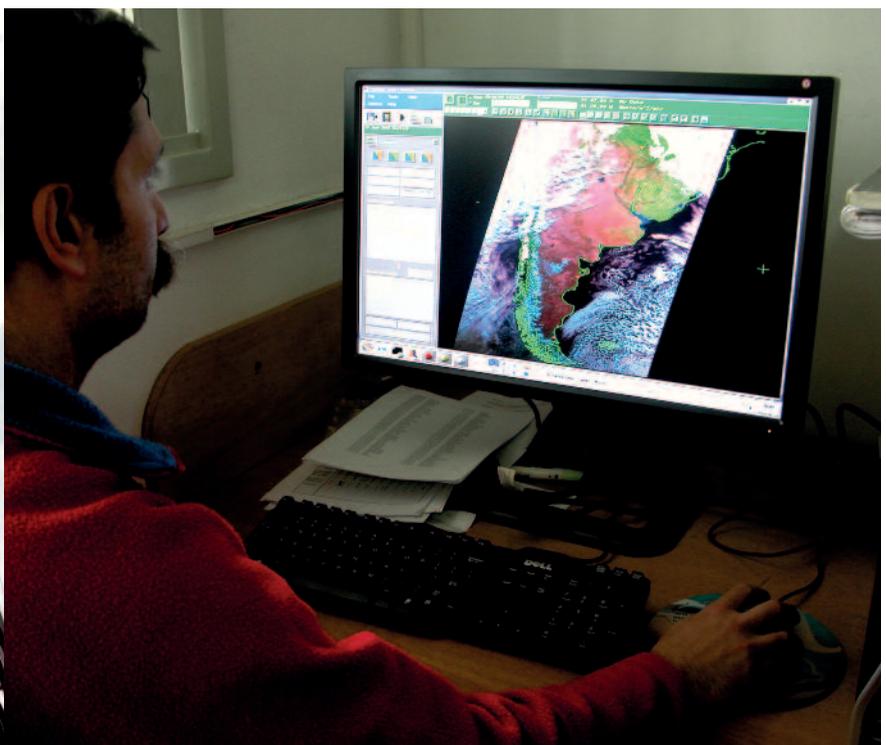
Aún así, modificar los datos a conveniencia personal es un mito muy presente cuando se habla de Estadística, aunque tarde o temprano la tergiversación se pone en evidencia. En este sentido, Balzarini afirma que, debido a que las conclusiones se basan en repeticiones, valores esperados y contemplan los errores aleatorios, la persona que fuerce estas conclusiones **sólo conseguirá hacerlo una vez y la realidad, tarde o temprano, quedará a la vista**. “La Estadística nos protege, puesto que lo que no sea cierto tiene baja probabilidad de repetirse, por lo que la conclusión errada provee información que

pronto será expulsada del cuerpo de conocimientos científicos”, concluye.

Más información:

Mónica Balzarini, balzari@agro.uncor.edu
Es Ing. Agr. graduada de la UNC, especialista en Estadística Aplicada y miembro del CONICET. Integró el equipo que desarrolló InfoStat, el primer software de análisis estadístico del país.

Priscila Willems, pwillems@bariloche.inta.gov.ar
Es Estadística graduada de la UNR, y especialista en Biometría y Metodología multivariada.
Francisco Babinec, babinec.francisco@inta.gov.ar
Es ingeniero agrónomo egresado de la UN-LaPlata. Se desempeña en el INTA Anguil y es docente de Estadística en la UN La Pampa.



LA CIENCIA EN LA REGIÓN

“Latinoamérica se destaca en Biociencias”

Así lo afirma el experto en políticas de I+D y Cooperación, **Jesús Sebastián**, en una entrevista exclusiva con la Revista RIA. Fortalezas y debilidades de la ciencia que se aplica desde la región para el mundo.

“Las ciencias médicas junto con las naturales y la etnografía fueron pioneras en la investigación en América Latina. La cooperación internacional favoreció el desarrollo de estas áreas y muchos investigadores se formaron en el exterior para crear capacidades en cada país”.

El especialista español en política científica y cooperación internacional, Jesús Sebastián, señala que esta región históricamente **sobresale en el ámbito de las biociencias**, entre las que se encuentran la biomedicina, la biodiversidad y las ciencias agropecuarias, entre otras.

No obstante, opina que para lograr un impacto importante en el desarrollo científico es necesario un **“fuerte apoyo político”** que fomente las actividades de Investigación y Desarrollo (I+D).

A su vez, en lo que respecta al ámbito agropecuario, el exvicepresidente de Política Científica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), recomienda que esas actividades se encuentren insertas en las características del entorno **social y económico** en que se desenvuelven.

“A futuro habría que considerar esa investigación con un enfoque multidimensional y multidisciplinar que incorpore la dimensión **ambiental, social y agroindustrial**”, recalca Sebastián quien considera que el INTA “ha sabido conectar los intereses científicos con las necesidades del desarrollo del país con contribuciones muy relevantes para el avance del conocimiento en la biotecnología vegetal y en las técnicas agrarias”.



**“LA I+D NO ESTÁ
ENTRE LAS PRIORIDADES
POLÍTICAS DE MUCHOS PAÍSES
DE AMÉRICA LATINA,
SI BIEN TODOS LOS
DISCURSOS LA INCORPORAN”.**

¿Cómo se percibe en el resto del mundo a la ciencia que se desarrolla en América Latina?

En los últimos 15 años ha habido un **incremento** de su peso a nivel mundial, si bien con grandes **asimetrías** entre los países. El impulso dado por Brasil y, con ciertas discontinuidades, por la Argentina se destacan.

¿Cuáles son las temáticas de investigación en las que sobresale la región?

Por razones históricas y por la composición de las comunidades científicas, el ámbito de las “**bio**” es el más sobresaliente (biomedicina, biodiversidad, ciencias agrarias, biología molecular y las biotecnologías, entre otras), seguidas por la **física** y la **química** de productos naturales. Por último, parecen tener menor proyección internacional las **ciencias sociales** a pesar de estar muy presentes en los países.

¿Por qué considera que las biociencias ocupan ese lugar?

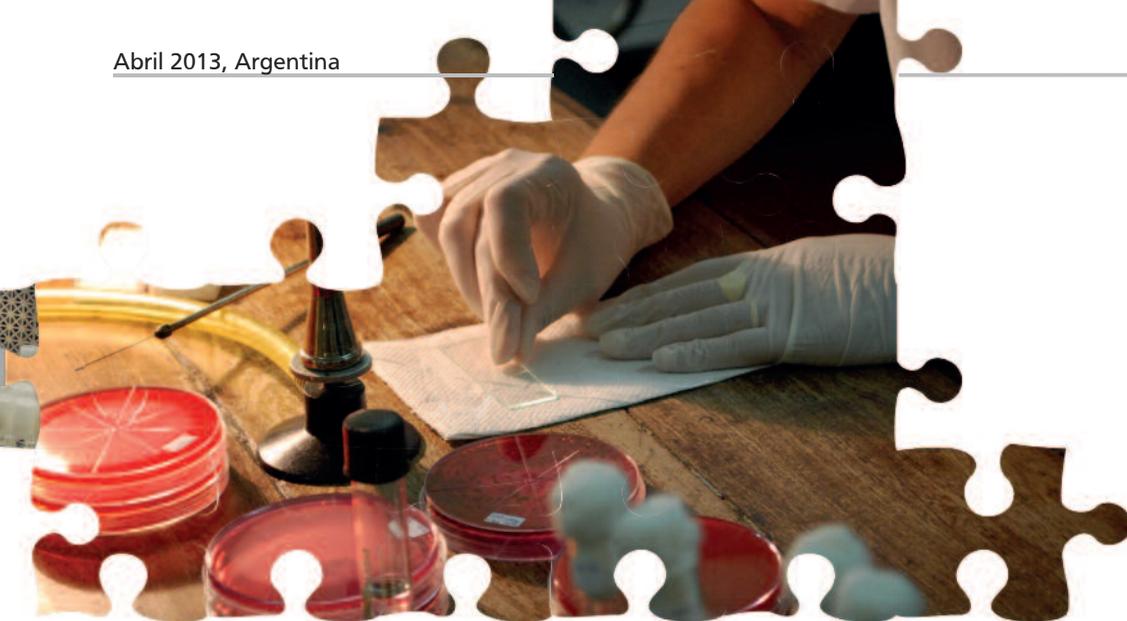
Hay razones históricas: las ciencias médicas junto con las naturales y la etnografía fueron **pioneras** en la investigación en América Latina. La **cooperación internacional** favoreció el desarrollo de estas áreas y muchos investigadores se formaron en el exterior para crear capacidades en cada país. No hay que olvidar que los tres Premios Nobel en Ciencias de América Latina, además de ser argentinos, fueron “bios”.

En este sentido, ¿Qué papel percibe que posee la investigación agropecuaria? ¿Cuáles podrían ser los próximos retos?

Me parece que es un sector fundamental si se considera la estructura productiva y social de muchos países latinoamericanos como la Argentina. No obstante, creo que a futuro habría que considerar esa investigación con un **enfoque multidimensional y multidisciplinar** que incorpore la dimensión ambiental, social y agroindustrial. La investigación agropecuaria debe estar inserta dentro de la cadena alimentaria y articularse con la industria agroalimentaria de transformación y distribución y con otros sectores industriales relacionados con la utilización alternativa de la producción agropecuaria. Por otra parte, debe estar inserta en las características del **entorno social y económico** en el que se desenvuelve la actividad agropecuaria e incluir los **aspectos ambientales** relacionados con el uso de agua, los desechos y los agroquímicos, entre otros.

¿Qué importancia tiene el INTA en el desarrollo de esas ciencias en la Argentina?

Sé de sus importantes aportes al desarrollo de la agricultura y la ganadería de ese país y tengo la impresión de que ha sabido conectar los **intereses científicos** con las **necesidades del desarrollo** a partir de contribuciones muy relevantes para el avance del conocimiento en la biotecnología vegetal y en las técnicas agrarias.



¿Cree que las instituciones de investigación están cumpliendo con su rol?

Por un lado, algunas instituciones responsables de las **políticas científicas** y el fomento de la I+D tienen un notable impacto en el desarrollo científico de los países pero hay otras que carecen del apoyo político por lo que apenas tienen impacto. La I+D no está entre las prioridades políticas de muchos países de América Latina, si bien todos los discursos la incorporan.

A su vez, hay que considerar si las orientaciones de las **políticas científicas** son las más adecuadas. En mi opinión son mayoritariamente “blandas” porque se limitan a generar instrumentos para financiar la demanda espontánea de los grupos de investigación. En muchos casos faltan políticas con **orientaciones estratégicas** y una mejor identificación de **prioridades**. El desarrollo del país no sólo debe entenderse como económico, sino también social. América Latina tiene un problema estructural de inequidad, por lo que la política científica debería también enfocarse como un instrumento para favorecer la inclusión social.

También es importante establecer orientaciones en relación a los **nuevos ámbitos científicos** que surgen por fusión de disciplinas y tecnologías como las “nano”. Deberían desarrollar capacidades de investigación en estos ámbitos, no para ser líderes, sino para tener capacidades propias para comprender y asimilar los nuevos conocimientos.

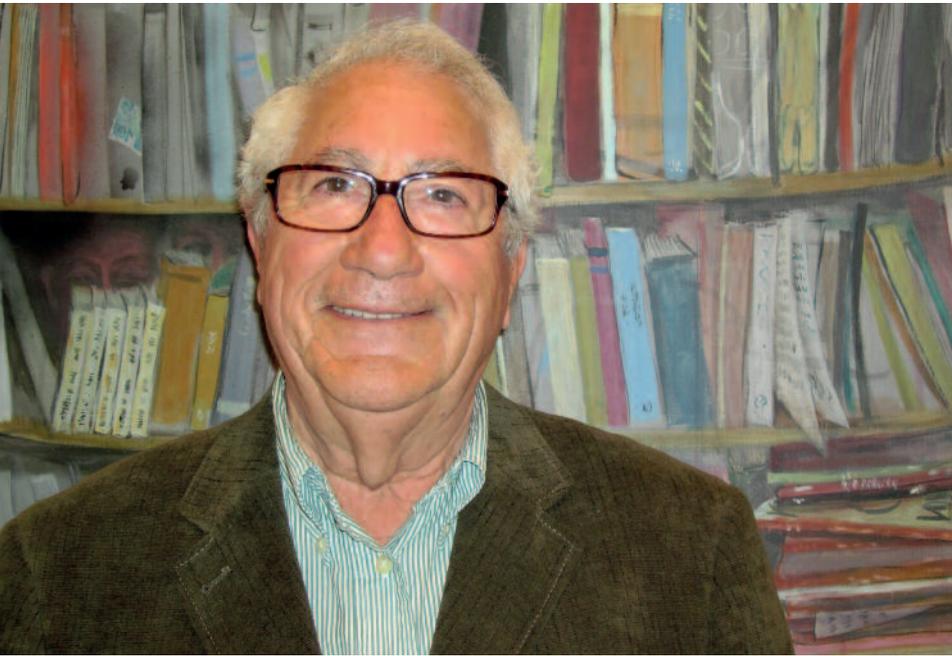
La Argentina ha marcado el rumbo del desarrollo científico durante la primera mitad del siglo XX. ¿Cómo ve el desarrollo científico del país hoy?

Si se analiza la evolución del desarrollo científico y de las políticas científicas asociadas a ella, la Argentina presenta una **trayectoria muy representativa**.

Hoy creo que está en un momento “dulce” de su desarrollo: si bien su **inversión en I+D** ha aumentado en los últimos 10 años, creo que debería ser mayor (0,6% del PBI). A su vez, el **número de investigadores** por 1000 personas económicamente activas es el más alto de América Latina, pero también es relativamente bajo (2,7). Es interesante señalar que tiene una muy buena nota en el tema de género ya que **el 50,3% de los investigadores argen-**

“UN PROGRAMA DE FORMACIÓN DE INVESTIGADORES EN EL EXTERIOR FOCALIZADO HACIA DETERMINADAS ÁREAS SE PUEDE APROVECHAR MEJOR”.





“LA CREACIÓN DE CENTROS DE I+D EN OTROS PAÍSES ES UNA ACELERADOR DEL DESARROLLO CIENTÍFICO”.

tinios son mujeres. Argentina es el **tercer productor de doctores**, tras Brasil y México. En 2009 se graduaron como doctores 937 personas, número que casi multiplica por cinco los que se graduaron en 2000. **También es el tercer país en producción científica indexada.** Ahora bien, estas cifras no ilustran sobre un aspecto que me parece fundamental: la **pertinencia de la investigación** que se lleva a cabo que, en mi opinión, está muy asociada a las estrategias, prioridades e incentivos de las políticas científicas y tecnológicas, por un lado, y al compromiso social y ético de las comunidades científicas. El análisis y evaluación de la pertinencia es un asunto pendiente que no se refleja en los indicadores habituales y es un tema de investigación abierto en los estudios sociales sobre la ciencia y la tecnología.

En algunos países de la región existen programas de repatriación de científicos. ¿Qué piensa de éstas iniciativas y qué requerimientos necesitaría su implementación?

En varios países, incluyendo España, en los que existen iniciativas con este objetivo, los éxitos han sido muy **desiguales** y, en general, **modestos**. La **reinserción de investigadores asentados** y con brillantes carreras en el extranjero suele ser más difícil, ex-

cepto que se den determinadas condiciones personales o las ofertas sean muy atractivas desde el punto de vista de las condiciones de trabajo y su entorno. Aún así, como alternativa se pueden definir oportunidades para aprovechar a los investigadores nacionales en el exterior para actividades de formación, movilidad, intermediación, proyectos conjuntos y otras.

Por otra parte, en el caso del **retorno de investigadores formados en el exterior**, lo que la experiencia señala es que los programas de formación que no se fundamentan en unas capacidades de absorción realistas y supongan que espontáneamente los investigadores formados serán incluidos en el sistema científico técnico generan frustración. Un programa de formación en el exterior focalizado hacia determinadas áreas de conocimiento puede aprovechar mejor las infraestructuras y las culturas colaborativas de investigación. La estimación en Brasil de que un alto porcentaje de los investigadores formados en el exterior sería absorbido por la industria ha resultado poco realista.

A su vez, ¿Qué beneficios presentaría trabajar en los propios países con sedes de instituciones extranjeras?

La dimensión internacional es actualmente un componente intrínseco de

los procesos de generación de conocimiento. Una de sus expresiones es la creación de centros de I+D en otros países de manera conjunta, lo que favorece el entorno para la investigación y se convierte en **acelerador del desarrollo científico en ese país**.

¿Qué país cree que se encuentra a la vanguardia de las investigaciones científicas en la región y por qué?

Brasil porque ha mantenido en los últimos 10 ó 15 años una política sostenida de fomento y orientación de su desarrollo científico y hoy en día representa cerca del 50% en la mayoría de los indicadores convencionales del ámbito de la Ciencia y la Tecnología del conjunto de países latinoamericanos.

Más información:

Jesús Sebastián

jesussebastianaudina@gmail.com

El Dr. Sebastián es investigador científico jubilado del CSIC y consultor sobre política científica y cooperación internacional. Fue vicepresidente de Política Científica del CSIC y subsecretario General del Instituto de Cooperación Iberoamericana de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI).

Pastillas

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



Jornada RIA: Alimentos y energía

La revista RIA organizó una jornada de divulgación científica a cargo del técnico del INTA e investigador del CONICET, Fernando Andrade donde se analizó el papel del hombre en la agricultura de cara a los escenarios futuros para la producción de alimentos. Con el acento puesto en el aumento de la población mundial, la necesidad de avocarse a la producción de biocombustibles y la creciente demanda de calidad y cantidad de alimentos, Andrade se refirió a la tecnología y la producción agrícola en el marco de la jornada de divulgación organizada junto con el Consejo de los profesionales del Agro, Agroalimentos y Agroindustria (CPIA).

Ganancias con fibras de llamas

Sólo el 30 por ciento de las llamas de la Argentina son esquiladas pero con una esquila sistematizada y un procedimiento estandarizado de clasificación se puede aumentar la cantidad producida y su precio. Gran parte de los más de 3.300 pequeños y medianos productores de llamas argentinos no esquilan a sus animales por no estar en contacto con los compradores o porque no cuentan con las herramientas apropiadas. Para solucionar estos inconvenientes, el INTA participó de la formación de cooperativas y asociaciones de productores que se unieron para crear centros de acopio y de capacitaciones en la clasificación de las fibras.



Probióticos industria nacional

Investigadores del INTA y del CONICET desarrollaron un aditivo en polvo para incorporar microorganismos beneficiosos para la salud en los alimentos. A partir del secado spray, lograron deshidratar las bacterias probióticas sin pérdida de viabilidad, lo que permitió facilitar, masificar y economizar su obtención y aplicación en los alimentos. Esta técnica les permitió a los investigadores deshidratar los alimentos sensibles al calor secándolos inmediatamente sin alterar los microorganismos. Según manifestaron, "a partir de ahora será más simple consumir alimentos con propiedades adicionales para la salud, lo que hará más accesible e inclusiva su utilización y permitirá mejorar las condiciones alimenticias."



Ensayos en cerdos, mejoras en humanos

Especialistas del INTA y del Instituto ENERI, realizan un trabajo interdisciplinario que consta de capacitaciones en cirugía experimental con porcinos. Éstas les permiten mejorar las técnicas de intervención ante ataques cerebrovasculares (ACV). El ACV es la segunda causa de muerte y la primera en discapacidad en la Argentina, donde se producen 120 mil casos por año, de los cuales entre un 30 y un 40 por ciento registra secuelas graves. El objetivo de esta vinculación es entrenar y capacitar a los nuevos profesionales en el desarrollo de tecnologías que puedan ser aplicadas directamente en tratamientos de seres humanos.

Zanahorias para carotenos y bioetanol

Investigadores de la Universidad Nacional del Litoral (UNL) y del CONICET diseñaron un proceso para aprovechar y evitar que las zanahorias que no se comercializan no se transformen en un contaminante ambiental. El 30 por ciento de la producción no se puede comercializar, lo que repercute tanto en los costos como en el impacto ambiental de la actividad. Por un lado, los profesionales se proponen extraer los carotenos y por otro, la utilización para la producción de biocombustibles. El desafío es agregar valor a los descartes agroindustriales y obtener el máximo de azúcares y de alcohol sin afectar los carotenos.

Políticas de publicación

Acceso abierto

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

Autores

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

Autoría del trabajo

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

Responsabilidades

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

Sugerencias

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

Naturaleza de materiales presentados

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

Conflictos de interés

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

Tipos de conflicto

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

- **Financiación:** se trata del soporte económico de la investigación (salarios, equipamiento, cobertura de capacitaciones, etc.) a través de organizaciones que puedan ganar o perder económicamente por la difusión del artículo.
- **Empleo:** pasado, presente o futuro empleo ofrecido por una organización que pueda ganar o perder económicamente a partir de la difusión del artículo.
- **Intereses personales:** acciones en compañías que puedan ganar o perder económicamente a partir de la difusión del artículo; o patentes cuyo valor pueda ser afectado por la publicación.

Confidencialidad

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

Materiales y exámenes

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

Ética en el uso de animales

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

Presencia de zearalenona en pasturas del este de Chaco

SALVAT, A.E.¹; BALBUENA, O.²; RICCA, A.³; COMERIO, R.M.⁴; ROSELLO BRAJOVICH, J.E.²; ROJAS, D.³; BERRETTA⁴, M.F.; DELSSIN, E.²; BEDASCARRASBURE, E.³; SALERNO, J.C.⁵

RESUMEN

Se estudió la presencia de zearalenona en pasturas y alimentos que son utilizados para la producción de bovinos de carne de la zona este de la provincia del Chaco. Asimismo, se realizó el aislamiento e identificación de diversas especies de *Fusarium* y se determinó su capacidad de producir zearalenona en condiciones de laboratorio. La determinación química de la toxina se realizó mediante las metodologías HPLC y ensayo inmunoenzimático (ELISA). Se analizaron 29 muestras y en 17 de ellas se confirmó la ocurrencia natural de zearalenona en cantidades variables. Se identificaron 63 aislamientos que correspondieron a *Fusarium* cf. *acuminatum*, *F. chlamyosporum*, *F. equiseti*, *F. oxysporum* y *F. semitectum*, confirmándose además la producción *in vitro* de zearalenona en 34 de éstos aislamientos.

Palabras clave: micotoxinas, *Fusarium*, pastos.

ABSTRACT

Natural occurrence of zearalenone in grassland, improved pastures and feeds for cattle in eastern Chaco province (Argentina) was surveyed. Besides, isolation, identification and toxicogenic capacity of several Fusarium species were carried out. HPLC and ELISA techniques were used for detection of the toxin. In 17 of 29 samples zearalenone presence was confirmed. Sixty- three Fusarium isolates corresponding to Fusarium cf. acuminatum F. chlamyosporum, F. equiseti, F. oxysporum and F. semitectum were identified. On the other hand, in vitro production of zearalenone was verified in 34 of these isolates.

Key words: mycotoxins, *Fusarium*, grasses.

¹INTA Castelar, Instituto de Patobiología, CICVyA-INTA. C.C. 25 1712 Castelar. Correo electrónico: asalvat@cnia.inta.gov.ar

²EEA Colonia Benítez. CR Chaco-Formosa. Marcos Briolini s/n (3505) Colonia Benítez. Chaco.

³INTA Castelar, Instituto de Tecnología de Alimentos. CIA-INTA. C.C. 25 1712 Castelar.

⁴INTA Castelar, Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola. CICVyA-INTA. C.C. 25 1712 Castelar.

⁵INTA Castelar, Instituto de Genética. CICVyA-INTA. C.C. 25 1712 Castelar.

INTRODUCCIÓN

Las micotoxinas constituyen un grupo de metabolitos de alta toxicidad producidos por diversas especies de hongos (Smith and Moss, 1985) que están relacionados con el deterioro de los alimentos y de los forrajes. Estos metabolitos ejercen su efecto principalmente por ingestión y provocan en el hombre y en los animales disturbios en la salud denominados micotoxicosis (Quiroga M.A., 2002). El género *Fusarium* contiene un gran número de especies que producen diversas micotoxinas entre la que se encuentra la zearalenona (ZEA), cuyo principal metabolito es el α -zearalenol, responsable del síndrome conocido como estrogenismo (Derache R., 1990). Ciertas condiciones como la época del año, la especie vegetal y el ambiente inciden sobre el desarrollo de los hongos y la producción de ZEA en las pasturas (Kennedy, D. *et al.*, 1998; Skládanka J. *et al.*, 2011; Laser H. *et al.*, 2003; Reed *et al.*, 2004).

El efecto tóxico que ejerce la ZEA es variable según sea la especie animal involucrada. Por ejemplo, los rumiantes en general, comparados con los monogástricos, son menos susceptibles a los efectos estrogénicos de la ZEA y en ese mismo sentido, también existen diferencias de susceptibilidad entre las diferentes especies de rumiantes (Malekinejad *et al.*, 2006). En relación a la toxicidad observada en los animales de interés económico, existen numerosos estudios realizados en Nueva Zelanda y Australia que confirman un deficiente rendimiento reproductivo de las ovejas expuestas a pasturas con ZEA sobre todo en los meses de otoño (Annual Report 1991/1992; Towers, N.R. *et al.*, 1995a; Towers, N.R. *et al.*, 1995b). Además, hay que tener en cuenta que los rumiantes alimentados con pasturas o alimentos contaminados con ZEA excretan metabolitos en la orina, como α -zearalenol, β -zearalenol, zeranol y teleranol en cantidades variables. Como es sabido, el zeranol es una droga que se utiliza como promotor de crecimiento cuyo uso se encuentra prohibido en la Unión Europea y en nuestro país. Justamente su presencia en orina es utilizada como indicador de su administración ilegal a los animales. Existen evidencias sobre la presencia de zeranol en la orina de ciervos, cabras, ovejas, bovinos y caballos que solo recibieron alimentación a base de pastos. Esta situación se encuentra estrechamente relacionada con la ocurrencia natural de ZEA (Thevis M. *et al.*, 2011; Miles C.O. *et al.*, 1996; Erasmuson, A. *et al.*, 1994; Towers, N.R. *et al.*, 1995a; Towers, N.R. *et al.*, 1995b; Launay F. M. *et al.*, 2004; Kennedy, D. G. *et al.*, 1995).

En lo que respecta a nuestro país no se registran antecedentes científicos de exposición de rumiantes a ZEA por el consumo de pasturas. No obstante, Lori, G. (comunicación personal) detectó la presencia de ZEA y *Fusarium graminearum* en gramíneas de la zona de Bragado (Buenos Aires) relacionadas con casos de abortos en cerdas. Asimismo, Louge Uriarte *et al.* (2006) hallaron ZEA en una pastura consociada del sudeste bonaerense y, por su parte, Ramírez M.L. (comunicación personal) en el año 2011, identificó especies de *Fusarium* potencialmente productoras de ZEA a partir de pasturas del noreste argentino (NEA).

Históricamente, el NEA es considerado la segunda zona de importancia en cantidad de cabezas de ganado y de producción de carne de nuestro país, sobre todo en los últimos años en donde se evidenció un progreso de la actividad ganadera de la región (Canosa F. *et al.*, 2009). El pastizal natural es el principal recurso forrajero de los rodeos vacunos para carne en la región. Las pasturas más difundidas son *Setaria*, *Dicantio* y *Estrella* en el este, mientras que *Gatton Panic* y *Gramma Rhodes* lo son en el oeste del NEA. Desde hace más de una década se fue propagando y aplicando la práctica de la suplementación invernal con granos y fuentes proteicas incluyendo recientemente el empleo de reservas en forma de heno (rollos) y el silaje de planta entera de sorgo y maíz. Tanto los insumos utilizados en la suplementación (Ricca, A.P. *et al.*, 2011) como las reservas forrajeras, las pasturas cultivadas y el campo natural pueden ser sustratos para el desarrollo de especies de *Fusarium* productoras de ZEA.

El objetivo del presente trabajo fue realizar una evaluación preliminar de la presencia de ZEA y un relevamiento de las especies fúngicas presentes con capacidad de producir esta toxina en las pasturas y alimentos durante el verano, en el este de la provincia del Chaco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Toma de muestras

El muestreo se realizó en diciembre de 2011 y enero de 2012. Se tomaron un total de 29 muestras de especies del pastizal natural y de pasturas cultivadas en siete establecimientos ganaderos situados en los departamentos 1.º de Mayo, San Fernando y San Lorenzo de la provincia del Chaco. Para las muestras de pasto verde se utilizó un cuchillo inoxidable con el cual se cortó a 10 cm de altura la muestra hasta completar aproximadamente 400 g de materia seca. Cada muestra fue compuesta por 20 a 30 sub-muestras individuales. Las muestras se tomaron por ambiente (bajo, alto, media loma) predominante en los potreros. El material muerto en forma de mantillo se tomó directamente con la mano, tratando de que no se contamine con el suelo donde estaba depositado. Además, en uno de los establecimientos, se obtuvieron muestras de heno (rollos) de diferentes gramíneas y suplementos que habían sido utilizados en el invierno anterior. Las muestras fueron acondicionadas en bolsas de papel y secadas al aire dentro de las bolsas hasta su envío, en el cual transcurrieron como máximo cinco días hasta su llegada a laboratorio donde se prosiguió con su acondicionamiento y análisis.

Acondicionamiento de las muestras

El material fresco se secó en estufa a 30 °C durante siete días y se trituró en una máquina especial para picar forrajes (TRAPP TRF70®). Este material molido se conservó en bolsas de papel a temperatura ambiente, al abrigo de la humedad y la luz solar hasta el momento de ser procesado.

Análisis de zearalenona en pastos

La extracción de ZEA, se realizó con acetonitrilo:agua (75:25) alternando agitación y sonicación durante 30 minutos. Luego de centrifugar la mezcla, se purificó el sobrenadante con columnas de inmunoafinidad (R-Biopharm). El extracto purificado fue estudiado por HPLC-FLD (Waters Alliance System) (Schuhmacher, R., *et al.*, 1998; Eskola, M. *et al.*, 2002; De Saeger, *et al.*, 2003). Los análisis se realizaron con un volumen de inyección de 30 µl. Las condiciones cromatográficas fueron: columna RP (C18; 150 x 4,6 mm; 3 mm), fase móvil de acetonitrilo:agua al 50% con un flujo de 0,2 ml/min y la detección fue a $\lambda_{exc} = 274$ nm, $\lambda_{em} = 440$ nm. El límite de cuantificación fue: 2 µg/kg.

Aislamiento e identificación de especies de *Fusarium*

Se analizaron hojas y tallos con y sin síntomas de enfermedades. El material vegetal se desinfectó con etanol 70% durante 10 segundos seguido de hipoclorito de sodio 10% durante 10 segundos extra. Se secó bajo mesada de flujo laminar y se fragmentó asépticamente con la utilización de pinzas y tijeras. Dichos fragmentos (5x5 mm) se sembraron en 20 placas de Agar Agua, adicionado con 400 ppm de cloranfenicol, a razón de cinco trocitos por caja (100 fragmentos en total). Los cultivos se incubaron durante cinco días a 25 °C – 30 °C bajo ciclos de U.V. cercano y oscuridad (12 h/12 h). Una vez desarrollados los cultivos se observaron bajo microscopio estereoscópico (Wild M5®) y el material fúngico compatible con el género *Fusarium* se transfirió asépticamente a placas de Agar Clavel y Agar Papa Dextrosa. Los cultivos se incubaron durante 14 días a 25°C - 30°C bajo ciclos de U.V. cercano y oscuridad (12 h/12 h). Se realizaron preparados entre portaobjetos y cubreobjetos con azul de algodón al 0,1% en ácido láctico al 85% como líquido de montaje. Las observaciones microscópicas se realizaron a los tres y a los 14 días de incubación con un microscopio Zeiss Axiostar Plus®. Las identificaciones se realizaron mediante la observación e interpretación de las características culturales y microscópicas de acuerdo con Gerlach & Nirenberg (1982), Nelson *et al.* (1983) y Leslie *et al.* (2006).

Análisis molecular

Un aislamiento de *Fusarium semitectum* se caracterizó a nivel de secuencia nucleotídica de las regiones ITS (Internal Transcribed Spacer) de los genes ribosomales. Las regiones ITS1 e ITS2 se amplificaron por PCR con los oligonucleótidos universales ITS1 e ITS4 (White *et al.* 1990) y el producto de PCR fue secuenciado por el Servicio de Secuenciación del CICVyA-INTA.

Análisis *in vitro* de la capacidad toxicogénica de los aislamientos de *Fusarium*

Se esterilizaron (121 °C, 15 minutos) 200 g de arroz blanco + 100 ml de agua en frascos de 1,5 litros de capacidad. Por otra parte, una ansada de cultivo en Agar Clavel (20 días de incubación), se suspendió en 5 ml de agua peptonada (AP) al 0,1% con 0,05% de Tween 20. La inoculación de los

frascos se realizó mediante la transferencia de los 5 ml de AP que contenían la suspensión de conidios sobre la masa de arroz estéril. Los cultivos en arroz se incubaron durante un mes a 26 °C – 28 °C. Transcurrido ese período, los frascos fueron autoclavados y su contenido conservado a - 20 °C hasta su análisis. La determinación de la ZEA en los cultivos anteriormente descritos, se realizó mediante el ensayo inmunoenzimático (ELISA) Ridascreen®Fast Zearalenon (R-Biopharm – Alemania). La toxina se extrajo con metanol al 70% durante 24 hs. El extracto se filtró a través de papel y una alcuota se eluyó a través de una columna de limpieza de fase sólida. El filtrado se diluyó 1:1 con agua destilada y se analizó. Se utilizaron 5 estándares (0, 50, 100, 200 y 400 ppb). Se determinó la absorbancia a 450 nm en lector (Bio-tek® ELx800); límite de detección: 50 µg/kg (ppb).

RESULTADOS

El análisis químico de las muestras permitió detectar la ocurrencia natural de ZEA en los diferentes sustratos. La tabla 1 muestra los valores de ZEA hallados en los distintos tipos de pasturas y alimentos muestreados en la provincia del Chaco. El 35% de las muestras presentó valores entre 10,68 µg/kg y 577,62 µg/kg (ppb), mientras que el 24% de éstas evidenció trazas de ZEA (< 2 µg/kg). De manera que se halló ZEA en el 59% del material analizado.

Se determinaron 63 aislamientos de *Fusarium* provenientes de siete muestras y se observó la presencia mayoritaria de especies con reconocida capacidad toxicogénica como *F. equiseti*, *F. oxysporum* y *F. semitectum* (Leslie *et al.*, 2006). Además, se determinaron tres aislamientos de *F. chlamydosporum* y uno de *F. cf. acuminatum* (tabla 2).

La secuencia de ADN de las regiones ITS del aislamiento de *F. semitectum* se comparó con la base de datos de *Fusarium* ID, a fin de complementar los resultados morfológicos de la especie productora de ZEA mayoritariamente identificada en el presente trabajo. Se obtuvo 100 % identidad con la secuencia correspondiente de 16 aislamientos depositados en la ARS Culture Collection (NRRL) bajo la denominación de complejo de especies *Fusarium incarnatum – equiseti*.

Se seleccionaron 48 aislamientos representativos (entre los 63 totales) para analizar su capacidad de producir toxina. En la tabla 3 se muestra la proporción de aislamientos toxicogénicos obtenidos, como así también el intervalo de producción de ZEA de los mismos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este estudio se observó que, en las muestras analizadas, las concentraciones de ZEA presentaron en su mayoría cantidades relativamente bajas, que no inducirían a síntomas severos de estrogenismo en los animales. Estos valores posiblemente estén relacionados con la época del año (verano) en que se realizó el muestreo. De acuerdo con Morris *et al.* (2005); Skládanka *et al.* (2011); Reed *et al.* (2004) y Laser *et al.* (2003) el mayor contenido de toxina en los pastos se presenta durante los meses de otoño. No obstante, dichos valores serían suficientes para que los me-

Tipo de muestra	Código de la muestra	Departamento	Concentración de ZEA µg/kg
Patura <i>Setaria geniculata</i> cv. Kasungula	A1	1ro. De Mayo	< 2,00
Pastizal <i>Leersia hexandra</i>	A2	1ro. De Mayo	ND
Pastura Pasto Estrella, <i>Cynodon plectostachyus</i>	A3	1ro. De Mayo	100,32
Material muerto o mantillo Pasto Estrella	A4	1ro. De Mayo	577,64
Rollo de pasto Mulato y Gatton	A5	1ro. De Mayo	10,68
Rollo mezcla de gramíneas	A6	1ro. De Mayo	< 2,00
Rollo de <i>Panicum maximum</i> , cv. Gatton	A7	1ro. De Mayo	205,02
Semilla entera de algodón	A8	1ro. De Mayo	26,49
Fardos de perilla de algodón (residuo desmote)	A9	1ro. De Mayo	235,22
Fardos de perilla y fibra de algodón (residuo de desmote)	A10	1ro. De Mayo	114,44
Pastizal de <i>Paspalum notatum</i>	B1	San Fernando	ND
Material muerto del monte	B2	San Fernando	ND
Pastizal de <i>Leersia hexandra</i> , <i>Luziola peruviana</i>	B3	San Fernando	ND
Pastizal de <i>Leersia hexandra</i> , <i>Luziola peruviana</i>	B4	San Fernando	ND
Pastura de <i>Panicum maximum</i> cv. Tanzania	B5	San Fernando	ND
Material muerto de Tanzania	B6	San Fernando	154,04
Material muerto o matillo Grama Rhodes	C1	San Fernando	ND
Pastura de Grama Rhodes	C2	San Fernando	ND
Material muerto o matillo de pastizal campo bajo	C3	San Fernando	ND
Pastizal de <i>Paspalum notatum</i> , <i>Leersia hexandra</i> , <i>Luziola peruviana</i> , <i>Eleocharis</i> sp.	C4	San Fernando	ND
Material muerto o matillo de pastizal campo bajo	C5	San Fernando	184,47
Material muerto del monte	C6	San Fernando	ND
Pastizal de <i>Leersia hexandra</i> , <i>Luziola peruviana</i> , <i>Diplachne</i> sp.	C7	San Fernando	11,49
Pastizal <i>hymenachne amplexicaulis</i> , <i>Leersia hexandra</i> , <i>Eleocharis</i> sp.	D1	San Lorenzo	< 2
Pastizal <i>Cynodon dactylon</i> , <i>Panicum milioides</i> , <i>Leersia hexandra</i>	D2	San Lorenzo	< 2
Pastizal <i>Cynodon dactylon</i> , <i>Setaria geniculata</i>	D3	San Lorenzo	ND
Pastizal <i>hymenachne amplexicaulis</i>	D4	San Lorenzo	< 2
Pastizal de <i>Leersia hexandra</i> , <i>Luziola peruviana</i>	D5	San Lorenzo	< 2
Pastizal <i>Cynodon dactylon</i> , <i>Setaria geniculata</i> , <i>Paspalum notatum</i>	D6	San Lorenzo	< 2

ND: No detectado

Tabla 1. Presencia natural de ZEA en campos de la provincia del Chaco.

tabolitos de ZEA se pudiesen detectar en orina (Kleinova *et al.*, 2002) incluido el zeranól, cuya detección en los rodeos genera inconvenientes de índole legal (Kleinova M. *et al.*, 2002; Reed K.F. *et al.*, 2004; Erasmuson, A.F. *et al.*, 1994).

Está claro que el tipo de sustrato también influye sobre la ocurrencia natural de ZEA (EFSA, 2004; Sancho, A M., *et al.*, 2010). En este trabajo, una parte importante de las muestras constituidas por rollos, fardos de pasto, material muerto del monte o matillo presentaron los valores más altos de ZEA. Estos resultados coinciden con lo observado por Reed *et al.* (2009) y Smith *et al.* (2006), quienes señalan el aumento en el contenido de ZEA cuando el material muerto permanece de un año a otro en las pasturas.

Con respecto a las especies de *Fusarium* identificadas se observó la prevalencia de *F. semitectum* (72,9 %). El análisis de secuencia ITS de unas de ellas permitió identificarla como perteneciente al complejo de especies *Fusa-*

rium incarnatum – equiseti según se define en *Fusarium ID*. Tal cual se refleja en el análisis filogenético del grupo (Watanabe *et al.*, 2011) dicho complejo incluye a *F. semitectum* y *F. equiseti* que en la clasificación de Nelson *et al.* (1983) están reconocidas como especies autónomas. De acuerdo con Leslie *et al.* (2006) esta especie se aísla de diversas partes aéreas de plantas de zonas tropicales y subtropicales. Por otra parte, a diferencia de las otras especies de *Fusarium* identificadas en esta oportunidad, *F. semitectum* presentó una proporción elevada de aislamientos toxicogénicos. El mayor número de aislamientos de *Fusarium* se obtuvo de las muestras con elevada o intermedia concentración natural de ZEA (A4 y B6). En cuanto a las muestras de pastos en las que no se detectó ZEA, algunas no presentaron *Fusarium* spp. (muestras B3 y C4), y otras resultaron escasamente infectadas (muestras B1, B2, B4 y C3). Además, se observó en una muestra (A5) baja ocurrencia natural de ZEA y escasa recuperación de *Fusarium* en cultivo.

Código de la muestra	Especie	N° de aislamientos	Frecuencia (%)
A4	<i>F. chlamydosporum</i>	3	4,8
A4	<i>F. semitectum</i>	18	28,6
A4	<i>F. equiseti</i>	8	12,7
A5	<i>F. semitectum</i>	5	7,9
B1	<i>F. oxysporum</i>	4	6,3
B2	<i>F. semitectum</i>	5	7,9
B3	ND	ND	0,0
B4	<i>F. semitectum</i>	1	1,6
B6	<i>F. semitectum</i>	13	20,6
B6	<i>F. verticillioides</i>	1	1,6
C3	<i>F. semitectum</i>	4	6,3
C3	<i>F. cf. acuminatum</i>	1	1,6
C4	ND	ND	0,0
Total 63			

ND = No se aisló *Fusarium*

Tabla 2. Frecuencia relativa de las especies de *Fusarium* según muestra analizada sobre un total de 63 aislamientos.

Código de la muestra	Especie	N° de aislamientos totales	N° de aislamientos analizados	Proporción de Tox/No Tox	Intervalo de producción de ZEA (µg/kg) **
A4	<i>F. semitectum</i>	18	11	10/11	0 - > 400
A4	<i>F. equiseti</i>	8	7	6/7	0 - > 400
A5	<i>F. semitectum</i>	5	5	4/5	0 - > 100
B1	<i>F. oxyporum</i>	4	4	0/4	0
B2	<i>F. semitectum</i>	5	2	2/2	> 400
B6	<i>F. semitectum</i>	13	13	7/13	0 - > 63
B6	<i>F. verticilloides</i>	1	1	0 /1	0
C3	<i>F. semitectum</i>	4	4	4/4	> 400
C3	<i>F. cf. acuminatum</i>	1	1	1/1	> 400

** Método ELISA

Tabla 3. Número, proporción de aislamientos de *Fusarium* toxicogénicos e intervalos de producción de ZEA

La capacidad de producir toxinas de las cepas aisladas se determinó por el método inmunoenzimático (ELISA), confirmándose que 34 aislamientos produjeron ZEA en condiciones de laboratorio y en cantidades variables. En las muestras C3 y B2, recolectadas en el campo, no se observó ocurrencia natural de ZEA pero se confirmó la capacidad toxicogénica de las cepas aisladas (tablas 1 y 3). Este hecho podría indicar que los hongos se pudieron ver limitados en su desarrollo para producir la toxina en el campo, pero cuando se les dieron las condiciones adecuadas, como las que se logran en el laboratorio, esta situación se pudo revertir.

Este trabajo sugiere profundizar las investigaciones realizadas a fin de comprender mejor cuál es la dinámica de la producción de ZEA en pastos y alimentos utilizados en la ganadería, como así también establecer la relación que existe entre la ocurrencia natural de ZEA, y la posible presencia de zeranól en la orina de los rumiantes.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Director Nacional Eliseo Monti por su preocupación en el tema y su apoyo incondicional a la concreción de este trabajo.

El presente trabajo se realizó a través de fondos proveniente de los Proyectos INTA – PNECER 023521 en lo referido a las determinaciones cromatográficas, PAE. PICT N.º 41, y a los aportes de INTA en general. Quedamos en deuda con la actividad de los asistentes técnicos: Victoria Silva, Juan Carlos Torres, Susana Rojas y Alba Castro. Agradecemos al Dr. Héctor M. Godoy sus consejos para la realización de este trabajo y la lectura crítica del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

ANNUAL REPORT 1991/1992. Mycotoxin Research Grup. AgResearch. New Zealand Pastoral Agriculture Research Institute Ltd. *Fusarium* toxins, infertility and ill - thrift, 4-11.

- CANOSA, F.; IRIARTE, I.; TONELLI, V. 2009. El futuro de la ganadería. Boletín de la Asociación Argentina de AnGus. Bs. As. Sitio Argentino de Producción Animal, 1-6.
- DE SAEGER, S.; SIBANDA, L.; VAN PETEGHEM, C. 2003. Analysis of zearalenone and α -zearalenol in animal feed using high-performance liquid chromatography. *Anal. Chim. Acta* 487, 137-143.
- DERACHE, R. 1990. Toxicología y seguridad de los alimentos. Ediciones OMEGA. España, Barcelona. 485 p.
- EFSA. 2004. Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to Zearalenone as undesirable substance in animal feed. *The EFSA Journal* 89, 1-35
- ERASMUSON, A.F.; SCAHILL, B.G.; WEST, D.M. 1994. Natural zearanol (R-zearalanol) in the urine of pasture-fed animals. *J. Agric. Food Chem.* 42, 2721-2725.
- ESKOLA, M.; KOKKONEN, M.; RIZZO, A. 2002. Application of manual and automated systems for purification of ochratoxine A and zearalenone in cereals with immunoaffinity column. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 41 – 47.
- FUSARIUM ID (<http://isolate.fusariumdb.org/index.php>, verificado 30 de agosto de 2012).
- GERLACH, W.; NIRENBERG, H. 1982. The genus *Fusarium* – A Pictorial Atlas. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem* 209, 406 p.
- KENNEDY, D.G.; HEWITT, S.A.; MCEVOY, J.D.G.; CURRIE, J.W.; BLANCHFLOWER, W.J.; CANNAVAN, A.; MCCAUGHEY, W.J.; ELLIOTT, C.T. 1995. Possible naturally occurring zearanol in bovine bile in Northern Ireland. *J. Vet. Med.* 42, 509-512.
- KENNEDY, D.G.; MCEVOY, J.D. G.; HEWITT, S.A.; CANNAVAN, A.; BLANCHFLOWER, W. J.; ELLIOTT, C. T. 1998. Zearanol is formed from *Fusarium* spp. toxins in cattle in vivo. *Food Addit. Contam.* 15, 393-400.
- KLEINOVA, M.; ZOLLNER, P.; KAHLBACHER, H.; HOCHSTEINER, W.; LINDNER, W. 2002. Metabolic Profiles of the Mycotoxin Zearalenone and of the Growth Promoter Zearanol in Urine, Liver, and Muscle of Heifers. *J. Agric. Food Chem.* 50, 4769-4776.
- LASER, H.; OPITZ v. BOBERFELD, W.; WOHLER, K.; WOLF, D. 2003. Effects of the Botanical Composition and Weather Conditions on Mycotoxins in Winter Forage from Grassland. *Mycotoxin Research* 19, 87-LAUNAY, F. M.; RIBEIRO, L.; ALVES, P.; VOZIKIS, V.; TSITSAMIS, S.; ALFREDSSON, G.; STERK, S.; BLOKLAND, M.; IITIA, A.; LÖVGREN T.; TUOMOLA, M.; GORDON, A. and KENNEDY, D. G. (2004). Prevalence of zearanol, tale-ranol and *Fusarium* spp. toxins in urine: implications for the control of zearanol abuse in the European Union. *Food Additives and Contaminants*. Vol. 21, Issue 9, 833-839
- LESLIE, J.F.; SUMMERELL, B.A.; BULLOCK, S. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing Professional, Ames, Iowa, USA. 388 p.
- LOUGE URIARTE, E.L.; ODRIÓZOLA, E.R.; FERNANDEZ, E.L.; MANAZZA, J.; ACHILLES, E. 2006. Primer hallazgo de zearalenona en pastura de una explotación ovina del sudeste bonaerense. 29.º Congreso Argentino de Producción Animal. Mar del Plata. Buenos Aires.
- MALEKINEJAD, H.; MAAS-BAKKER, R.; FINK-GREMMELS, J. (2006). Species differences in the hepatic biotransformation of zearalenone. *The Veterinary Journal* 172, 92-102.
- MILES C.O.; ERASMUSON A.F.; WILKINS A.L.; TOWERS N.R.; SMITH B.L.; GARTHWAITE I.; SCAHILL B.G.; and HANSEN R.P. (1996) Ovine Metabolism of Zearalenone to r-Zearalanol (Zearanol). *J. Agric. Food Chem.* 44, 3244-3250.
- MORRIS, C.A.; AMYES, N.C.; SPROSEN, J.M.; HAWKES, S.C.; FINCH, S.C.; MILES, C.O. 2005. Zearalenone challenge in sheep: urine sampling to measure response. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. Vol. 65, 316-319.
- NELSON, P.E.; TOUSSOUN, T.A.; MARASAS, W.F.O. 1983. *Fusarium* species: An Illustrated Manual for Identification. Pennsylvania State University Press, University Park, Pennsylvania. 183 p.
- QUIROGA, M.A. 2002. Efectos de la intoxicación aguda por micotoxina T-2 en el ratón. Estudios histopatológicos, ultraestructurales, inmunohistoquímicos y lectinohistoquímicos. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata
- REED, K.F.M.; MOORE, D.D. 2009. A preliminary survey of zearalenone and other mycotoxins in Australian silage and pasture. *Animal Production Science* 49, 696-703.
- REED, K.F.M.; WALSH, J.R.; MCFARLANE, N.M.; SPRAGUE, M. 2004. Zearalenone and its presence in pasture. *Animal Production in Australia* 25, 140-143.
- RICCA, A.P.; ROJAS, D.; SANCHO, A.M. 2011. Mycotoxins in grains of stored corn monitoring in argentine. II Conferencia Latinoamericana Cereales. ICC "Key for Cereal chain Innovation. (Exposición oral).
- SANCHO, A.M.; ROJAS, D.; PLA, L.; RICCA, A.P.; 2010. Principal component analysis and inference Shannon index to assess contamination of grains. *Revista del Grupo Argentino de Biometría*.
- SCHUHMACHER, R.; KRŠKA, R.; GRASSERBAUER, M.; EDINGER, W.; LEW, H. 1998. Immunoaffinity column versus conventional clean-up: a method comparison study for the determination of zearalenone in corn. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry* 360 Vol. 2, 241-245.
- SKLÁDANKA J.; NEDĚLNÍK, J.; VOJTĚCH, A.; DOLEŽAL, P.; MORAVCOVÁ, H.; VLASTIMIL D. 2011. Forage as a Primary Source of Mycotoxins in Animal Diets. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 8, 37-50.
- SMITH, J.F.; MORRIS, C.A. 2006. Review of zearalenone studies with sheep in New Zealand. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. Vol. 66, 306-310.
- SMITH, J.E.; MOSS, M.O. 1985. *Mycotoxins. Formation, Analysis and Significance*. John Wiley & Sons. Great Britain. 148 p.
- THEVIS, M.; FUBHOLLER, G.; SCHANZER, W. 2011. Zearanol: Doping offence or mycotoxin? A case-related study. *Short communication. Drug Testing and Analysis*. Vol. 3, 777-783.
- TOWERS, N.R.; SPROSEN, J.M.; WEBBER, W. 1995a. Zearalenone metabolites in cycling and non-cycling cows, .pp. 46-47. En: "Toxinology and Food Safety". Toxinology and Food Safety Research Group, Ruakura Research Centre, Hamilton, New Zealand.
- TOWERS, N.R.; WESSELINK, C.; FOWKE, E.A.; SPROSE, J.M. 1995b. Plasma vs. urinary "zearalenone" concentrations as indicators of zearalenone intake, pp 41 In: "Toxinology and Food Safety". Toxinology and Food Safety Research Group, Ruakura Research Centre, Hamilton, New Zealand.
- WHITE, T.J.; BRUNS, T.; LEE, S.; TAYLOR, J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. En: INNIS, M.A.; GELFAND, D.H.; SNINSKY, J.J.; WHITE, T.J. (Eds.). *PCR Protocols: A guide to methods and applications*. Academic Press, pp. 315 – 322.
- WATANABE, M.; YONEZAWA, T.; LEE, K.-I.; KUMAGAI, S.; SUGITA-KONISHI, Y.; GOTO, K.; HARA-KUDO, Y. 2011. Molecular phylogeny of the higher and lower taxonomy of the *Fusarium* genus and differences in the evolutionary histories of multiple genes. *BMC Evolutionary Biology* 11, 322.

Análisis de polimorfismo de nucleótido simple en el gen *FASN* y su relación con características de producción en pollos

MARRUBE, G.¹; ROZEN, F.M.B.¹; PINTO, G.B.¹; FASSA, V.¹; PACIENZA, N.¹; DEMARCO, A.N.¹; ROMANO, E.G.¹; FAIN BINDA, V.²; CANET, Z.²; MELO, J.E.¹

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es evaluar la posible asociación entre un polimorfismo de nucleótido simple (SNP) del gen *FASN* y cada uno de los siguientes caracteres productivos: Consumo de Alimento (CA), Ganancia de Peso (GP) y Peso Vivo Final (PVF). Durante la experiencia en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), se organizaron y criaron 229 pollos de familias de hermanos enteros y de medios hermanos paternos. Cada una de las aves fue alojada en jaulas individuales con agua y alimentada con pellet ad libitum. El peso corporal se registró a los 54 días de edad y luego se determinó semanalmente y en forma individual el consumo de alimento y el peso durante 21 días. Los genotipos del gen *FASN* fueron identificados por amplificación por PCR y digeridos por la endonucleasa *Hae* III. La información fenotípica fue analizada en forma independiente por ANOVA con un modelo aleatorio. No se ha demostrado que los SNP evaluados en este trabajo afecten los caracteres analizados.

Palabras clave: pollos parrilleros, caracteres productivos, polimorfismo del gen *FASN*.

ABSTRACT

The purpose of this work is to evaluate possible associations between a Single Nucleotide Polymorphism (SNP) of FASN gene and each of the following productive traits: Feed Intake (FI), Weight Gain (WG) and Final Body Weight (FBW). At the National Institute of Agricultural Technology (INTA), 229 chickens were organized and bred in full sib and paternal half sib families, these birds were caged individually with water and fed with pellet ad libitum. Body weight was recorded at 54 days old and then individual feed intake and weight were determined weekly during 21 days. FASN gene genotypes were identified by PCR amplification and digested by endonuclease Hae III. Phenotypical data were analyzed independently by ANOVA with a random Model. The SNP evaluated in this work has not been demonstrated as affecting the considered traits.

Keywords: broilers, productive traits, *FASN* gene polymorphism.

¹Departamento de genética, Facultad de Veterinaria. Universidad de Buenos Aires. Av. Chorroarín 280, CP 1427, Buenos Aires, Argentina.

²Sección Avicultura, EEA-INTA Pergamino, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico:marrube@fvet.uba.ar

INTRODUCCIÓN

Las líneas comerciales de pollos parrilleros son el resultado de una selección intensiva para obtener animales de rápido crecimiento, magros y con mayor masa muscular. Estos caracteres, que revisten una importancia económica, están asociados con el aumento de la ingesta voluntaria lo que lleva a aves que no regulan adecuadamente el consumo en relación al balance energético. Estos animales presentan entonces obesidad como consecuencia de la hiperfagia cuando tienen libre acceso al alimento (Richards *et al.*, 2003).

El gen *FASN* codifica para la enzima sintasa de ácidos grasos (*FASN*) que cataliza el último paso en la biosíntesis de ácidos grasos y cumple un papel relevante en la variabilidad del peso de los tejidos adiposos del organismo. Didri *et al.* (2006), demostraron que la expresión hipotalámica de *FASN* se reducía con el status alimenticio, lo que sugiere que la enzima puede estar implicada en el control del apetito y saciedad a nivel cerebral en pollos. En los últimos años, las técnicas moleculares se han convertido en una herramienta importante en la mejora genética de los animales cuando las mutaciones específicas en genes funcionales se asocian con la variación fenotípica.

En la Estación Experimental Pergamino del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), en Buenos Aires, se conducen programas para obtener animales magros y de crecimiento lento, llamados Campero INTA (free-range). Estos pollos de lento crecimiento son criados en un sistema productivo semi-intensivo y son sacrificados a los 81 días de edad (Sauveur, 1997). Este trabajo incluye un proyecto global de selección de pollos parrilleros Campero INTA así como la utilización de un polimorfismo de nucleótido simple (SNP) a ser aplicado en un esquema de selección asistida por genotipos (SAG). El objetivo de este trabajo fue evaluar la posible asociación de un SNP del gen candidato *FASN* en relación con los siguientes caracteres productivos: Consumo de Alimento (CA), Ganancia de Peso (GP) y Peso Vivo Final (PVF).

MATERIALES Y MÉTODOS

El Campero es un pollo parrillero obtenido de la cruce de líneas reproductoras de engorde maternas y paternas. La línea materna es originaria de un cruzamiento entre las líneas Cornish Red y Rhode Island Red. La línea paterna se originó a partir de un cruzamiento entre Plymouth Rock Red, introducido en la Argentina en la década de 1960 y otra línea Plymouth Rock Red recientemente incorporada. Ambas líneas se reproducen en cada generación usando 15 machos y 150 hembras.

Para la selección de ejemplares en esta población original se excluyeron las aves sin plumaje de color, con defectos sanitarios y de bajo peso vivo. La experiencia se llevó a cabo en la Estación Experimental INTA Pergamino y se utilizaron 229 pollos (99 machos y 130 hembras) pertene-

cientes a la línea paterna. Los animales fueron organizados en familias de hermanos enteros y de medio hermanos paternos: 16 padres (entre 7 y 32 hijos) y 55 madres (entre 3 y 15 hijos). Los caracteres analizados fueron: Consumo de Alimento (CA, g), Ganancia de Peso (GP, g) y Peso Vivo Final (PVF, g). El peso corporal se registró a los 54 días de edad.

Las aves fueron alojados en jaulas individuales con agua y alimento tipo pellet *ad libitum*, cuya composición fue: Energía Metabolizable (EM): 2890 Kcal; Proteínas: 160g/kg; Lisina: 8 g/kg; Metionina + Cisteína: 6,4 g/kg; Calcio: 12 g/kg; Fósforo: 3,7 g/kg. Inicialmente se administraron 700 g de la comida tipo pellet y semanalmente se agregaban 500 g. de pellet en cada jaula después de pesar la cantidad de comida remanente en el comedero. El consumo de alimento individual y el peso de las aves se determinaron en forma semanal durante 21 días.

El ADN se aisló a partir de muestras de sangre entera con Papel Nucleico (B161-5, Biodynamics SRL). Los genotipos fueron determinados por PCR-RFLP (Marrube *et al.*, 2004). Condiciones de PCR: la amplificación se llevó a cabo en 20 µl conteniendo 10 pmoles de cada cebador, 2 U de Taq polimerasa (Promega®) con su correspondiente buffer, 2 mM de cada dNTP, 1,5 mM de Cl₂Mg y 50 ng de ADN genómico. El ADN se desnaturalizó durante 4 m a 64°C, y se realizó la PCR durante 35 ciclos a 94 °C durante 30 s, 61 °C 30 s para la hibridación, y la extensión fue a 72 °C durante 90 s. El producto amplificado fue de 1425 pb. Secuencias de los cebadores: *FASN* Directo 5'GCT-GAAGGCTGCTGACAAGTA 3' *FASN* Reverso: 5'AACAC-CATCTCCCTCCAATAAG 3'.

Los productos de PCR fueron secuenciados en un secuenciador automático ABI373 y la sustitución G/A se localiza en la base 459 del producto de PCR (y en la base 1222 de GeneBank J02839), resultando en un sitio que fue reconocido por la enzima de restricción *Hae* III. Condiciones de restricción: en una reacción de 20 µl, 160 ng de los productos de PCR fueron digeridos con 1U de *Hae* III con el buffer suministrado por el fabricante (New England Biolab®). Después de 60 minutos de incubación a 37 °C los fragmentos se resolvieron en un gel de agarosa al 3%: El Alelo A fue de 780 + 340 + 305 pb y el alelo G de 780 + 340 + 240 + 65 pb.

Los datos fenotípicos fueron analizados independientemente por ANOVA (INFOSTAT versión 2006d I) de acuerdo con el siguiente modelo aleatorio: $Y_{ijklmn} = \mu + T_i + SX_j + S_k + DS_l + G_m + (SX^*S)_{jk} + (SX^*G)_{jm} + (SX^*DS)_{jl} + (G^*S)_{mk} + (G^*DS)_{ml} + (G^*SX^*DS)_{mjl} + e_{ijklmn}$; donde: Y_{ijklmn} : es la característica medida en el individuo i (CA; GP; PVF); μ : media general para el carácter; T_i : efecto de la prueba (correspondiente a dos años consecutivos); SX_j : efecto del sexo del ave; S_k : efecto del padre; G_m : efecto del genotipo del ave; DS_l : efecto de madre dentro de padre; $(SX^*S)_{jk}$: interacción entre el sexo del ave j -ésimo y el padre k -ésimo; $(SX^*G)_{jm}$: interacción entre el sexo del ave j -ésimo y el genotipo m -ésimo; $(SX^*DS)_{jl}$: interacción entre el sexo del ave j -ésimo y el efecto de madre D y el k -ésimo padre S ; $(G^*S)_{mk}$: interacción

entre el genotipo m-esimo y el padre k-esimo; $(G*DS)_{mi}$: interacción entre el genotipo m-esimo y el efecto madre dentro del padre l-esimo; $(G*SX*DS)_{mji}$: interacción entre el genotipo m-esimo, el sexo del ave j-esimo y el efecto madre dentro del padre + e_{ijklmn} : error residual. Dado que el modelo es desbalanceado, las medias fueron corregidas usando el método de mínimos cuadrados (LSMEANS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La descripción estadística asociada a los caracteres analizados con el modelo son descriptos en la tabla 1. La diferencia en la variabilidad entre CA (CV 15,2%) y GP (CV 29,2%) indicaría que son posibles cambios considerables en GP sin variaciones importantes en CA (tabla 1).

La frecuencia génica fue 0,39 para el alelo A y 0,61 para el alelo G. En la tabla 2 se pueden observar las frecuencias genotípicas, media fenotípica, error estándar, valores F y p para los tres caracteres analizados. Para estos tres caracteres no se hallaron diferencias significativas entre los tres genotipos.

Se registraron diferencias significativas para Peso Vivo Final según el efecto del sexo del ave ($p < 0.002$) y según la interacción del genotipo por padre ($p < 0.05$). Dicha interacción ($G*S$), sugiere que existe variabilidad entre ($G*S$) en relación al Peso Vivo Final de los hijos.

En lo que respecta a la ganancia de peso se registraron diferencias significativas para la interacción sexo por genotipo ($p < 0.002$). En nuestro caso los animales con genotipo CG ganaron más peso en ambos sexos en comparación con CC y GG. Finalmente, para el análisis de consumo de alimento, no se registraron diferencias significativas para ninguno de los efectos considerados.

En un screen genómico realizado en cruza F2 generados a partir de una línea macho de pollos parrilleros y dos líneas puras genéticamente distintas (Leghorn y Fayoumi), Zhou *et al.* (2006) detectaron la presencia de Loci de Caracteres Cuantitativos (QTL) para peso corporal (PC) a las ocho semanas y ganancia diaria entre la cuarta y sexta semana, en el cromosoma 18 (GGA18), en una región de ADN cerca de la posición en la que se encuentra el gen *FASN*. Ambo *et al.* (2009), detectaron un QTL que afecta el PC al nacer y el PC a los 35 días en una región análoga de GGA18 en un escaneo genómico en una población brasileña de pollos parrilleros F2 y una cruza.

Leenstra y Pozo (1987), sugirieron que la ganancia de peso está relacionada de manera positiva con un mayor apetito. Esto también se explica como una disminución en el mecanismo de saciedad que genera una diferencia en el consumo constante durante las 24 horas del día (Dunnington; 1990).

Loftus *et al.* (2008), identificaron una relación entre el metabolismo anabólico energético y el control del apetito. Los tratamientos sistémicos de ratones con inhibidores de *FASN* resultaron en disminución del apetito y pérdida de peso. Según estos autores, *FASN* puede representar un eslabón importante en la regulación del consumo de alimento. Por lo tanto el motivo para estudiar la Tasa de Conversión de Alimento y sus componentes se encuentra en el hecho que en las líneas de pollos con una tasa alta de crecimiento, la regulación de la ingesta sería diferente en comparación con aquellos animales de crecimiento lento, como en el caso de los pollos Campero INTA. Didri *et al.* (2006), demostraron que la expresión hepática de *FASN* fue mayor en las líneas de pollos grandes o pesados que en aquellos más livianos. Ordovas *et al.* (2008), demostraron que *FASN* está aumentado transcripcionalmente. El SNP g.841 G> C del gen bovino *FASN* afecta a la actividad

Caracteres	Media fenotípica	Desviación estándar	Coefficiente de variación (CV %)	R ²
Ganancia de peso (g)	686	201	29.3	0.61
Peso vivo final (g)	2173	237	10.89	0.76
Consumo de alimento (g)	2953	448	15.2	0.61

Tabla 1. Media Fenotípica, Desviación estándar, Coeficiente de Variación (%) y el Coeficiente de Determinación (R²) para los caracteres

	Genotipo AA	Genotipo AG	Genotipo GG	F	p-valor
Frecuencias genotípicas	0.15	0.48	0.37		
Ganancia de peso (g)	690 ± 35	708 ± 22	659 ± 22	1.73	0.37
Peso vivo final (g)	2139 ± 54	2212 ± 34	2141 ± 32	1.06	0.2
Consumo de alimento (g)	2830 ± 93	2957 ± 45	2999 ± 52	0.53	0.6

Tabla 2. Frecuencias Genotípicas, Media Fenotípica y Error Estándar para los tres caracteres analizados por genotipo y p-valor

del promotor a través de la regulación mediada por Sp. Los resultados demostraron que estos SNP alteran la actividad del promotor de *FASN* bovino *in vitro* y la capacidad de unión Sp1/Sp3 a la secuencia.

No se encontraron diferencias significativas para PVF y CA, lo que indica que la variabilidad de PVF asociada con el genotipo *FASN* en nuestro ensayo se explicaría por otros mecanismos diferentes al CA.

CONCLUSIÓN

En base a la ubicación y su función, el gen *FASN* es un buen candidato en un esquema de Selección Asistida por Genotipos, pero el SNP evaluado en este trabajo no ha demostrado afectar los caracteres analizados. Son necesarios los análisis adicionales para determinar si el efecto del genotipo *FASN* puede ser estudiado en diferentes líneas de pollos. Debido a la evidencia encontrada en otras especies las regiones regulatoria no traducida 5' y 3' (UTR) deben ser analizadas en el gen *FASN* de los pollos parrilleros para buscar polimorfismos funcionales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la Ingeniera Agrónoma Dra. María Cristina Miquel por dirigir este proyecto. La investigación contó con el apoyo del proyecto UBACyT TV 25 2004-2007.

BIBLIOGRAFÍA

AMBO, M.; MOURA, A.S.A.M.T.; LEDUR, M.C.; PINTO, L.F.B.; BARON, E.E.; RUY, D.C.; NONES, K.; CAMPOS, R.L.R.; BOSCHIERO, C.; BURT, D.W.; COUTINHO, L.L. 2009. Quantitative trait loci for performance traits in a broiler x layer cross. *Animal Genetics*. (40): 200-208.

DIDRI, S.; VERVEKEN, C.; HILLGARTNER, F.B.; LUTGARDE, A.; VAN DER GUCHT, E.; CNOPS, L.; DECUYPERE, D.; BUYSE,

J. 2006. FAS inhibitor cerulenin reduces feed intake and melanocortin receptor gene expression without modulating the other (an) orexigenic neuropeptides in chickens. *American Journal of Physiology* (291): 138-147.

DUNNINGTON, E. 1990. Selection and homeostasis. Proceedings of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Edinburgh (16): 21-30.

INFOSTAT Versión 2006d I Program (www.infostat.com.ar)

LEENSTRA, F.; PIT, R. 1987. Fat deposition in a broiler sire strain in a comparison among lines selected for less abdominal fat, lower Feed Conversion Ratio and higher Body Weight after restricted and *ad-libitum* feeding. *Poultry Science*. (66): 193-292.

LOFTUS, T.M.; JAWORSKY, D.E.; FREHYWOT, G.L.; TOWNSED, C.A.; RONNETT, G.V.; LANE, M.D.; KUHAJDA, F.P. 2008. Reduce Food Intake and Weight in mice treated with acid synthase inhibitors. *Science* 288: 2379 -2381.

MARRUBE, G.; ROZEN, F.M.B.; PINTO, G.B.; PACIENZA, N.; MELO, J.E.; HUGUET, M.J.; CANET, Z.; ZANDOMENI, R.; MIQUEL, M.C. 2004. New polymorphism of *FASN* gene in chicken. *Journal of Applied Genetics*. 45 (4): 453-455.

ORDOVÁS, L.; ROY, R.; PAMPÍN, S.; ZARAGOZA, P.; OSTA, R.; RODRIGUEZ-REY, C.; RODELLAR, C. (2008). The g.763G>C SNP of the bovine *FASN* gene affects its promoter activity via Sp-mediated regulation: implications for the bovine lactating mammary gland. *Physiol Genomics*; 34: 144-148

PITEL, F.; FILLON, V.; HEIMEL, C.; LE FUR, N.; EL KHADIR MOUNIER, C.; DOUAIRE, M.; GELLIN, J.; VIGNAL, A. 1998. Mapping of *FASN* and *ACACA* on two chicken microchromosomes disrupts the human 17q syntenic group well conserved in mammals. *Mammalian Genomics* (9): 297 300.

RICHARDS, M.P.; POCH, S.M.; COON, C.N.; ROSEBROUGH, R.W.; ASHWELL, C.M.; MCMURTRY, J.P. 2003. Feed restriction significantly alters lipogenic gene expression in broiler breeder chickens. *Journal Nutrition*. 133 (3): 707-715.

SAUVEUR, B. 1997. Les critères et facteurs de la qualité des poulets Label Rouge. *Animal Production* (10): 219-226.

ZHOU, H.; DEEB, N.; EVOCK-CLOVER, C.M.; ASHWELL, C.M.; LAMONT, S.J. 2006. Genome-Wide linkage analysis to identify chromosomal regions affecting phenotype traits in the chicken I. Growth and Average Daily Gain. *Poultry Science*. (85): 1700-1711.

Distribución de la calidad del trigo pan argentino utilizando mapas del sistema de información geográfica

SALOMÓN, N.¹; ALDALUR, B.²; CUNIBERTI, M.³; MIRANDA, R.¹

RESUMEN

Actualmente la demanda de trigo exige partidas de calidad conocida y adecuada aptitud industrial y no sólo interesa la cantidad de proteína en los granos sino también su calidad. Para conocer la aptitud industrial se realizan análisis de laboratorio que definen la calidad de un trigo y así se pueden satisfacer las necesidades de los diferentes eslabones de la cadena comercial. Al momento de elaborar un producto el molinero y el panadero necesitan saber dónde adquirirlo. La mayoría de los trabajos publicados sobre este tema muestran gráficos y tablas de toda la región triguera difíciles de interpretar, por los numerosos datos que se deben manejar. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la distribución de la calidad comercial e industrial en el área triguera argentina a través de un Sistema de Información Geográfica que permite manejar amplias bases de datos referenciándolos espacialmente y visualizándolos mediante mapas. Para ello, se consideraron cinco variables de calidad comercial e industrial, durante tres campañas y se compararon con los promedios de la última década. De acuerdo a los resultados obtenidos el peso hectolítrico tuvo sus máximos valores en el año 2007 en el rango comprendido entre 81.26 – 85.00 kg/hl en las Subregiones Trigueras I, IISur, VNorte y VSur. En el promedio de las campañas 1999 a la 2009, la mayoría de las muestras evaluadas de las distintas subregiones se ubicó en el rango entre 77,51 y 81,25 kg/hl, correspondiente a Grado 2 o superior. El porcentaje de proteína en grano fue variable según años y zonas, destacándose las subregiones I, IINorte, VNorte y VSur con los valores más altos, entre 12,0 y 12,9%. La relación P/L se ubicó, en la mayoría de las muestras evaluadas, dentro del rango de 0,76 a 1,50 en cada uno de los años analizados y en el promedio de los 10 años. La fuerza panadera o W del alveograma fue muy homogénea en toda el área triguera en el conjunto de 10 años, ubicándose entre 241 y 323 Joules $\times 10^{-4}$, que sumado a P/L equilibrados, son valores adecuados para una buena panificación, pudiendo considerarse como muy buenos por tratarse de trigos “*commodities*” no clasificados. En toda la región triguera argentina, en un promedio de 10 años, se destacó la subregión IV con los valores más altos de estabilidad farinográfica, entre 16,0 y 25,9 minutos. En el resto de las subregiones la mayoría estuvo entre 10,0 y 15,9 minutos, con zonas dentro de las subregiones de 16,0 a 20,9 minutos. El Sistema de Información Geográfica (SIG) demostró ser útil y eficiente para la actualización de mapas y ordenamiento de datos, al simplificar la interpretación de los resultados.

Palabras Claves: trigo, calidad comercial e industrial, regionalización, SIG.

ABSTRACT

At present, wheat demand requires specific quality and industrial performance. Buyers are not only interested in protein content but also in protein quality. To evaluate the industrial aptitude, laboratory tests must be run to define wheat quality. In this way, the needs of the wheat chain can be satisfied. Millers and bakers want to

¹Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur-UNS-.Correo electrónico: nsalomon@criba.edu.ar.

²Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur-UNS-.

³Lab. de Calidad Industrial de Cereales y Oleaginosas, INTA-EEA Marcos Juárez, Córdoba.

know where to buy the suitable wheat to elaborate a certain product. Most of the literature on this topic shows graphs and tables of all wheat subregions that are difficult to understand due to the numerous details and data to be analyzed. The aim of this study was to evaluate the distribution of commercial and industrial quality in the Argentine wheat area through a Geographic Information System that can handle large databases referenced spatially and to see them in maps. During three crops, five quality parameters were compared with the media of ten years. According to the results, the test weight had its highest values in 2007 in the reference range between 81.26 - 85.00 kg/hl, in the sub-regions I, IISouth, VN and VSouth. In the media of ten years, most of tested samples had test weight in the range 77.51 to 81.25 kg/hl, reaching easily to Grade 2 or higher of the Argentine Marketing Standard of wheat. The protein content was variable between years and zones, presenting higher values, between 12.0 and 12.9%, in the I, IINorth, VNorth and V South Subregion. The P/L ratio was optimum between 0.76 -1.50. Average of 10 years of the alveograph W values, were fairly homogeneous throughout the wheat area, with W between 241 and 323 Joules $\times 10^{-4}$, appropriate for baking, which could be considered very good ones for commodities, not classified wheat. Throughout the argentine wheat area, subregion IV had the higher values of farinograph stability (between 16.0 and 25.9 minutes, average of 10 years), the rest of subregions considered in this study were between 10.0 and 15.9 minutes with some focused areas with 16.0 to 20.9 minutes.

The Geographic Information System (SIG) proved to be an useful and efficient solution for updating maps and data ordaining, helping to simplify the interpretation of results.

Keywords: wheat, comercial and industrial quality, regionalization, SIG.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la demanda exige trigos de determinada calidad y aptitud industrial y los volúmenes de compra de trigo por parte de la molinería son cada vez más acotados a especificaciones estrictas. Las panificadoras son muy exigentes porque emplean procesos altamente automatizados, debiendo partir de una materia prima con características homogéneas para elaborar distintos productos que llegan luego a las góndolas de los supermercados (Cuniberti, 2005).

Ya no solo interesa el contenido de proteínas en grano sino también su composición y calidad industrial. Cada uno de los productos de la panificación se elabora con harinas de calidades diferenciadas (Cuniberti y Otamendi, 2005). Para conocer la aptitud de una partida de trigo para un determinado uso industrial, se realizan análisis de laboratorio relacionados a calidad comercial, molinera e industrial, determinándose entre otros parámetros, peso hectolítrico, porcentaje de proteínas, relación tenacidad/extensibilidad, fuerza de la masa y estabilidad al amasado.

Por otra parte, para satisfacer las necesidades de los consumidores con productos de calidad, es útil para los molineros saber donde adquirir la materia prima que se aproxime a los requisitos de panificación de los productos a elaborar. De allí la importancia de conocer la calidad de los trigos de las distintas regiones trigueras.

En los últimos años, numerosos trabajos han mostrado la distribución de la calidad en toda la región triguera argentina mediante gráficos y tablas (Trigo argentino, 2007, 2008 y 2009; Granotec, 2011; Cuniberti *et al.*, 2007, 2008, 2009,

2010 y 2011; Cuniberti y Mir, 2011; Miranda y Salomón, 2001; Renzi *et al.*, 2007 y 2008; Molfese y Seghezzeo, 2010; Salomón y Miranda, 2008).

Esta forma clásica de ver los datos de la amplia región triguera argentina, es muy valiosa pero a la vez resulta tediosa ya que el lector debe comparar partidos, subregiones y años, haciéndose complicado al momento de sacar conclusiones. Es por ello que con la intención de simplificar el análisis de tan basta información, se recurrió a un Sistema de Información Geográfica (SIG) para visualizar clara y rápidamente varios años de datos recolectados sobre la calidad comercial e industrial del trigo pan en Argentina. Moldes Teo (1995), define a un SIG o GIS (Geographic Information System) como "un conjunto de programas y aplicaciones informáticas que permiten la gestión de datos organizados en base de datos, referenciados espacialmente y que pueden ser visualizados mediante mapas". Burrough y McDonnell (1998), lo definen como un poderoso conjunto de herramientas que permiten también recolectar, almacenar, recuperar, transformar y mostrar datos espaciales del mundo real según sea el propósito y el objetivo buscado. Un SIG permite visualizar, explorar, consultar y analizar datos de forma espacial georreferenciados, sirviendo de soporte para el manejo de la información y brinda la posibilidad de efectuar un análisis óptimo de esos datos, ya que posee una gran variedad de herramientas computacionales. La facilidad para agregar y asociar datos y generar un panorama completo de una zona determinada, es una de las ventajas que posee un SIG.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la distribución de la calidad comercial e industrial en el área triguera

argentina durante tres campañas y en el promedio de los últimos 10 años, medida a través de variables que intervienen en la comercialización, utilizando el SIG.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con datos del Informe Institucional de la Calidad del Trigo Pan Argentino, que consiste en un relevamiento anual realizado a nivel nacional por instituciones oficiales y privadas, coordinado por la Dirección de Calidad Agroalimentaria, SENASA, Coordinación de Productos Granarios. Este muestreo se realiza en acopios y cooperativas de las siete subregiones trigueras: I, II Norte, II Sur, III, IV, V Norte, V Sur y en las regiones del NOA y NEA. Estas últimas no fueron incluidas en el estudio debido a que hubo años en los que no se disponía de datos analíticos. Para este estudio se analizaron individualmente las campañas 2007, 2008 y 2009 y se trabajó además con los promedios de las campañas 1999 a 2009 donde cada muestra representó alrededor de 4.000 tn. En la tabla 1, se pudo observar la cantidad de muestras obtenidas en cada campaña para cada variable. En las distintas campañas no hubo completa coincidencia de localidades muestreadas y algunos partidos estuvieron representados por varias muestras. El área cosechada en cada campaña fue 5,7, 4,2 y 2,9 millones de has. La representatividad del muestreo en las tres campañas fue de 6,7; 9,3 y 6,8% respectivamente.

Sobre cada muestra se realizaron análisis comercial e industrial completos, utilizándose para el presente traba-

jo sólo las variables Peso Hectolítrico (PH), Porcentaje de Proteína en Grano (PROT) (base 13,5% de humedad), Relación Tenacidad/Extensibilidad (P/L), Fuerza Panadera (W del alveograma) y Estabilidad Farinográfica (ESTAB).

El SIG empleado fue Arcview 3.1 y en él se digitalizó la división política de las provincias de la República Argentina y la de los partidos y departamentos de cada provincia. Esta base digitalizada conformó una capa compuesta por diferentes polígonos vinculados a una base de datos en formato dBASE. A esta base de datos, se le incorporó posteriormente la información referida a PH, PROT, P/L, W y ESTAB del trigo de las distintas subregiones trigueras para cada año estudiado. El SIG, con esta información, permitió confeccionar el mapa temático a escala de intervalos para cada variable elegida. En el mismo se adjudicó color azul a los que poseen mejor calidad industrial, celeste al siguiente rango, verde en orden decreciente, luego amarillo y rojo a los valores mínimos. Si bien se sabe que mucha cartografía adopta como norma el uso de un mismo tono en la representación de los intervalos de escala, se le asignó para este caso distintos tonos para una visualización rápida de los lugares que poseen las distintas condiciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1, muestra los resultados analíticos de los cinco parámetros evaluados, el total de muestras analizadas (n= 3.284 en las 10 campañas) y la cantidad de muestras en cada campaña individual. En cada uno de los años hubo

Año de siembra	Variable	Cantidad muestras	Mínimo	Máximo	Promedio	CV %
2007	PH	268	75.45	84.85	81.23	2
	PROT	268	9.8	13.8	11.3	7
	W	266	186	446	293	17
	P/L	266	0.38	3.63	1.45	37
	ESTAB	266	5.5	41.2	14.4	44
2008	PH	198	71.70	83.8	78.98	3
	PROT	198	9.9	15.3	12.5	9
	W	194	164	488	325	15
	P/L	194	0.41	4.47	1.12	35
	ESTAB	194	3.8	52.1	23.4	44
2009	PH	156	72.50	85.05	78.84	3
	PROT	156	10.0	16.4	12.3	10
	W	149	216	535	338	19
	P/L	149	0.44	3.00	1.14	44
	ESTAB	149	7.7	59.3	21.7	40
1999-2009	PH	3287	69.15	86.6	80.28	3
	PROT	3284	12.0	16.4	11.3	9
	W	2998	140	535	293	18
	P/L	2904	0.38	4.47	1.34	39
	ESTAB	2997	1.3	59.3	16.1	56

Tabla 1. Análisis descriptivo de los datos. Promedios ponderados por el tonelaje muestreado según campaña. Datos tomados de Trigo Argentino, Informe Institucional sobre su Calidad (SENASA, 1999-2009).

muestras a las que no se le realizaron análisis de calidad industrial porque no alcanzó la cantidad de grano enviado de esas localidades. Por eso, varía el número de muestras entre las variables dentro de cada año.

El análisis estadístico descriptivo realizado en años, regiones y localidades mostró que el coeficiente de variación para PH osciló entre 1 y 5%; en PROT de 1 a 12% y en W entre 1 y 18%, indicando que las variaciones no son amplias en estos parámetros. El mismo análisis aplicado a las variables ESTAB y P/L tuvieron amplias variaciones, registrándose en ESTAB un máximo de 74% en 1999 y de 59% en la subregión V Sur. Mientras que en la variable P/L se observó una variación en años de 31 a 44%, en regiones de 9 a 49% y en localidades entre 4 (solo 4 localidades) y 60%.

El porcentaje de proteínas generalmente correlaciona negativamente con el rendimiento, por ello se agregó esta variable con promedios por subregión triguera y por campaña (tabla 2) para realizar una mejor interpretación de los resultados obtenidos en calidad.

Peso Hectolítrico

De los años analizados, la campaña 2007 fue la que mostró en mayor proporción los valores más altos del rango (81,26-85,00 kg/hl, banda azul), situándose mayoritariamente en las subregiones I, IISur, VNorte y VSur.

En el mapa que contiene los promedios de la década, se mantuvieron los valores máximos en algunos de los partidos de la subregión IISur y VSur, presentando el rango entre 77,51 y 81,25 kg/hl la mayoría de las muestras evaluadas de las distintas subregiones, correspondiendo a Grado 2 o superior, índice de muy buena calidad comercial del trigo argentino (figura 1).

Porcentaje de Proteínas en Grano

De las campañas evaluadas sólo la 2008 presentó valores altos que superaron el 12,9%, con zonas superiores

Campaña	2007 (kg/ha)	2008 (kg/ha)	2009 (kg/ha)
I	2 787	1 290	1 965
II Norte	4 018	1 860	3 139
II Sur	3 707	2 940	3 231
III	3 089	2 056	3 774
IV	2 407	2 680	3 153
V Norte	2 960	1 730	1 139
V Sur	2 313	1 320	1 183
Pais	3 040	1 982	2 512

Tabla 2. Rendimientos promedios por subregión en cada una de las campañas analizadas en el presente trabajo. Datos tomados de Trigo Argentino, Informe Institucional sobre su calidad (SENSA, 1999-2009).

a 13,9%, ubicadas en las subregiones IINorte, III y VSur, coincidiendo con un año de intensa sequía y bajos rendimientos en grano. En la campaña 2009 los valores superiores al 13,0% se dieron principalmente en la subregión VNorte y Sur.

En el mapa del promedio de los 10 años se observa que las subregiones I, II Norte y V Norte fueron las que tuvieron mayor contenido de proteínas en grano, con valores entre 12,0% y 12,9%. Las regiones que mostraron el menor porcentaje de proteínas, en su mayoría entre 10,9% y 11,9%, fueron la III, parte de la II Norte, IIS y IV, siendo la VSur la que presentó los valores más bajos, entre 9,7% y 10,8% (figura 2).

Fuerza Panadera o W del alveograma

En general, los valores de W de la masa fueron buenos a muy buenos, tanto en las diferentes campañas como en el promedio de 10 años y superaron en casi todas las subregiones los 240 Joules $\times 10^{-4}$.

Las mejores campañas fueron las 2008 y 2009, con la mayoría de los valores dentro del rango 324 a 488 Joules $\times 10^{-4}$. En el 2008 se destacaron las subregiones I, II Norte, y VSur. En el 2009 sobresalieron las subregiones I, IV, VNorte y VSur, coincidiendo en ambas campañas con las zonas de alto porcentaje de proteínas dentro de las subregiones destacadas.

En el mapa de promedios de los últimos 10 años se observó una gran homogeneidad en la distribución del W, encontrándose la mayoría del área triguera dentro del rango 241-323 Joules $\times 10^{-4}$, sobresaliendo algunas zonas de las subregiones I, IV, VNorte y VSur con valores dentro del rango de 324 a 405 Joules $\times 10^{-4}$ (figura 3).

Relación tenacidad/extensibilidad (P/L)

La relación P/L es de importancia para la industria ya que un valor de 1 o cercano a 1 indica que se trata de una harina capaz de generar masas equilibradas, ni muy extensibles ni muy tenaces, favorables para lograr un buen comportamiento en panificación. De acuerdo a los resultados obtenidos, la mayoría de las muestras en las distintas subregiones y años evaluados se ubicó en el rango de P/L de 0,76 a 1,50, valores ideales para la industria panadera. En el promedio de 10 años casi todo el área triguera se ubicó dentro de ese rango (figura 4).

Estabilidad Farinográfica

Los valores más altos se dieron en las campañas 2008 y 2009 y no fueron coincidentes las subregiones entre años, pero sí dentro de cada año con el alto porcentaje de proteínas en esas regiones. En la campaña 2008 sobresalieron las subregiones II Norte, IV y VSur, en tanto que en la campaña 2009, las subregiones I, IINorte y parte de la VSur fueron las que mostraron valores en el rango más alto de 26 a más de 30,9 minutos.

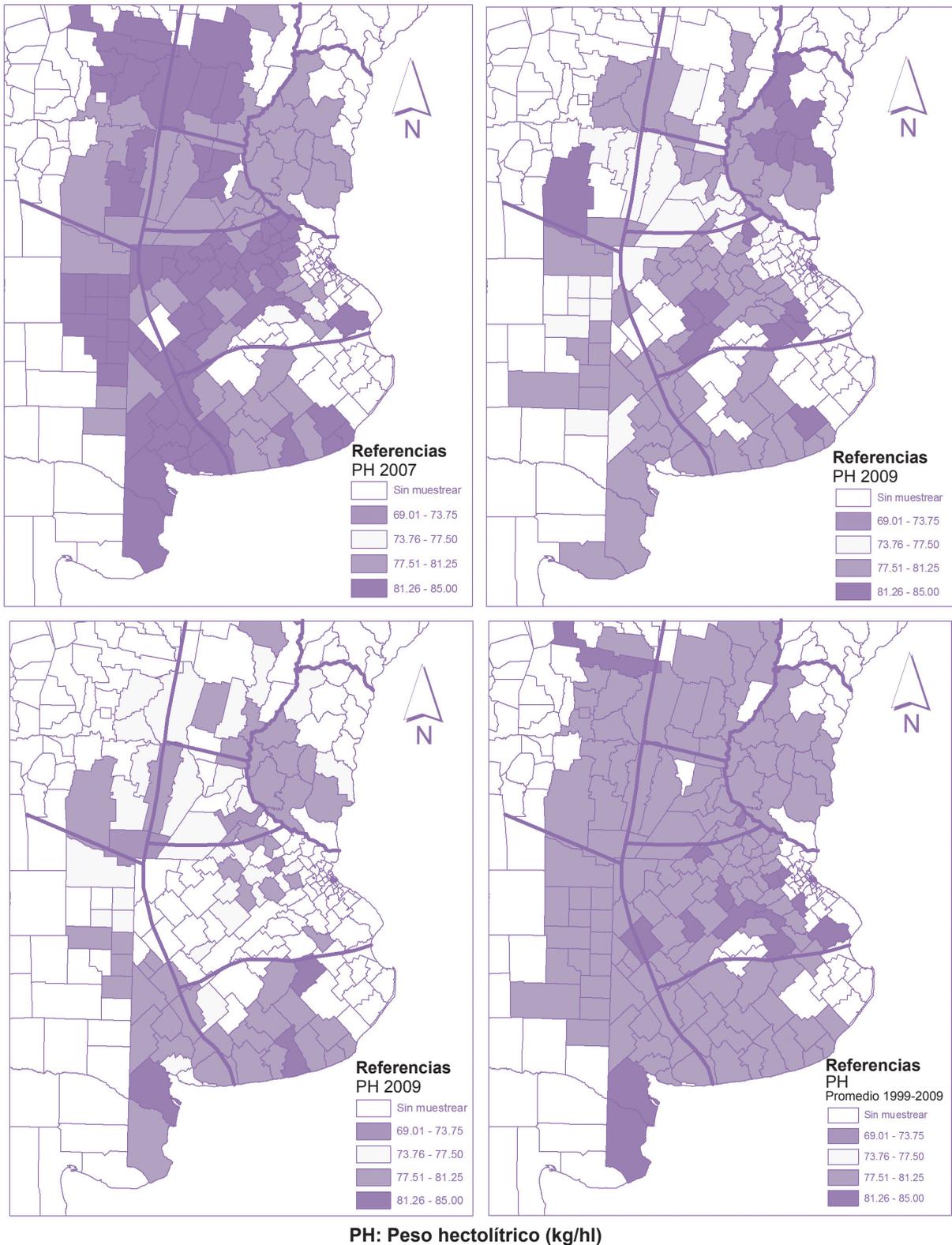


Figura 1. Mapa de Peso Hectolítico (kg/hl).

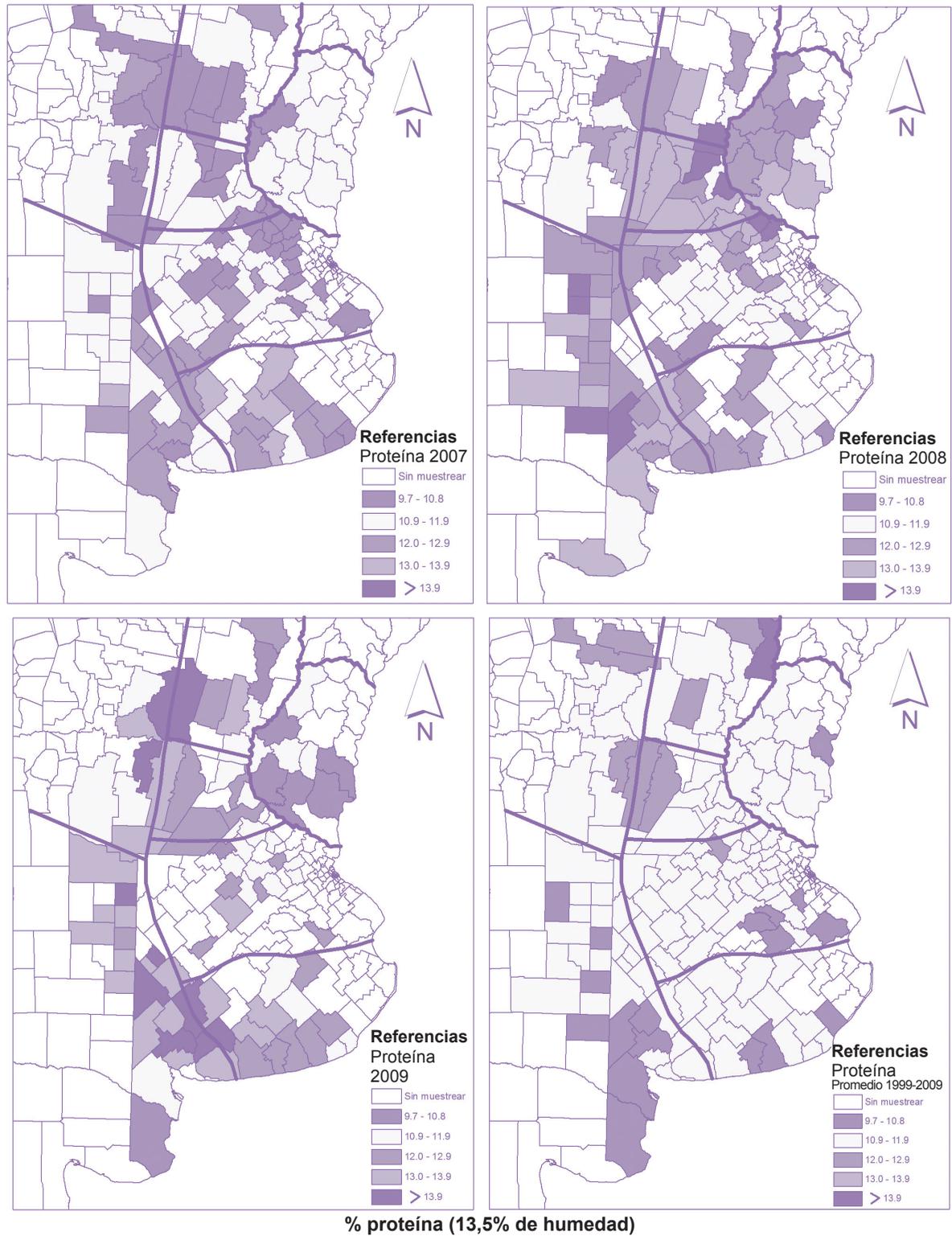
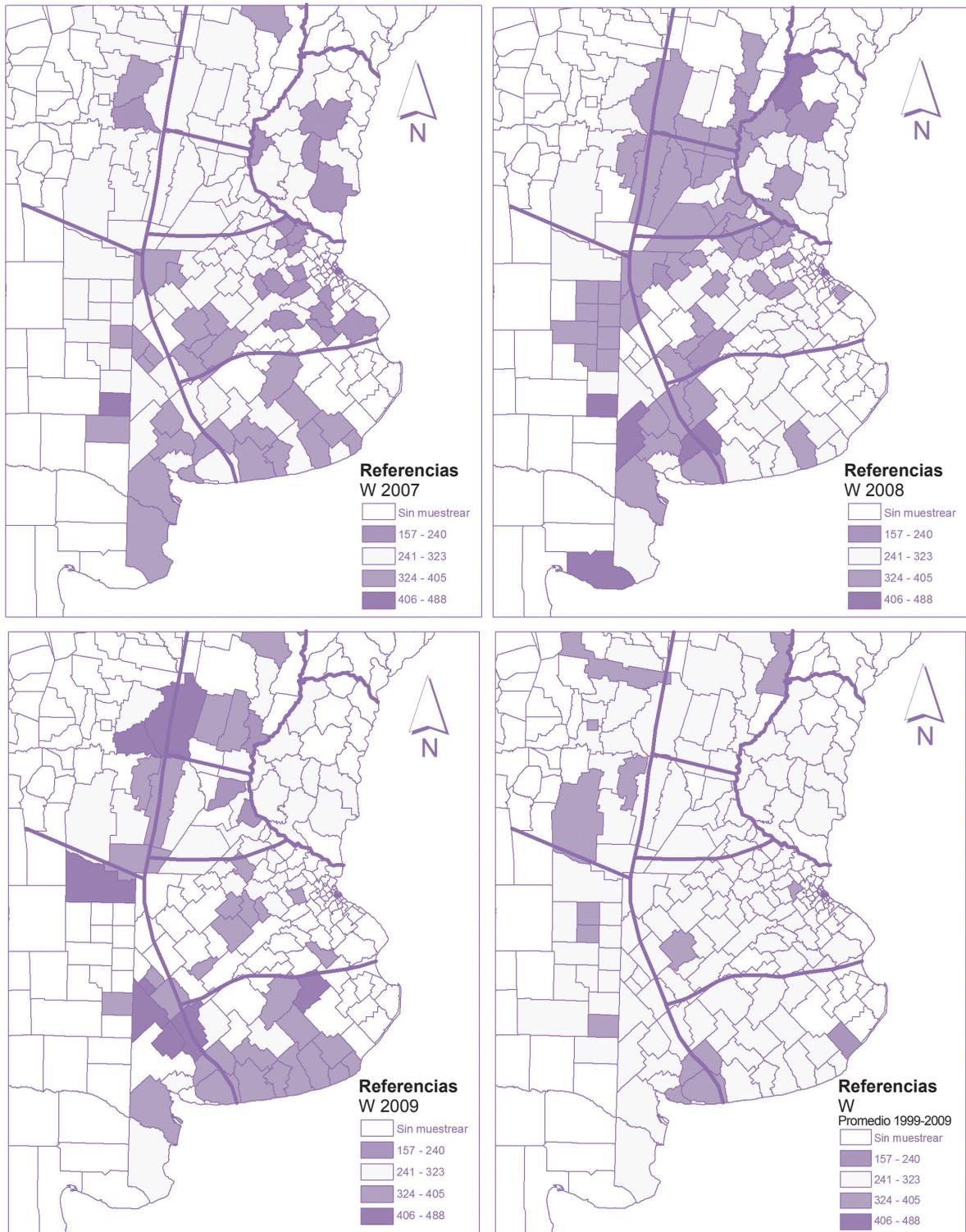


Figura 2. Mapa de Proteína (% base 13,5%)



W: Fuerza Panadera (Joule x 10⁴)

Figura 3. Mapa de Fuerza Panadera (W, Joule 10⁴)

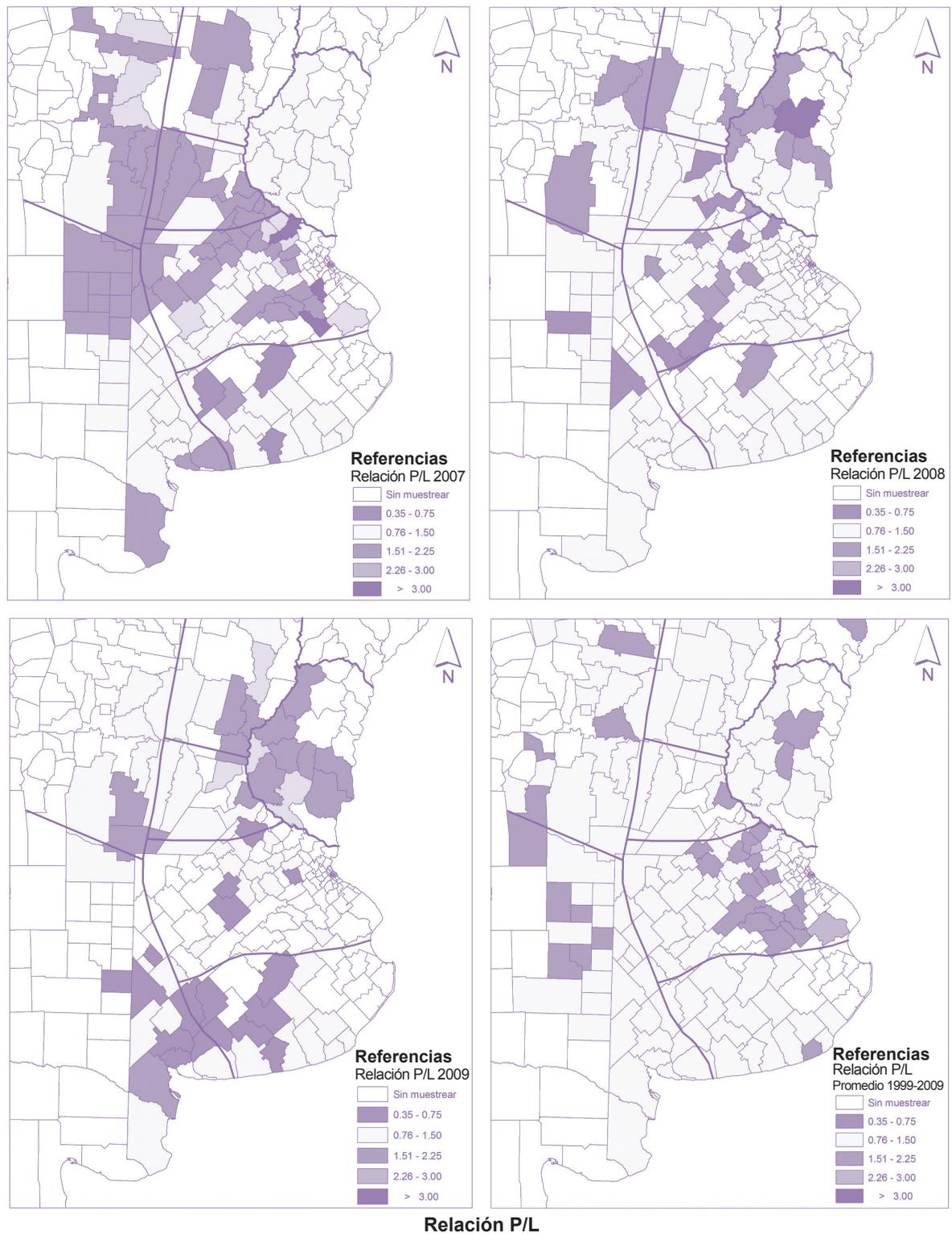


Figura 4. Mapa de la relación tenacidad/extensibilidad (P/L)



Figura 5. Mapa de Estabilidad Farinográfica (minutos)

En toda la región triguera argentina, en un promedio de 10 años, se destacó la subregión IV con valores más altos de estabilidad, entre 16,0 y 25,9 minutos, como se viene observando a través de los años, coincidiendo con mejor llenado de granos y una completa síntesis de proteínas formadoras de gluten, favorecida por el ambiente. En el resto de las subregiones estuvo entre 10,0 y 15,9 minutos, con zonas dentro de las subregiones de 16,0 a 20,9 minutos. De acuerdo a estos resultados el trigo argentino presenta muy buena estabilidad farinográfica (figura 5).

Los datos fueron tomados de Trigo Argentino, Informe Institucional sobre su calidad. (SENASA, 1999-2009).

CONCLUSIÓN

El Sistema de Información Geográfica (SIG) permitió confeccionar mapas de calidad comercial e industrial del trigo argentino referido a las principales regiones trigueras, de fácil interpretación, en el que fue posible ordenar la información y analizar la distribución de la calidad del área triguera.

El peso hectolítrico del trigo argentino es muy bueno ubicándose en su mayoría por encima del Grado 2 de comercialización.

El porcentaje de proteínas fue variable según años y zonas, destacándose las subregiones I, II Norte, V Norte y V Sur con los valores más altos, entre 12,0 y 12,9%. En el promedio de 10 años predominó la banda de 10,9 a 11,9% de proteína en las distintas subregiones.

La fuerza panadera (W) fue homogénea en toda el área triguera en el conjunto de 10 años, ubicándose entre 241 y 323 Joules $\times 10^{-4}$ lo mismo que el P/L, ubicándose la mayoría del área triguera en el rango de 0,76 a 1,50, valores adecuados para una buena panificación, pudiendo considerarse como muy buenos por tratarse de trigos *commodities*, no clasificados. A su vez, los valores de estabilidad farinográfica mayores se dieron en la subregión IV.

BIBLIOGRAFÍA

Burrough, P.; McDonnell, R. 1998. Principles of Geographical Information System. Oxford University. Gran Bretaña, 333 pp.

Cuniberti, M. 2005. Clasificación del trigo como valor agregado. 1ª Jornada de Trigo de la Región Centro. Pág. 45-50. Córdoba.

Cuniberti, M.; Otamendi, M. 2005. Classification of Argentinean wheat. In: Chung, O. K. and Lookhart, G. L. (eds.). Third International Wheat Quality Conference. May 22-26, 2005, Manhattan KS, USA. Grain Industry Alliance, Manhattan, KS, USA, pp. 333-340.

Cuniberti, M.; Mir, L.; Berra, O.; Macagno, S. 2007, 2008, 2009, 2010, 2011. Calidad del trigo en la región central del país. TRIGO, Informe de actualización técnica N.º 4, N.º 8, N.º 11, N.º 15 y N.º 18. INTA-EEA Marcos Juárez, Cba.

Cuniberti, M.; Mir, L. 2011. Wheat quality evolution in central region of Argentina. 2.ª Conf. Latinoamérica de Cereales ICC 2011. Abstracts Book, pág. 116.

Granotec. XV Seminario "Informe de Calidad de Cosecha de Trigo ICCT 2010/2011. (<http://www.granotec.com/argentina/event/xv-seminario-informe-de-calidad-de-cosecha-de-trigo-icct-2010-2011>)

Miranda, R.; Salomón, N. 2001. Índice de Calidad como Herramienta para determinar la aptitud de los materiales genéticos. En: Estrategias y metodologías utilizadas en el mejoramiento de trigo. ISBN: 9974-7586-2-9.

Moldes Teo, F., 1995. Tecnología de los sistemas de información geográfica. Editorial RA-MA. Madrid, 190 pp.

Molfese, E.; Seghezzo, M.L. 2010. Calidad del trigo en el sur Bonaerense. Análisis de 10 años. Chacra Experimental Integrada Barrow (Convenio MAA-INTA) Ministerio de Asuntos Agrarios Pcia. de Buenos Aires.

Renzi, D.; Fritz, N.; Galantini, J.; Salomón, N.; Miranda, R. 2007. Parámetros de calidad de muestras comerciales de trigo (2002/3 a 2004/5). Sistemas productivos del Sur y Sudoeste Bonaerense. Revista Técnica especial en Siembra Directa. AAPRESID

Salomón, N.; Miranda, R. 2008. Regionalización triguera por aptitud de uso industrial. Revista de Análisis de Semillas. ISSN: 1851-1678. Vol. 3 Tomo 2, N.º7, Pág. 77- 78.

SENASA. 1999-2009. Trigo Argentino, Informe Institucional sobre su calidad. 1999 al 2009. (<http://www.trigoargentino.com.ar>)

Efecto de la intensidad y época de realización del raleo sobre el rendimiento y la calidad de fruto en el cultivo de cerezos

CITTADINI, E.D.^{1,2}; BALUL, Y.J.^{1,3}; ROMANO, G.S.¹; PUGH, A.B.¹

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue cuantificar los efectos de la intensidad y el momento de realización del raleo sobre los rendimientos y la calidad de fruto en el cultivo de cerezo. El experimento se realizó en un monte comercial orgánico conducido como tatura en Chubut, Argentina. Los tratamientos surgieron de la combinación de tres niveles de intensidad de raleo (eliminación del 30%, 60% y 90% de las flores, dentro de cada dardo) y tres momentos de realización de la operación (1, 24 y 47 días después de plena floración en "Lapins" y 7, 31 y 64 en "Sweetheart"), además de los testigos de cada cultivar. Al momento de cosecha se registro el rendimiento, se evaluaron los parámetros de calidad (firmeza, contenido de sólidos solubles, peso medio de frutos y diámetro medio de frutos) y se estimó el área foliar por árbol. El rendimiento disminuyó significativamente sólo en función de la intensidad del raleo. En "Lapins", el diámetro y el peso medio de fruto aumentaron en relación a dicha variable. Por el contrario, en "Sweetheart", la intensidad de raleo no tuvo efecto significativo, pero si se detectó una disminución del diámetro y del peso medio de fruto a medida que se demoró el raleo. En ambos cultivares, el contenido de sólidos solubles aumentó en función de la intensidad del raleo. En "Lapins", la firmeza no fue afectada por la intensidad del raleo ni por el momento de realización. En "Sweetheart", en cambio, esta variable disminuyó en función del momento de realización de la operación. Dentro de los rangos de valores analizados, el rendimiento se incrementó en forma lineal en función de la relación fruto/hoja, tanto en "Sweetheart" como en "Lapins". En "Lapins", el peso medio de fruto disminuyó linealmente en función de la relación fruto/hoja, pero no se detectaron efectos en "Sweetheart". Sin embargo, se detectaron reducciones del diámetro de fruto en función de la relación fruto/hoja en ambos cultivares. En "Lapins", el contenido de sólidos solubles disminuyó significativamente en función de la relación fruto/hoja, pero no se detectaron efectos de la carga sobre esta variable en "Sweetheart". En forma análoga, en "Lapins" la firmeza se redujo en función de la relación fruto/hoja, pero esta relación no fue detectada en "Sweetheart".

Palabras clave: peso medio de fruto, Diámetro de fruto, Firmeza, Contenido de sólidos solubles, Relación fruto/hoja.

¹Grupo de Fruticultura, INTA-EEA Chubut. Ex-ruta 25 km 1480, (9100) Trelew, Argentina. Tel. 0280-446658/6422.

Correo electrónico: fruticultura@chubut.inta.gov.ar.

²Actual: INTA – Centro Regional Patagonia Sur. 25 de Mayo 330, (9100) Trelew, Argentina. Tel. 0280-4437186/7.

Correo electrónico: cittadini.eduardo@inta.gob.ar

³Proyecto EULACIAS.

ABSTRACT

The objective of this work was to quantify the effects of intensity and time thinning of yield and fruit quality in sweet cherry. The experiment was performed in a commercial organic orchard trained as tatura in Chubut, Argentina. The treatments resulted from the combination of three levels of thinning intensity (elimination of 30%, 60% and 90% of the reproductive organs) and three thinning moments (1, 24 and 47 days after full bloom in "Lapins" and 7, 31 and 64 in "Sweetheart"), besides the controls of each cultivar. At harvest time the yield was registered, the quality parameters (firmness, soluble solids content, mean fruit weight and mean fruit diameter) were evaluated and the leaf area per tree was estimated. The yield significantly decreased only in relation to the thinning intensity. In "Lapins", the mean fruit weight and the fruit diameter increased in relation to that variable. On the contrary, in "Sweetheart", the thinning intensity did not have a significant effect, but it was detected a reduction in mean fruit weight and fruit diameter as the fruit-thinning was delayed. In both cultivars the soluble solids content was higher as the fruit-thinning intensity increased. In "Lapins", the firmness was not affected by the thinning intensity neither by the thinning moment. In "Sweetheart", on the contrast, this variable decreased in relation the moment of the operation. Within the ranges of the analyzed data, the yield increased lineally as a function of the fruit/leaf ratio, both in "Sweetheart" and in "Lapins". In "Lapins", the mean fruit weight decreased as a function of the fruit/leaf ratio, but no effects were detected in "Sweetheart". However, in both cultivars fruit diameter reductions were detected in relation to the fruit/leaf ratio. In "Lapins", the soluble solids content significantly decreased as a function of the fruit/leaf ratio, but in "Sweetheart" no effect of the crop load were detected on this variable. Analogously, in "Lapins" the firmness decreased as the fruit/leaf ratio increased, but this relationship was not detected in "Sweetheart".

Keywords: mean fruit weight, Fruit diameter, Firmness, Soluble solids content, Fruit/leaf ratio.

INTRODUCCIÓN

En temporadas con altos rendimientos, la calidad de los frutos de cerezo (*Prunus avium* L.) en general no alcanza los estándares internacionales (Podestá *et al.*, 2006). En estas situaciones, el crecimiento del fruto puede haber estado limitado por la oferta de carbohidratos. La partición de materia seca es el resultado del flujo de carbohidratos desde los órganos fuente hacia los órganos destino y la subsiguiente transformación (parcial) en material vegetal estructural. Si bien los órganos reproductivos y vegetativos compiten por carbohidratos, en cerezo Cittadini *et al.* (2008a) y Balul (2010), no detectaron efectos en el crecimiento vegetativo (largo de brotes y aumento del área seccional transversal del tronco) atribuibles a diferentes cargas o niveles de raleo. Durante el crecimiento reproductivo de árboles frutales, los frutos son el mayor destino compitiendo por azúcares (Grossman y DeJong, 1994; Marcelis y Heuvelink, 1999). Por lo tanto, el número de frutos cuajados por árbol tiene un fuerte impacto en la partición de materia seca y en el crecimiento del fruto (Marcelis y Heuvelink, 1999).

Para comprender el proceso de crecimiento del fruto es importante conocer si el incremento en biomasa de un órgano está limitado por la fuente o por el destino de los carbohidratos (Patrick, 1988). Usualmente, una reducción en la carga frutal incrementa el tamaño medio del fruto (Lotze y Bergh, 2004). Los efectos de la reducción del número de frutos por árbol (raleo) dependen del momento (Costa y Vi-

zzotto, 2000) y del peso del fruto al momento de realizar la operación (Lescourret *et al.*, 1998). Es mejor intervenir antes de que la demanda por carbohidratos exceda la oferta y antes de que ocurra competencia entre frutos o con otros destinos (Costa y Vizzotto, 2000). Sin embargo, un raleo muy temprano es riesgoso porque luego de esta operación puede haber pérdidas naturales excesivas (por ejemplo por heladas o fallas en la polinización).

Durante el periodo de fructificación, el número de frutos por unidad de área foliar (relación fruto/hoja) es el factor más importante para explicar la variación de peso individual de la fruta (Proebsting, 1990). La relación frutos por área foliar no es importante en sí, pero representa el potencial de producción a través de la capacidad fotosintética y un valor moderado es esencial para producir cerezas de alta calidad (Lappi y Stenberg, 1998).

Además de un gran tamaño para lograr altos precios, una firmeza de al menos 70 unidades Durofel (Kappel *et al.*, 1996) es indispensable para la conservación durante más de 30 días que requiere el comercio transoceánico (Glenn y Poovaiah, 1987; Guyer *et al.*, 1993). Si bien los factores que gobiernan la firmeza de las cerezas no están completamente claros, hay indicios que indican una relación negativa entre la firmeza y la relación fruto/hoja (Cittadini *et al.*, 2008a; 2008b).

El objetivo de este trabajo fue cuantificar los efectos de la intensidad y el momento de realización del raleo sobre los rendimientos y la calidad de fruto en el cultivo de cerezo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante la temporada 2009/2010 en un monte comercial orgánico ubicado en el Valle Inferior del Río Chubut (43° 17' 48,61" L.S.; 65° 23' 09,95" L.O.) provincia del Chubut, Argentina. Los árboles fueron plantados en 2003 a 4,5 m x 1,1 m, en doble hilera (4040 plantas/ha) y conducidos en tatura (árboles en tresbolillo inclinados alternadamente hacia el pasillo, formando una 'V' sobre el bordo de plantación). El cuidado rutinario para la producción de fruta comercial incluyó riego por goteo, fertilización, protección del viento y heladas (mediante equipos de riego por aspersión), control de enfermedades y malezas. Por lo tanto, las condiciones de cultivo fueron cercanas al óptimo y no fueron consideradas un factor en el experimento. El estudio se realizó con las cultivares "Lapins" y "Sweetheart", ambas sobre portainjerto "Mahaleb" (*Prunus mahaleb*).

El diseño experimental fue completamente aleatorizado y los tratamientos, cada uno de los cuales se replicó en cinco árboles (unidades experimentales), surgieron de la combinación de tres niveles de intensidad de raleo (eliminación del 30%, 60% y 90% de las flores, dentro de cada dardo) y tres momentos de realización de la operación (1, 24 y 47 días después de plena floración -DDPF- en "Lapins" y 7, 31 y 64 en "Sweetheart"), además de los testigos de cada cultivar.

Para la realización del raleo, en cada árbol se contó el total de los órganos reproductivos y luego se eliminó ma-

nualmente, con tijeras, el porcentaje correspondiente a cada tratamiento.

Al momento de cosecha (que se realizó cuando la fruta alcanzó el color cuatro de la carta de colores del CTIFL, a los 71 y 90 DDPF, para "Lapins" y "Sweetheart", respectivamente) se registró el rendimiento por unidad experimental (kg/árbol) y se tomó una muestra aleatoria de 70 frutos en base a la cual se evaluaron los parámetros de calidad (firmeza, contenido de sólidos solubles, peso medio de frutos -PMF- y diámetro medio de frutos) el mismo día de la cosecha, con la fruta a 20 °C. De cada fruto se registró el peso individual (g/fruto) con una balanza electrónica con 0,01 g de exactitud, la firmeza se midió con un Durofel® (con punta de 0,25 mm), tomando una medida por fruto en la zona ecuatorial y utilizando como unidad de medida el índice Durofel® (0 a 100) (Hilaire *et al.*, 2000) y el contenido de sólidos solubles (CSS; %) se determinó sobre un extracto de la muestra compuesta, con la utilización de un refractómetro Atago®.

Inmediatamente después de cosecha, de cada uno de los árboles experimentales se extrajo una muestra aleatoria compuesta por 30 hojas de distintos estratos de la canopia y de cada una se midió el largo (sin pecíolo) y el ancho. El área por hoja (dm²) se estimó multiplicando el largo por el ancho y por 0,6612 (Cittadini y Peri, 2006). El área foliar por árbol (AF/árbol) fue estimada de acuerdo al modelo propuesto por Balul y Cittadini (2009):

Área foliar por árbol (AF/árbol; m²) = -9,18 + 37,31 + AFM + 0,83 + VMEP, donde AFM es Área Foliar Media (dm²) y

Variable	Modelo ^a	Probabilidad		R ²	Error cuadrático medio
		A	b		
Rendimiento (Tn/ha)					
"Lapins"	33,29 - 0,20 IR ^b	<0,0001	<0,0001	0,3	85,7713
"Sweetheart"	30,56 - 0,21 IR	<0,0001	<0,0001	0,45	50,237
Peso medio de frutos (g/fruto)					
"Lapins"	8,33 + 0,02 IR	<0,0001	0,0149	0,13	1,4509
"Sweetheart"	8,23 - 0,01 DDPF ^c	<0,0001	0,0044	0,17	0,434
Calibre medio de frutos (mm)					
"Lapins"	25,71 + 0,02 IR	<0,0001	0,0341	0,1	2,2402
"Sweetheart"	25,81 - 0,01 DDPF	<0,0001	0,0019	0,2	0,4335
Contenido de sólidos solubles (%)					
"Lapins"	16,33 + 0,02 IR	<0,0001	0,0575	0,08	3,3967
"Sweetheart"	17,47 + 0,02 IR	<0,0001	0,0085	0,15	1,755
Firmeza (unidades Durofel: 0-100)					
"Lapins"	NS ^d				
"Sweetheart"	79,37 - 0,05 DDPF	<0,0001	0,0535	0,08	19,5404

Tabla 1. Modelos estadísticos que describen el rendimiento, el peso medio de frutos, el calibre medio de frutos, el contenido de sólidos solubles y la firmeza, en función de la intensidad del raleo y el momento de realización, para "Lapins" y "Sweetheart".

Nota: ^aLos modelos fueron seleccionados mediante análisis de regresión múltiple "stepwise" (P<0,15 para retener o incorporar una variable en el modelo) para cada una de las cultivares; ^bIR: Intensidad de raleo (porcentaje de los órganos reproductivos eliminados); ^cDDPF: Días después de plena floración; ^dNS: No significativo.

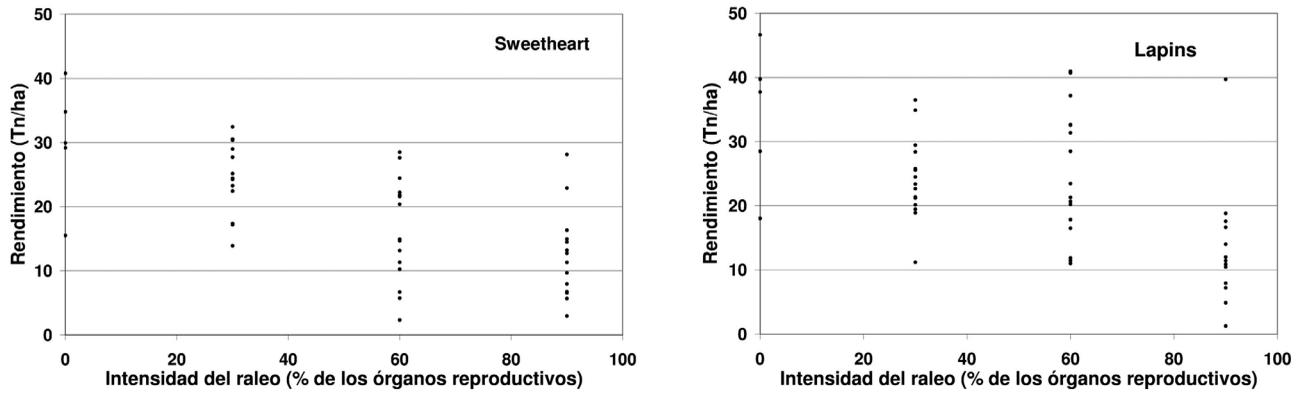


Figura 1. Rendimiento en función de la intensidad del raleo en "Sweetheart" (izquierda) y "Lapins" (derecha).

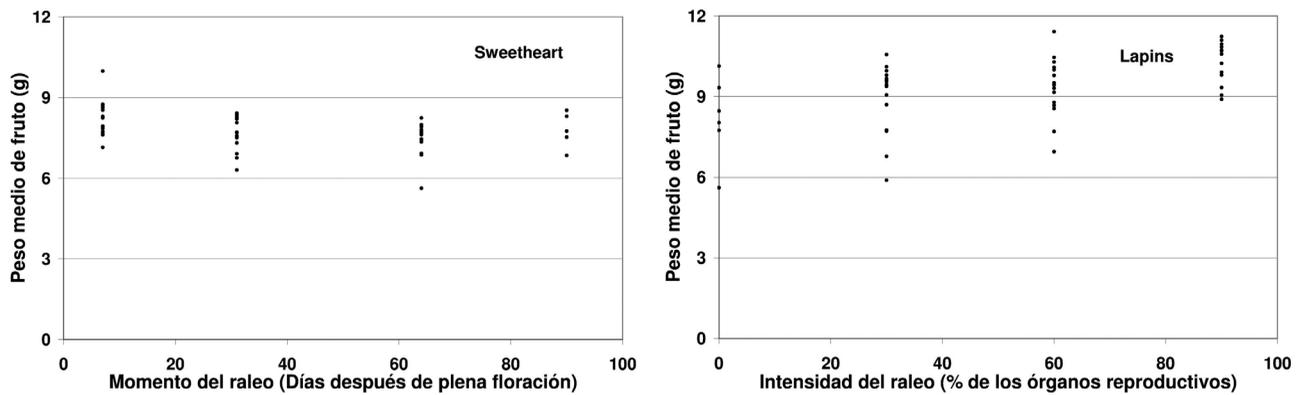


Figura 2. Peso medio de frutos en función del momento de realización del raleo ("Sweetheart") o de la intensidad del mismo ("Lapins").

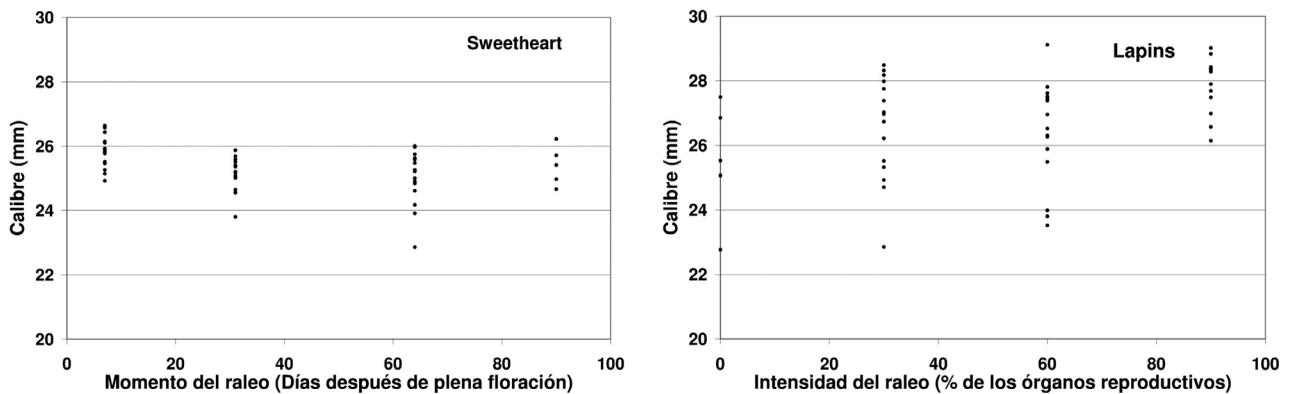


Figura 3. Calibre medio de frutos en función del momento de realización del raleo ("Sweetheart") o de la intensidad del mismo ("Lapins").

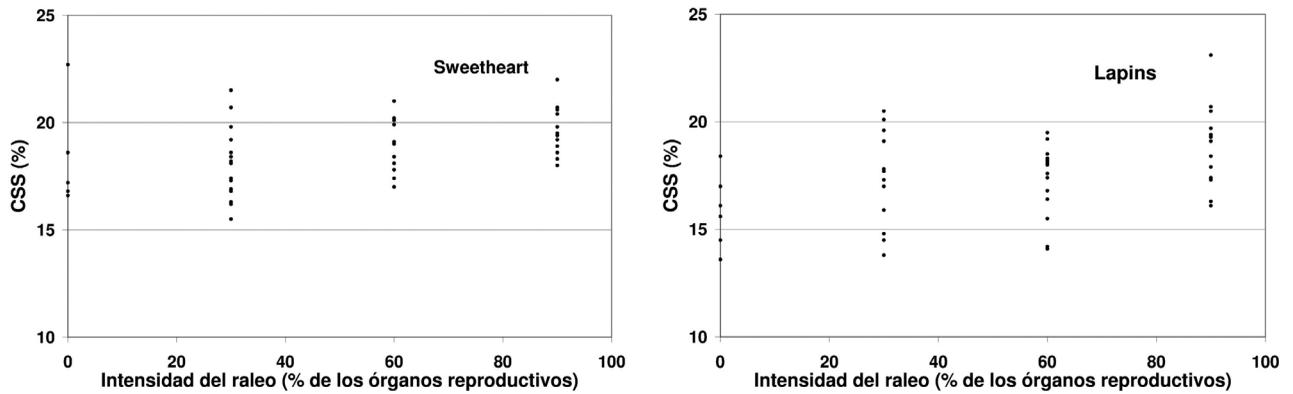


Figura 4. Contenido de sólidos solubles (%) en función de la intensidad del raleo en “Sweetheart” (izquierda) y “Lapins” (derecha).

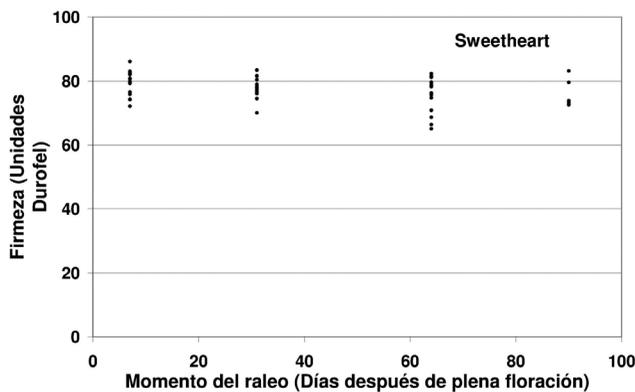


Figura 5. Firmeza en función del momento de realización del raleo en “Sweetheart” (en “Lapins” ningún modelo fue estadísticamente significativo).

VMEP es Volumen de Madera del Eje Principal (dm³), que a su vez fue estimado asumiendo un eje principal perfectamente cónico ($\pi \cdot r^2 \cdot h/3$), utilizando el largo total del eje y el radio del tronco a 30 cm por encima del punto de injerto.

El número de frutos por árbol (a cosecha) fue estimado dividiendo el rendimiento por árbol por el PMP. Al dividir el número de frutos por árbol por el área foliar por árbol, se obtuvo la relación fruto/hoja de cada árbol.

El análisis de los resultados se realizó mediante modelos de regresión lineal múltiple “stepwise” ($P < 0,15$ para retener o incorporar una variable en el modelo) para cada una de las cultivares. Como variables de clasificación se utilizaron la intensidad del raleo (porcentaje de los órganos reproductivos eliminados) y el momento de realización (DDPF). Las variables dependientes fueron el rendimiento, la firmeza, el contenido de sólidos solubles, el peso medio y el diámetro medio de los frutos.

Asimismo, para profundizar la comprensión sobre los factores que afectan la calidad y el rendimiento sobre las mismas variables dependientes, también se analizó mediante regresión lineal múltiple ($P < 0,05$) el efecto de la relación fruto/hoja (frutos/m² AF) a cosecha en combinación con la fecha de raleo.

lación fruto/hoja (frutos/m² AF) a cosecha en combinación con la fecha de raleo.

RESULTADOS

Rendimiento y calidad de las cerezas en función de la intensidad de raleo y del momento de su realización

Para ninguna de las variables analizadas se detectaron interacciones entre la intensidad del raleo y el momento de realización. El rendimiento disminuyó significativamente sólo en función de la intensidad del raleo (0,20 y 0,21 Tn/ha por cada unidad porcentual en que se incrementó la intensidad del raleo, para “Lapins” y “Sweetheart”, respectivamente), sin detectarse efectos atribuibles al momento de realización (tabla 1 y figura 1).

En “Lapins”, el peso PMF aumentó en relación a la intensidad del raleo, pero no fue afectado significativamente por el momento de realización de esta práctica. Por el contrario, en “Sweetheart”, la intensidad de raleo no tuvo efecto significativo, pero sí se detectó una disminución del PMF a medida que se demoró el raleo (tabla 1 y figura 2). El diámetro medio de frutos tuvo un comportamiento similar al PMF. En “Lapins”, el diámetro aumentó 0,02 mm por cada unidad porcentual en que se incrementó la intensidad del raleo, mientras que en “Sweetheart” disminuyó 0,01 mm por cada día de demora en la realización del raleo (tabla 1 y figura 3).

El CSS tuvo un comportamiento similar en ambas variedades, aumentó 0,02 unidades porcentuales por cada unidad porcentual incrementada en la intensidad del raleo, mientras que no se detectaron efectos debidos al momento de realización del mismo (tabla 1 y figura 4).

En “Lapins”, la firmeza no fue afectada por la intensidad del raleo ni por el momento de realización. En “Sweetheart”, en cambio, esta variable disminuyó 0,05 unidades Durofel por cada día de demora en la realización del raleo, pero no se detectó efecto debido a la intensidad del mismo (tabla 1 y figura 5).

Efecto de la relación fruto/hoja a cosecha y del momento de realización del raleo sobre el rendimiento y la calidad de las cerezas

Dentro de los rangos de valores analizados, el rendimiento sólo se incrementó significativamente, en forma lineal, en función de la relación fruto/hoja, tanto en “Lapins”

(Rendimiento [Tn/ha] = 5,86 + 0,34 + frutos/m² AF) como en “Sweetheart” (Rendimiento [Tn/ha] = 3,15 + 0,34 + frutos/m² AF) (tabla 2 y figura 6), sin detectarse efectos atribuibles al momento de realización del raleo.

El momento de raleo tampoco tuvo efectos estadísticamente significativos en ninguna de las variables de calidad.

Variable	Modelo ^a (a + bx)	Probabilidad		R ²
		A	b	
Rendimiento (Tn/ha)				
“Lapins”	5,86 + 0,34 F/AF	<0,0001	<0,0001	0,84
“Sweetheart”	3,15 + 0,34 F/AF	<0,0001	<0,0001	0,82
Peso medio de frutos (g/fruto)				
“Lapins”	10,8 – 0,03 F/AF	<0,0001	<0,0001	0,53
“Sweetheart”	NS ^b			
Calibre medio de frutos (mm)				
“Lapins”	28,47 – 0,03 F/AF	<0,0001	<0,0001	0,49
“Sweetheart”	25,85 – 0,01 F/AF	0,0057	0,0057	0,15
Contenido de sólidos solubles (%)				
“Lapins”	19,49 – 0,04 F/AF	<0,0001	<0,0001	0,38
“Sweetheart”	NS			
Firmeza (unidades Durofel: 0-100)				
“Lapins”	62,16 – 0,08 F/AF	<0,0001	<0,0079	0,14
“Sweetheart”	NS			

Tabla 2. Modelos estadísticos que describen el rendimiento, el peso medio de frutos, el calibre medio de frutos, el contenido de sólidos solubles y la firmeza, en función de la relación fruto/AF y el momento de realización del raleo, para “Lapins” y “Sweetheart”.

Nota: ^aEl análisis de los resultados se realizó mediante modelos de regresión lineal múltiple “stepwise” (P<0,05 para retener o incorporar una variable en el modelo) para cada una de las cultivares. En ningún caso se detectaron efectos atribuibles al momento de realización del raleo; ^bNS: no significativo.

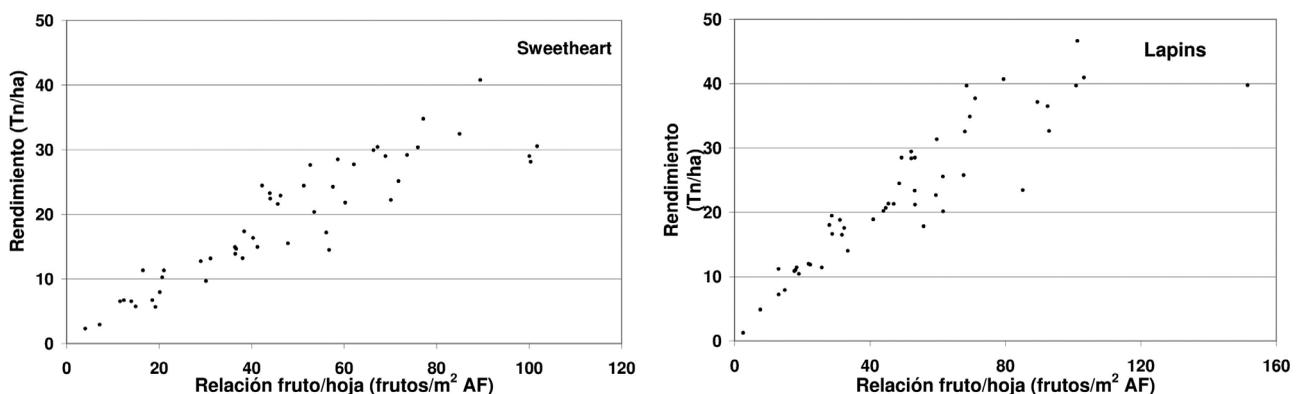


Figura 6. Rendimiento en función de la relación fruto/hoja en “Sweetheart” (izquierda) y “Lapins” (derecha).

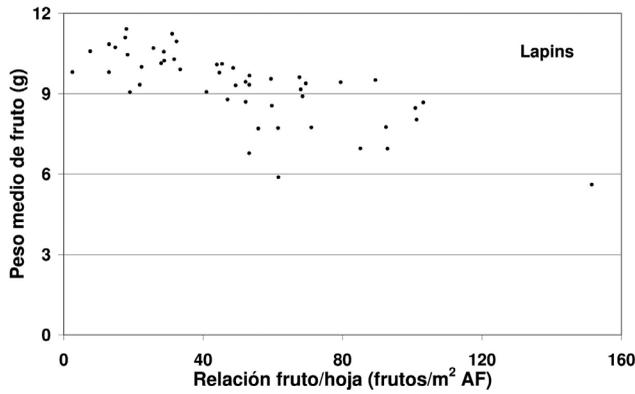


Figura 7. Peso medio de fruto en función de la relación fruto/hoja en “Lapins” (en “Sweetheart” el modelo no fue estadísticamente significativo).

En “Lapins”, el PMF disminuyó linealmente en función de la relación fruto/hoja ($PMF [g] = 10,80 + 0,03 + \text{frutos/m}^2 \text{ AF}$) (figura 7), pero no se detectaron efectos en “Sweetheart” (tabla 2). Sin embargo, se detectaron reducciones significativas del diámetro en función de la relación fruto/hoja en ambos cultivares (0,03 y 0,01% por cada unidad de relación fruto/hoja para “Lapins” y “Sweetheart”, respectivamente) (tabla 2 y figura 8).

En “Lapins”, el CSS disminuyó significativamente en función de la relación fruto/hoja (0,04% por cada unidad de relación fruto/hoja). Sin embargo, no se detectaron efectos de la carga sobre esta variable en “Sweetheart” (tabla 2 y figura 9). En forma análoga, en “Lapins” la firmeza se redujo 0,08 unidades Durofel por cada unidad de relación fruto/hoja, pero esta relación no fue detectada en “Sweetheart” (tabla 2 y figura 10).

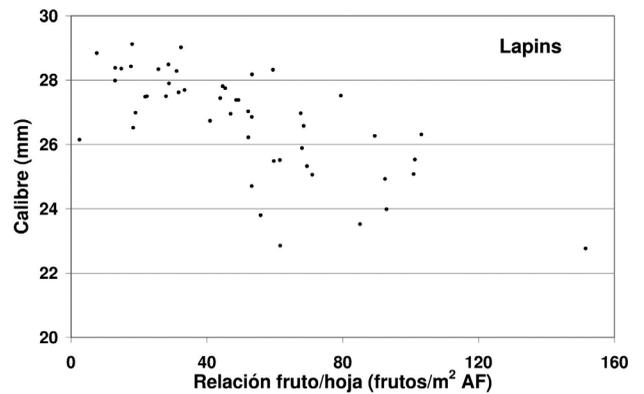
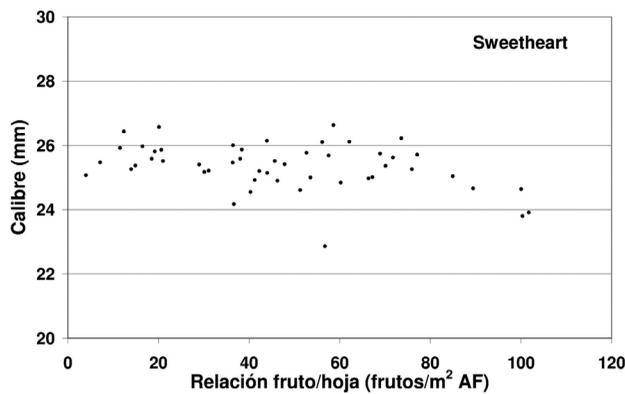


Figura 8. Calibre en función de la relación fruto/hoja en “Sweetheart” (izquierda) y “Lapins” (derecha).

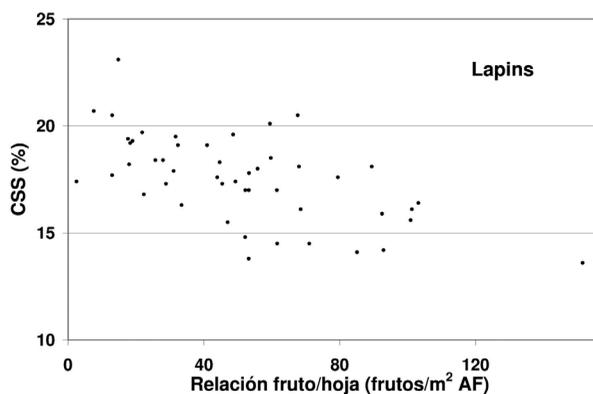


Figura 9. Contenido de sólidos solubles en función de la relación fruto/hoja en “Lapins” (en “Sweetheart” el modelo no fue estadísticamente significativo).

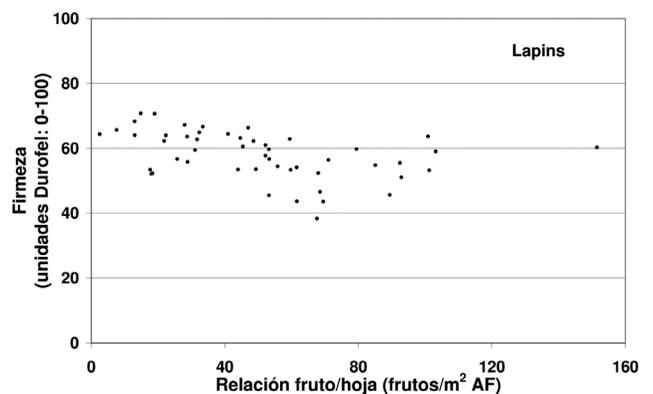


Figura 10. Firmeza en función de la relación fruto/hoja en “Lapins” (en “Sweetheart” el modelo no fue estadísticamente significativo).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Diversos trabajos previos han resaltado la importancia de la intensidad del raleo (Lötze y Bergh, 2004; Podestá *et al.*, 2006) y del momento de realización de esta práctica (Costa y Vizzotto, 2000; Cittadini *et al.*, 2008a). En el presente estudio, en ambas cultivares el rendimiento disminuyó al incrementarse la intensidad del raleo, mientras que el contenido de sólidos solubles de los frutos aumentó. Sin embargo, para ninguna de estas dos variables se detectaron efectos atribuibles al momento de realización de la operación. No obstante, las variaciones en diámetro y PMP respondieron a factores diferentes en cada cultivar. En "Lapins", los resultados coincidieron con los de Lötze y Bergh (2004), quienes concluyeron que, por lo general, una reducción en la carga frutal aumenta el tamaño medio de los frutos y el porcentaje de frutos grandes. En cambio, en el presente estudio esta relación no fue detectada en "Sweetheart". En esta cultivar, el diámetro y el PMP estuvo afectado por el momento de realización del raleo, independientemente de la intensidad del mismo. La importancia del momento de raleo ha sido planteada en estudio previos. Costa y Vizzotto (2000), recomendaron intervenir antes de que la demanda de hidratos de carbono sea superior a la oferta y antes que se produzca una competencia indeseable entre la fruta y otros órganos, o entre los frutos. En relación a esto, Cittadini *et al.* (2008a) reportaron que en cerezos "Bing" injertados sobre "Mahaleb" la competencia fue estadísticamente detectada a partir de los 400 grados-día acumulados desde plena floración (comienzo de la fase III de desarrollo del fruto), sugiriendo que el raleo de frutos en montes comerciales debe llevarse a cabo antes de este momento. Sin embargo, en el presente estudio, en "Lapins" no se detectaron efectos del momento de realización del raleo sobre el diámetro y el PMP.

La firmeza tuvo un comportamiento aun menos consistente que los otros parámetros de calidad. En "Lapins", no se detectó ninguna relación significativa con la intensidad ni con el momento del raleo y en "Sweetheart" se encontró una relación negativa sólo con el momento de realización de esta práctica agronómica, aunque incluso en este caso el coeficiente de determinación fue muy bajo.

La relación lineal negativa del diámetro y el peso PMP con respecto a la relación fruto/hoja ha sido reportada en numerosos estudios (Facteau *et al.*, 1983; Flore, 1985; Roper y Loescher, 1987; Proebsting, 1990; Whiting y Lang, 2004; Cittadini *et al.*, 2008b; 2008c), indicando que cuando aumenta la relación fruto/hoja, los azúcares se vuelven limitantes para la obtención de frutos de mayor peso individual. Sin embargo, también se han detectado diferencias significativas entre cultivares en cuanto a la sensibilidad a los aumentos de carga (Cittadini *et al.*, 2008c). En coincidencia con estos autores, los resultados de este estudio refuerzan la idea de que el diámetro y el PMP son más estables en "Sweetheart" que en "Lapins", aunque en este cultivar el potencial (Y-intercepta) es mayor.

La disminución significativa del CSS en función de la relación fruto/hoja en "Lapins", está en concordancia con los

resultados obtenidos por Roper y Loescher (1987) y Cittadini *et al.* (2008b). A pesar de que en "Lapins" la relación negativa entre la firmeza y la relación fruto/hoja fue significativa, el coeficiente de determinación fue bajo, indicando que hay otros factores involucrados en la determinación de esta variable. La ausencia de efectos significativos atribuibles al momento de realización del raleo cuando esta variable se analizó junto con la relación fruto/hoja, sugiere que la competencia por azúcares no es relevante en las primeras fases de desarrollo del fruto y que, por lo tanto, el momento de raleo podría demorarse hasta el comienzo de la fase III (luego de la finalización del endurecimiento del carozo), en coincidencia con los resultados reportados por Cittadini *et al.* (2008a). Esto permitiría realizar una evaluación más precisa de la necesidad de realizar esta práctica y de su intensidad, ya que en este momento el riesgo de daño por heladas es mucho menor y ya se ha producido la mayor parte de los abortos naturales.

En base a las diferencias en el comportamiento de los dos cultivares detectados en esta investigación y en estudios previos (Cittadini *et al.*, 2008c), en futuras investigaciones debería profundizarse el estudio de las interacciones genotipo-ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Carlos Torrejón y Aline Cuenca, propietarios del establecimiento 'Patagonia Fresca S.R.L.', donde se realizó el experimento. También agradecen a César Sanz, Javier Evans, Eduardo Hueraleo Estremador, Roberto Torres y Nelson Hughes por la colaboración en el trabajo de campo.

BIBLIOGRAFÍA

- BALUL, Y.J. 2010. Potencial productivo del cultivo de cerezos: influencia de la carga frutal sobre el rendimiento y la calidad de la fruta, y desarrollo de métodos para la estimación del Índice de Área Foliar. Tesis de grado para acceder al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, 40 pp.
- BALUL, Y.J.; CITTADINI, E.D. 2009. Non-destructive estimation of Leaf Area Index in sweet cherry trained as tatura-trellis. Proceedings VI International Cherry Symposium. Vina del Mar, Chile. Nov. 2009, p. 84.
- CITTADINI, E.D.; PERI, P.L. 2006. Estimation of leaf area in sweet cherry using a non destructive method. RIA 35(1), 143-150.
- CITTADINI, E.D.; RODRÍGUEZ, M.J.; VAN KEULEN, H.; DE RIDDER, N.; PERI, P.L. 2008a. Fruit dry weight and quality of 'Bing' sweet cherries grown without source limitations. *Acta Horticulturae* 795, 639-644.
- CITTADINI, E.D.; VALLÉS, M.B.; RODRÍGUEZ, M.J.; VAN KEULEN, H.; DE RIDDER, N.; PERI, P.L. 2008b. Effect of fruit number to leaf area ratio on fruit quality and vegetative growth of 'Bing' sweet cherry trees at optimal LAI. *Acta Horticulturae* 795, 677-680.
- CITTADINI, E.D.; PERI, P.L.; DE RIDDER, N.; VAN KEULEN, H. 2008c. Relationship between mean fruit weight and the ratio of fruit number to leaf area, at spur and whole-tree level, for three sweet cherry varieties. *Acta Horticulturae* 795, 669-672. COSTA,

- G.; VIZZOTO, G. 2000. Fruit thinning of peach trees. *Plant Growth Regulation* 31, 113-119.
- FACTEAU, T.J.; CHESTNUT, N.E.; ROWE, K.E. 1983. Relationship between fruit weight, firmness, and leaf/fruit ratio in Lambert and Bing sweet cherries. *Canadian Journal of Plant Science* 63, 763-765.
- FLORE, J.A., 1985. The effect of carbohydrate supply on sour cherry fruit size and maturity. *HortScience* 20:568.
- GLENN, G.; POOVAIAH, B. 1987. Role of calcium in delaying softening of apples and cherries. *Postharvest Pomology Newsletter* 5(1), 15-5.
- GUYER, D.E.; SINHA, N.K.; TUNG-SUNG, C.; CASH, J.N. 1993. Physicochemical and sensory characteristics of selected Michigan sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars. *Journal of Food Quality* 16(5), 355-370.
- GROSSMAN, Y.L.; DEJONG, T.M. 1994. PEACH: A simulation model of reproductive and vegetative growth in peach trees. *Tree Physiology* 14, 329-345.
- HILAIRE, C.; MATHIEU, V.; SCANDELLA, D. 2000. *La qualité organoleptique des Pêches et nectarines*. 1.º partie. *Infos – Ctifl* 161:26-29.
- KAPPEL, F.; FISHER-FLEMING, B.; HOGUE, E. 1996. Fruit characteristics and sensory attributes of an ideal sweet cherry. *HortScience* 31:443-446.
- LAPPI, J.; STENBERG, P. 1998. Joint effect of angular distribution of radiation and spatial pattern of trees on radiation interception. *Ecological Modelling* 112:45-51.
- LESCOURRET, F.; HABIB, R.; GENARD, M.; AGOSTINI, D.; CHADOEUF, J. 1998. Pollination and fruit growth models for studying the management of kiwifruit orchards. I. Models description. *Agricultural Systems* 56, 67-89.
- LÖTZE, E.; BERGH, O. 2004. Early prediction of harvest fruit size distribution of an apple and pear cultivar. *Scientia Horticulturae* 101, 281-290.
- MARCELIS, L.F.M.; HEUVELINK, E. 1999. Modelling fruit set, fruit growth and dry matter partitioning. *Acta Horticulturae* 499, 39-49.
- PATRICK, J.W. 1988. Assimilate partitioning in relation to crop productivity. *HortScience* 23, 33-40.
- PODESTÁ, L.; OJER, M.; CLAVERIE, J.; ARJONA, C. 2006. Regulación de la carga frutal en cerezos (*Prunus avium* L.) cv. Lapins. *Horticultura Argentina* 25(58), 33-38.
- PROEBSTING, E.L. 1990. The interaction between fruit size and yield in sweet cherry. *Fruit Varieties Journal* 44:169-172.
- ROPER, T.R.; LOESCHER, W.H. 1987. Relationships between leaf area per fruit and quality in 'Bing' sweet cherry. *HortScience* 22:1273-1276.
- WHITING, M.D.; LANG, G.A. 2004. 'Bing' sweet cherry on the dwarfing rootstock 'Gisela 5': Thinning affects fruit quality and vegetative growth but not net CO₂ exchange. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 129, 407-415.

Cebos molusquicidas y molusquicidas líquidos para el control de *Deroceras reticulatum* (Pulmonata: Stylomatophora), plaga en el cultivo de colza

GARAVANO, M.E.^{1,2}; MANETTI, P.L.¹; LÓPEZ, A.N.¹; CLEMENTE, N.L.¹; SALVIO, C.¹; FABERI, A.J.¹

RESUMEN

La colza (*Brassica napus*) en Siembra Directa (SD) representa una alternativa en los sistemas actuales de rotación. *Deroceras reticulatum* “babosa gris” es una de las plagas presente en este cultivo. Se plantea como objetivo evaluar cebos de acción combinada y metaldehído líquido como estrategias alternativas de control de esa especie. Se realizaron ensayos en el laboratorio y en el campo con los siguientes tratamientos: testigo sin tratamiento químico; testigo químico (4 kg ha⁻¹ de metaldehído 4%); 3, 4 y 5 kg ha⁻¹ de cebo de acción combinada (Carbaryl 8% y Metaldehído 4%) y 1, 2 y 3 l ha⁻¹ de un formulado líquido (Metaldehído 20%). Se evaluó el número de babosas muertas y de plantas dañadas. En el laboratorio, hasta los 3 días después de la aplicación (DDA), se observaron porcentajes de control mayores con todas las dosis del formulado líquido respecto de los cebos. Tanto para los tratamientos sólidos como para los líquidos no hubo efecto de dosis. La proporción de plantas dañadas no presentó diferencias entre los tratamientos. En el campo, a los 2, 8 y 14 DDA los tratamientos con el formulado líquido presentaron menor porcentaje de control respecto al cebo con Metaldehído y al de acción combinada. Tanto para los tratamientos sólidos como para los líquidos no hubo efecto de dosis. La proporción de plantas dañadas fue superior a la observada en condiciones de laboratorio. No se observaron diferencias en la proporción de plantas dañadas con ninguno de los tratamientos químicos, ni con el testigo con babosas. La aplicación del formulado líquido puede realizarse próxima a la siembra. Los cebos se deben aplicar antes de la siembra.

Palabras clave: babosa gris, control químico, molusquicida, siembra directa.

ABSTRACT

Oil seed rape (*Brassica napus*) under No Tillage (NT) represents an alternative in the current crop rotation systems. *Deroceras reticulatum* “gray slug” is a one of the present pest in this crop under NT. The aim of this study was to evaluate combined action bait and liquid Metaldehyde as an alternative strategy control of the specie. Laboratory and fields traits were carried out with the following treatments: control treatment without chemicals, chemical control (4 kg ha⁻¹ of Metaldehyde 4 %), 3, 4 and 5 kg ha⁻¹ combined action bait (Carbaryl 8 % y Metaldehyde 4 %) and 1, 2 and 3 l ha⁻¹ of liquid formulations (20 % Metaldehyde). The number of dead

¹Unidad Integrada Balcarce, FCA, UNMdP – EEA Balcarce, INTA, Ruta 226 km 73,5, Balcarce, Buenos Aires, Argentina CP: 7620.
²-Correo electrónico: eugegaravano2008@hotmail.com

individuals of *D. reticulatum* and the number of damaged and undamaged plants were evaluated. In the laboratory, up to 3 days after application (DAA) it was observed higher control rates at all doses of liquid formulation than all solids treatment. In both, solid and liquid treatments did not have doses effect. The proportion of damaged plants did not differ between treatments. In the field, at 2, 8 and 14 DAA liquid treatments showed lower control rates compared with the Metaldehyde baits and combined action bait. Both treatments solids and liquids were no effect of dose. The proportion of damaged plants was higher than that observed in laboratory conditions. There were not observed differences in the proportion of damaged plants under chemical treatments and in the control with slugs. The application of liquid formulations may be carrying out close to crops sowing, while baits should be applied before sowing.

Keywords: gray slug, chemical control, molluscicide, no tillage.

INTRODUCCIÓN

La colza (*Brassica napus*) es una oleaginosa difundida en el mundo de la cual se obtiene aceite comestible de excelente calidad. En la Argentina este cultivo se adaptó a las condiciones de clima y suelo y demostró un elevado potencial de rendimiento (Iriarte y Valetti, 2008). En la región triguera, donde sólo se cultiva trigo y cebada, la colza constituye una alternativa de diversificación del esquema de rotación. En los últimos ciclos agrícolas la superficie sembrada con colza aumentó debido a que se cosecha más temprano que el trigo, facilitando la implantación de soja de segunda en una fecha más adecuada. Actualmente, en la Argentina se siembran 12.720 ha, de las cuales la mayoría se encuentran en la provincia de Buenos Aires (73,8%) (MAGyP, 2011).

En los sistemas de rotación actuales, la Siembra Directa (SD) desempeña un rol fundamental. La ausencia de remoción del suelo y la cobertura con rastrojos asociada con ella reducen las pérdidas de suelo y las de humedad hallándose en estos sistemas un contenido de agua mayor con respecto a la labranza convencional (Blevins y Frye, 1993). Por otra parte, la SD modifica el régimen térmico del suelo, disminuye la temperatura media y también la amplitud térmica (Gil y Garay, 2001).

Estas características favorecen el desarrollo de poblaciones de organismos que viven o cumplen parte de su ciclo biológico en el suelo. Entre ellos se encuentran las babosas (Mollusca: Pulmonata) que se han transformado en plagas de varios cultivos. En el sudeste bonaerense se han hallado a *Deroceras reticulatum*, *D. laeve* y *Milax gagates* que ocasionan daños en los cultivos de girasol, soja y maíz (Costamagna *et al.*, 1999; Clemente *et al.*, 2007; Salvio *et al.*, 2008). Resultados obtenidos en el sudeste bonaerense por Clemente *et al.* (2008) sobre la fenología de *D. reticulatum* demostraron que existe una población de adultos de la especie que podría presentarse como plaga en colza en SD.

La estrategia de manejo más utilizada para evitar los daños de estas plagas tanto a nivel mundial como local es el

control químico (Coupland, 1996; Costamagna *et al.*, 1999; Bailey, 2002; Iglesias *et al.*, 2002; Manetti *et al.*, 2005; Salvio *et al.*, 2008). El control químico se ha basado en el uso de cebos tóxicos granulados, formulados con un atrayente alimentario y un ingrediente activo (i.a.) Metaldehído. La información sobre los principales cebos utilizados en la Argentina, demuestran que representan una alternativa de manejo efectiva (Salvio *et al.*, 2008). Sin embargo, la adopción masiva y la continuidad de años de agricultura bajo SD han permitido el establecimiento en forma conjunta de poblaciones de babosas y de *Armadillidium vulgare* (Crustacea: Iso-poda). Ambos organismos son perjudiciales en la etapa de implantación de los cultivos y comparten métodos de control similares. Como alternativa de control surgió el uso de cebos de acción combinada formulados con dos i.a., Metaldehído y Carbaryl, como crustacida. Por otra parte, existe en el mercado una formulación líquida con Metaldehído, de la cual no existe la información necesaria como para ser adoptada como alternativa de control de la especie. Teniendo en cuenta este escenario, se propone evaluar la eficacia de control de un cebo tóxico con acción combinada y de un producto molusquicida líquido sobre *D. reticulatum* y; evaluar los daños de *D. reticulatum* sobre el cultivo de colza.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron individuos de *D. reticulatum* en el parque de la Estación Experimental Agropecuaria Balcarce (EEA) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Los individuos se llevaron al laboratorio y se colocaron en potes de plástico de 9,3 cm de diámetro y 6,4 cm de altura cuyas tapas poseían perforaciones para permitir el intercambio de aire. Cada pote contenía 2,5 cm de suelo húmedo y un soporte de plástico sobre el cual se colocaron *pellets* de alfalfa como alimento. Los ejemplares se llevaron a una cámara de cría a 20±2 °C, y un fotoperíodo 16L:8O para su aclimatación. Los individuos se revisaron semanalmente para cambiar el alimento y humedecer el sustrato con agua mediante un rociador. Antes de realizar los distintos ensayos, los individuos se pesaron en una balanza analítica electrónica (precisión=0,001 g).

1. Ensayo en el laboratorio

La Unidad Experimental (UE) consistió en una terrina de plástico de 30 x 40 cm y 25 cm de altura, con 10 cm de suelo húmedo (proveniente de un horizonte A de un Argiudol típico (fino, mixto, térmico) con un pH de 6 y un contenido de carbono orgánico de 37,5 g kg⁻¹ (Studdert y Echeverría, 2000) y para simular la cobertura de SD, se utilizaron 72 g de residuos vegetales de cultivo de trigo (equivalente a 6000 kg ha⁻¹). En cada UE se agregó 1,5 l de agua y en el borde superior se aplicó una capa de grasa de litio para evitar la migración de los individuos. En el centro de cada UE se sembraron manualmente 24 semillas de colza. Luego de la siembra se colocaron 5 individuos de *D. reticulatum*, de 400-600 mg. Las UE se llevaron a una cámara de cría a 20±2 °C y un fotoperíodo 16L:8O.

Los tratamientos químicos (tabla 1) se aplicaron cuatro horas después de colocar los individuos. Los cebos se colocaron al azar manualmente y los tratamientos líquidos se aplicaron con una pulverizadora manual (volumen: 120 l ha⁻¹, fuente de presión: CO₂). El ensayo se llevó a cabo utilizando un diseño completamente aleatorizado con 3 repeticiones.

Se registró el número de babosas vivas y muertas a los 1, 2, 3, 7 y 17 días después de la aplicación (DDA). Se calculó el porcentaje de control mediante la fórmula de Abbott (Püntener, 1981). A los 1 y 2 DDA se registró el número de plantas sanas, dañadas y/o muertas por *D. reticulatum* a los. A partir de la tercera observación se agregó en cada UE 0,5 l de agua mediante un rociador.

2. Ensayo en el campo

Se realizó en la EEA INTA Balcarce y utilizando un diseño en bloques completos aleatorizados con 3 repeticio-

nes. Cada UE consistió de una superficie de suelo de 1 m² confinada mediante un marco de chapa laminada en frío, doble espada, de 0,55 mm de espesor con una altura de 30 cm, de los cuales 10 cm se enterraron. En cada marco se colocaron 600 g de residuos vegetales de cultivo de trigo (equivalente a 6000 kg ha⁻¹). Los bordes superiores de los marcos se pincelaron con grasa de litio para evitar la migración de los individuos.

Se sembraron 200 semillas de colza en el centro de cada UE y se colocaron 8 individuos de *D. reticulatum* de 400-600 mg y dos días después se aplicaron los mismos tratamientos (tabla 1) y de igual forma que en el ensayo en el laboratorio.

A los 1, 2, 8 y 14 DDA se registró el número de babosas vivas y muertas. Se calculó el porcentaje de control mediante la fórmula de Abbott (Püntener, 1981). En la primera y segunda evaluación se registró el número de plantas sanas, dañadas y/o muertas por *D. reticulatum*.

El porcentaje de control y la proporción de plantas dañadas se analizó mediante análisis de varianza ($\alpha=0,05$). Cuando se hallaron diferencias entre los tratamientos se realizaron comparaciones múltiples mediante la prueba de Mínimas Diferencias Significativas ($\alpha=0,05$). Los análisis se realizaron con el programa R 2.9.11 (R Development Core Team, 2010).

RESULTADOS

1. Ensayo en el laboratorio

El Porcentaje de Control (PC) aumentó en las sucesivas evaluaciones y en todos los tratamientos.

En la primera evaluación sólo las dosis mayores del formulado líquido se diferenciaron de los tratamientos sólidos ($p>0,05$), hallándose las mayores diferencias entre los

Tratamiento	Ingrediente activo y concentración (%)	Dosis de formulado (kg ha ⁻¹) o (l ha ⁻¹)	Dosis de ingrediente activo (g ha ⁻¹)	Marca comercial
1. Testigo sin babosas	-	-	-	-
2. Testigo con babosas	-	-	-	-
3. Testigo químico (molusquicida)	Metaldehído (4)	4 kg ha ⁻¹	160	Molusquicida Acay
4. Cebo de acción combinada		3 kg ha ⁻¹	120+240	
5. Cebo de acción combinada	Metaldehído (4)+Carbaryl (8)	4 kg ha ⁻¹	160+320	Dual Acay
6. Cebo de acción combinada		5 kg ha ⁻¹	200+400	
7. Formulado líquido		1 l ha ⁻¹	200	
8. Formulado líquido	Metaldehído (20)	2 l ha ⁻¹	400	Baboron
9. Formulado líquido		3 l ha ⁻¹	600	

Tabla 1. Tratamientos, dosis en producto formulado y activo.

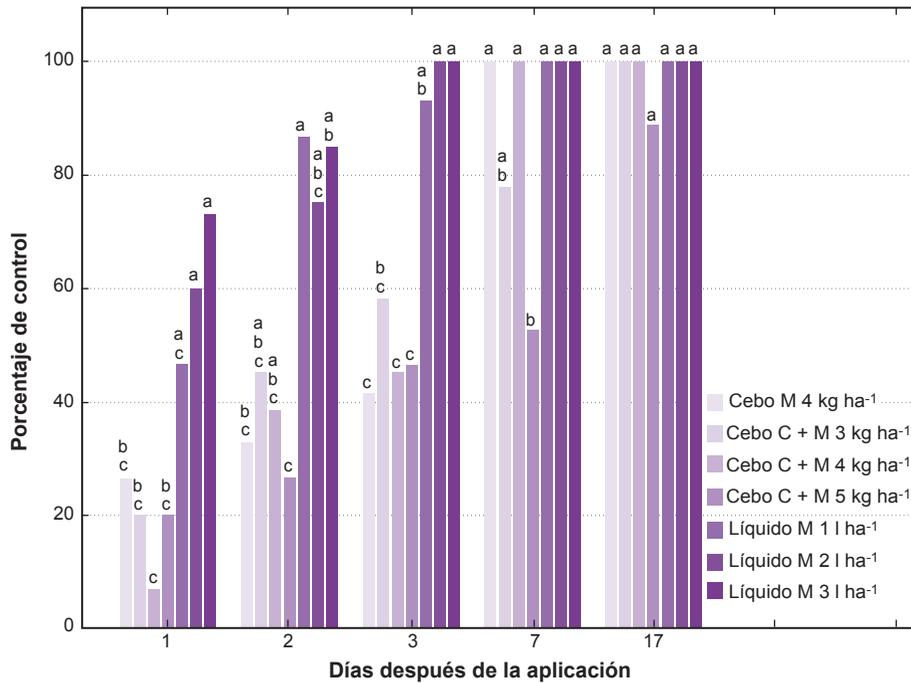


Figura 1. Porcentaje de control de *Deroceras reticulatum* con diferentes tratamientos y en distintas fechas de evaluación en condiciones de laboratorio. Letras iguales entre los tratamientos en la misma fecha de evaluación (DDA) indican diferencias no significativas ($p > 0,05$). M: Metaldehído, C: Carbaryl.

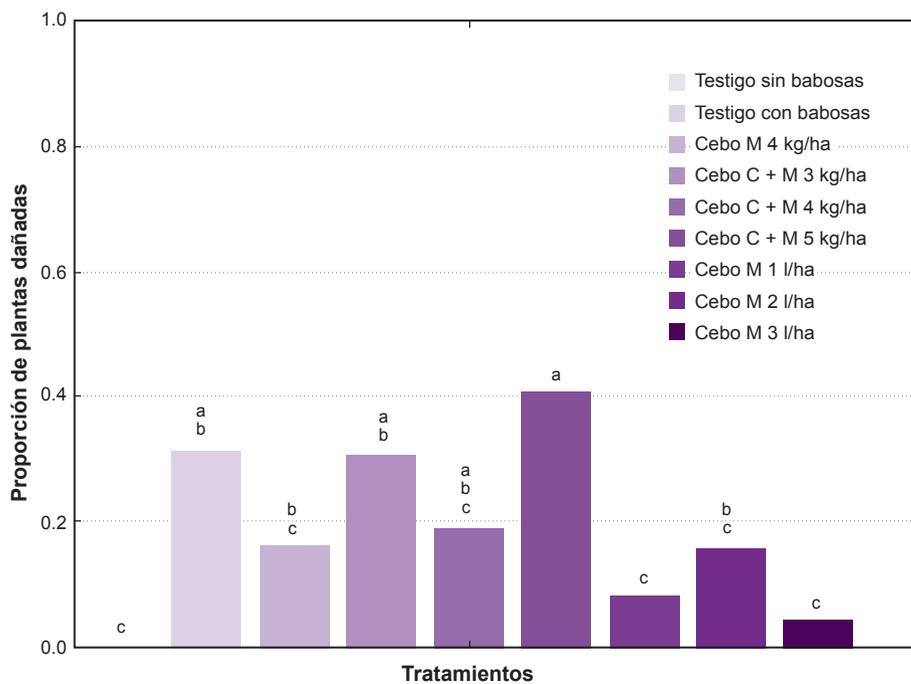


Figura 2. Proporción de plantas de colza dañadas por *Deroceras reticulatum* en distintos tratamientos en condiciones de laboratorio. Letras iguales entre los tratamientos en la misma fecha de evaluación (DDA) indican diferencias no significativas ($p > 0,05$). M: Metaldehído, C: Carbaryl.

tratamientos con formulado líquido y sólidos a los 3 DDA ($p < 0,05$) (figura 1).

En cada una de las fecha de evaluación, el PC fue similar cuando se compararon los productos sólidos ($p > 0,05$). Lo

mismo ocurrió con el formulado líquido, donde el PC fue similar con todas las dosis ($p > 0,05$).

Con el formulado líquido el PC fue elevado, próximo al 80%, desde los 2 DDA. En cambio, con los cebos el efecto

de control fue más lento, alcanzando proporciones similares recién a los 7 DDA (figura 1).

La proporción de plantas dañadas fue baja en todos los tratamientos (figura 2). En general, la proporción fue menor con los tratamientos líquidos respecto a los cebos. Con 1 y 3 l ha⁻¹ del formulado líquido se obtuvo una proporción de plantas dañadas menor que el testigo ($p < 0,05$), lo cual se relaciona con el control rápido logrado con estos tratamientos (figura 1).

2. Ensayo en el campo

El PC aumentó a medida que transcurrieron los días después de la aplicación en todos los tratamientos. En la primera evaluación, mayormente no se observaron diferencias significativas con ninguno de los tratamientos ($p > 0,05$). En las evaluaciones siguientes con el cebo con Metaldehído y con 4 y 5 kg ha⁻¹ del cebo de acción combinada se logró un PC mayor respecto a los formulados líquidos ($p < 0,05$) (figura 3).

A los 2 DDA el PC con 3 kg ha⁻¹ del cebo de acción combinada no mostró diferencias con respecto a los tratamientos con el formulado líquido ($p > 0,05$). A los 8 y 14 DDA el PC con las dosis del formulado líquido fue similar al logrado con 3 y 4 kg ha⁻¹ del cebo de acción combinada ($p > 0,05$) (figura 3).

Se observó efecto de dosis para los tratamientos con el cebo de acción combinada solamente a los 8 DDA, hallándose diferencias entre la dosis máxima y la mínima ($p < 0,05$) (figura 3). La dosis menor del cebo de acción

combinada produjo un PC menor que el obtenido con el cebo con Metaldehído a los 2, 8 y 14 DDA ($p < 0,05$). Con el formulado líquido no se observó un efecto de dosis a los 2, 8 y 14 DDA ($p > 0,05$).

Con el formulado líquido y con la dosis menor del cebo de acción combinada no se observó un PC aceptable en ninguna evaluación. A partir de los 2 DDA con 4 kg ha⁻¹ del cebo con Metaldehído y con las mayores dosis del cebo de acción combinada, se obtuvo un PC relativamente elevado (figura 3).

No se observaron diferencias en la proporción de plantas dañadas con ninguno de los tratamientos químicos, ni con el testigo con babosas ($p > 0,05$) (figuras 4).

DISCUSIÓN

Similar a lo reportado por Salvio *et al.* (2008), la incorporación del ingrediente activo Carbaryl en el cebo de acción combinada no afectó la efectividad del producto en el control de babosas. Así, en el presente trabajo, no se observó efecto de dosis para el cebo de acción combinada, y todas las dosis de este cebo se comportaron de manera similar al testigo químico (cebo con Metaldehído solamente).

Contrariamente a lo observado en el laboratorio, en el campo los tratamientos con cebos mostraron un comportamiento mejor que los tratamientos líquidos a partir de los 2 DDA. Si bien los cebos tuvieron un efecto más lento en el laboratorio, con éstos se halló un PC aceptable en las últimas evaluaciones tanto en el laboratorio como en el

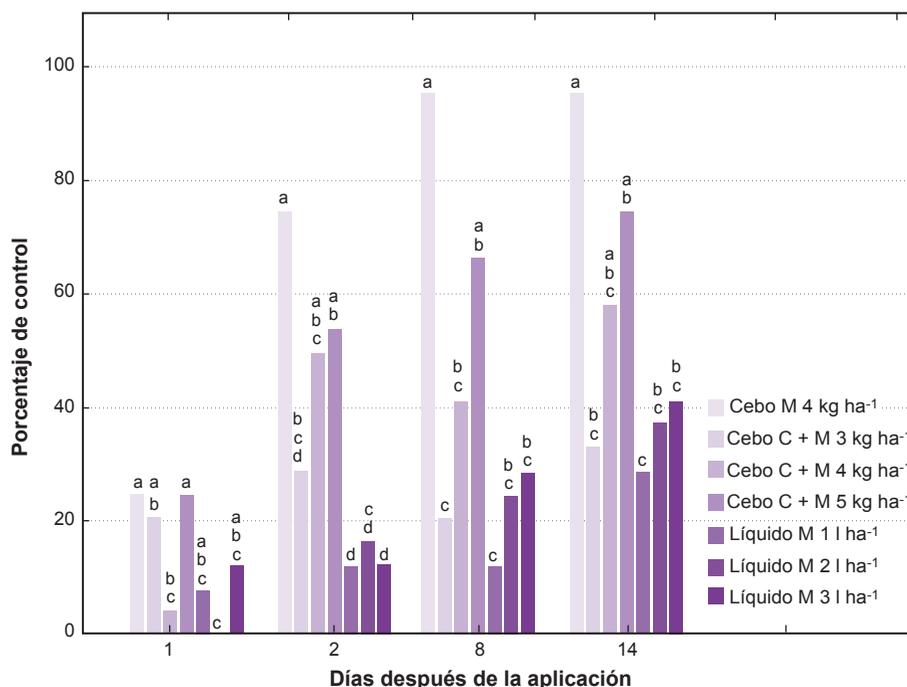


Figura 3. Porcentaje de control de *Deroceras reticulatum* con diferentes tratamientos y en distintas fechas de evaluación en condiciones naturales. Letras iguales entre los tratamientos en la misma fecha de evaluación (DDA) indican diferencias no significativas ($p > 0,05$). M: Metaldehído, C: Carbaryl.

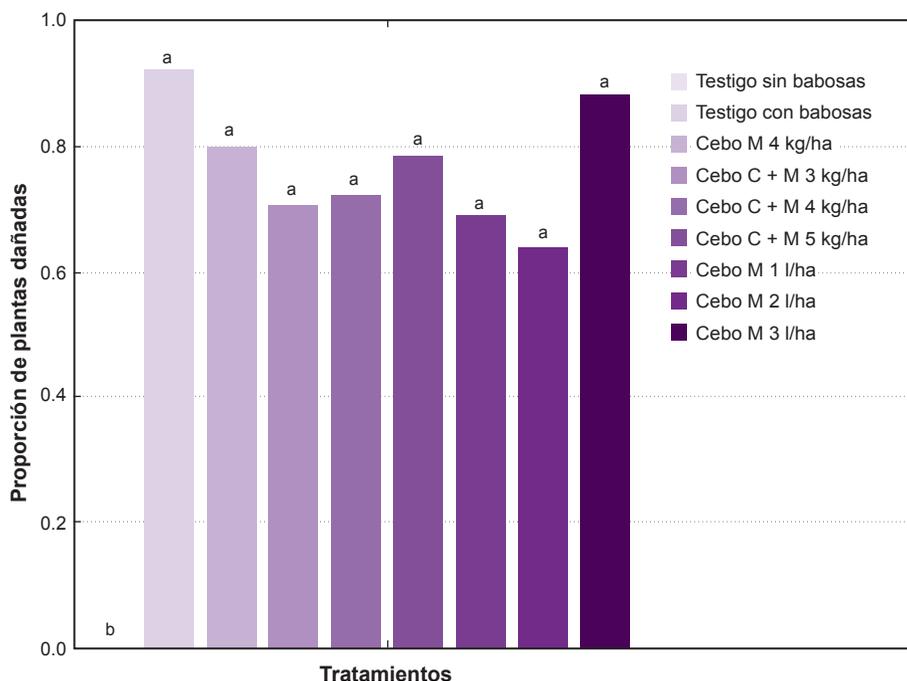


Figura 4. Proporción de plantas de colza dañadas por *Deroceras reticulatum* en distintos tratamientos en condiciones naturales. Letras iguales entre los tratamientos en la misma fecha de evaluación (DDA) indican diferencias no significativas ($p > 0,05$). M: Metaldehído, C: Carbaryl.

campo. Aún así, en estudios realizados en el sudeste bonaerense con los cebos, se observaron niveles de control elevados recién a los 7 DDA (Salvio *et al.*, 2008).

Webley (1965) consideró que el formulado líquido debe utilizarse con densidades elevadas de babosas, mientras que los cebos deben aplicarse como una alternativa de control que permitan mantener bajas las densidades poblacionales de babosas. Cragg y Vicent (1952) demostraron que el efecto tóxico de las formulaciones líquidas se debe a que el Metaldehído se absorbe rápidamente a través del tegumento. Si bien Howitt (1961) no estableció cuál es la vía de acción de los formulados líquidos, los resultados obtenidos en esta investigación, tanto los ensayos realizados en el campo como en los del laboratorio, permiten establecer que el formulado líquido actuó principalmente por contacto. Esto se pudo observar ya que la aplicación en el laboratorio se realizó sobre las babosas que se encontraban en la superficie, mientras que, en el campo las mismas se hallaban refugiadas en los residuos vegetales del cultivo de trigo.

La colza es una de las especies preferidas y más vulnerables al ataque de las babosas (Moens y Glen, 2002; Friedli y Frank, 1998). Los cultivares de colza modernos se han mejorado genéticamente para reducir el contenido de glucosinolatos en semilla para lograr un producto apto para el consumo humano y animal (Moens y Glen, 2002; SAGPyA, 2009). No obstante, los daños producidos por *D. reticulatum* en plántulas están inversamente relacionados con la proporción de glucosinolatos en las semillas y plántulas (Glen *et al.*, 1990; Moens y Glen, 2002; Friedli y Frank, 1998). De acuerdo a lo observado en este estudio, los daños ocurren en la primera semana luego de la emer-

gencia en los órganos de crecimiento superficiales (Frank, 1998; Friedli y Frank, 1998) y los daños ocasionados en hipocótilo o cotiledones producen la muerte de la plántula (Moens and Glen, 2002).

Los tratamientos con molusquicidas pueden ser efectivos en prevenir los daños al cultivo de colza si se aplican en el momento adecuado (Friedli y Frank, 1998). Según Moens y Glen (2002) en situaciones de alto riesgo como una densidad elevada de babosas, la aplicación de cebos tóxicos debe hacerse antes del período susceptible de las plántulas para eliminar a las babosas antes de alcanzar dicho período. La mayor proporción de plantas dañadas en el campo respecto al laboratorio puede deberse a que la aplicación de los tratamientos químicos se realizó próxima a la emergencia del cultivo y a que en el laboratorio el control fue más rápido, evitando que las babosas dañaran a la colza. Por otra parte, Moens y Glen (2002) afirmaron que la duración del estado de vulnerabilidad de las plántulas es mayor en condiciones climáticas adversas. Esta podría ser una segunda razón por la cual en condiciones favorables (ensayo en el laboratorio) el porcentaje de plántulas dañadas fue menor que en el campo.

CONCLUSIONES

Se ha observado que el cebo de acción combinada representa una alternativa eficaz de control de *D. reticulatum*. También el formulado de metaldehído líquido constituye una alternativa eficaz de control, dependiendo de las condiciones ambientales en las cuales se realiza la aplicación: es efectivo cuando está en contacto directo con las babo-

sas. En este caso, debido a que no se observó un efecto de dosis, la dosis menor (1 l ha^{-1} de formulado) representa la alternativa más adecuada de control.

Dado que, a los 7 DDA, con las dosis mayores del formulado de acción combinada se observó un control aceptable y similar al observado con el cebo con Metaldehído solamente, la dosis intermedia (4 kg ha^{-1} de cebo de acción combinada) representa la alternativa más adecuada en aquellas situaciones que permitan realizar un control anticipado a la siembra del cultivo.

Por último se concluyó que el cultivo es muy susceptible a los daños de *D. reticulatum* en la etapa de emergencia.

AGRADECIMIENTOS

El estudio fue financiado por el proyecto 328/10 Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.

BIBLIOGRAFÍA

- BAILEY, S. 2002. Molluscicidal baits for control of terrestrial gastropods. In: Barker, G.M. ed. Molluscs as crop pests. CABI Publishing, Hamilton, New Zealand. pp. 33-54.
- BLEVINS, R.L.; FRYE, W.W. 1993. Conservation tillage: an ecological approach to soil management. *Advanced Agronomy*. 51:33-78.
- CLEMENTE, N.L.; LÓPEZ, A.N.; MONTERUBBIANESI, M.G.; CAZZANIGA, N. J.; MANETTI, P.L. 2008. Biological studies and phenology of the slug *Deroceras reticulatum* (Müller, 1774) (Pulmonata: Stylommatophora). *Invertebrate Reproduction and Development*. 52: 23-30.
- CLEMENTE, N.L.; FABERI, A.J.; LÓPEZ, A.N.; MANETTI, P.L.; ALVAREZ CASTILLO, H.A. 2007. Biología de *Deroceras reticulatum* y *D. laeve*, moluscos de cultivos en siembra directa. *Revista de Investigaciones Agropecuarias del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. 36 (2): 129-142.
- COSTAMAGNA, A.C.; MANETTI, P.L.; ALVAREZ CASTILLO, H.A.; SADRAS, V. 1999. Avances en el manejo de babosas en siembra directa. Cosecha gruesa. Jornada de actualización profesional. Mar del Plata, Argentina. pp. 101-105.
- COUPLAND, J. 1996. The efficacy of metaldehyde formulations against helixid snails: the effect of concentration, formulation and species. In: Henderson, I.F. ed. Slug and snail pests in agriculture. British Crop Protection Council, Great Britain. pp. 151-156.
- CRAGG, J.B.; VICENT, M.H. 1952. The action of metaldehyde on the slug *Agriolimax reticulatus* (Müller). *Ann. Appl. Biol.* 39:392-406.
- FRANK, T. 1998. Slug damage and numbers of slugs in oilseed rape bordering on grass strips. *Journal of Molluscan Studies*. 64:461-466.
- FRIEDLI J.; FRANK, T. 1998. Laboratory food choice trials to explore the potential of common weeds to reduce slug feeding on oilseed rape. *Biological Agriculture and Horticulture*. 17:19-29.
- GIL, R.C.; GARAY, A. 2001. La siembra directa y el funcionamiento sustentable del suelo. En: Panigatti, J.L.; Buschiazzi, D.; Marelli, H. eds. Siembra directa II. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina. pp. 5-16.
- GLEN, D.M.; MILSOM, N.F.; WILTSHIRE, C.W. 1990. Effect of seed depth on slug damage to winter wheat. *Annual of Applied of Biology*. 117: 693-701.
- HOWITT, A.J. 1961. Chemical control of slugs in orchard grass-ladino white clover pastures in the Pacific Northwest. *Journal of Economic Entomology*. 54: 778-781.
- IGLESIAS, J.; CASTILLEJO, J.; ESTER, A. 2002. Laboratory evaluation of potencial molluscicides for the control of eggs of the pest slug *Deroceras reticulatum* (Müller) (Pulmonata: Limacidae). *International Journal of Pest Management*. 48(1):19-23.
- IRIARTE, L.B.; VALETTI, O. 2008. Cultivo de colza. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. 152 pp.
- MAGyP, 2011. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Estimaciones agrícolas. (<http://www.siaa.gov.gov.ar/>. Verificado: 21 de noviembre de 2011).
- MANETTI, P.L.; LÓPEZ, A.N.; CLEMENTE, N.; ALVAREZ CASTILLO, H.A.; GIZZI, H.; MONTERUBBIANESSI, G. 2005. Efecto de los molusquicidas en el control de "babosas" (Pulmonata: Stylommatophora) en el cultivo de soja en siembra directa. 19.º Encontro Brasileiro de Malacologia. Rio de Janeiro, Brasil. 366 p.
- MOENS, R.; GLEN, D.M. 2002. Agriolimacidae, Arionidae and Milacidae as pests in west European oilseed rape. In: Barker, G.M. ed. Mollusc as crop pests. CABI publishing, Hamilton, New Zealand. pp. 425-439.
- PÜNTENER, W. 1981. Manual para ensayos de campo en protección vegetal. CIBA-GEIGY S.A. Basilea, Suiza. 205 p.
- R Development Core Team. 2010. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (<http://www.R-project.org>. Verificado: 14 de agosto de 2010).
- SAGPyA. 2009. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Colza Informe General. (<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/>. Verificado: junio 2009).
- SALVIO, C.; FABERI, A.J.; LÓPEZ, A.N.; MANETTI, P.L.; CLEMENTE, N.L. 2008. The efficacy of three metaldehyde pellets marketed in Argentina, on the control of *Deroceras reticulatum* (Müller) (Pulmonata: Stylommatophora). *Spanish Journal of Agricultural Research*. 6 (1):70-77.
- STUDDERT G.A., ECHEVERRÍA H.E. 2000. Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. *Soil Science Society of America Journal* 64, 1496-1503.
- WEBLEY, D. 1965. Aspects of trapping slugs with metaldehyde and bran. *Annual Applied Biology*. 56:37-54.

Comportamiento de diferentes cultivares de trigo a *Wheat streak mosaic virus* (WSMV) y High Plains virus (HPV) mediante infección artificial con el vector *Aceria tosichella* Keifer, bajo condiciones de campo

DUMÓN, A.D.¹; ARGÜELLO CARO, E.B.¹; ALEMANDRI, V.¹; MATTIO, M.F.¹; DONAIRE, G.²; ALBERIONE, E.²; BAINOTTI, C.T.²; RODRÍGUEZ, S.M.¹; TRUOL, G.¹.

RESUMEN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es el cereal de invierno de mayor importancia económica en la Argentina. Dado que Wheat Streak Mosaic virus (WSMV) y High Plains virus (HPV) constituyen una de las principales limitantes sanitarias del cultivo de trigo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de diferentes cultivares ante ambas enfermedades en infecciones artificiales, bajo condiciones de campo. El inóculo viral mixto WSMV-HPV y el vector *A. tosichella* se obtuvieron en campo y se multiplicaron en laboratorio. Los eriófitos infectados con ambos virus se utilizaron para realizar las infecciones en campo. Se evaluó la incidencia, el grado de infección y la severidad de síntomas de las infecciones en los diferentes genotipos de trigo. Los cultivares fueron clasificados según la probabilidad de incidencia de cada virus y su interacción, hallándose diferencias significativas sólo en los casos de infecciones con HPV. No se hallaron diferencias significativas en el comportamiento de los cultivares al WSMV. Sólo el 9,2% de los cultivares estudiados presentó infección de ambas virosis. El grado de severidad observado varió entre leve a moderado para las plantas que resultaron infectadas. Los resultados reportados en el presente trabajo constituyen una herramienta potencial para la selección de genotipos con mejor comportamiento en este contexto productivo.

Palabras clave: *Triticum aestivum*, infección viral mixta, *Eriophyidae*, incidencia, severidad.

ABSTRACT

Wheat (Triticum aestivum L.) is the most economically important winter cereal in Argentina. Its production is limited by several factors, including viral diseases. Since Wheat streak mosaic virus (WSMV) and High Plains virus (HPV) are one of the main limitations in wheat production, the aim of this study was to evaluate the behavior of different wheat genotypes in artificial infections with both pathogens under field conditions. HPV-WSMV mixed inoculums and the vector Aceria tosichella were obtained from field sampling and multiplied in wheat

¹IPAVE, CIAP –INTA. Camino 60 Cuadras, km 5 ½ (X5020ICA), Córdoba, Argentina. Correo electrónico: gtruol@ciap.inta.gov.ar.

²EEA. INTA Marcos Juárez. Ruta Provincial n° 12 km 2 (2580), Marcos Juárez, Argentina.

under laboratory conditions. These HPV-WSMV infected eriophyid were used to perform artificial infections in the field. Incidence and symptoms severity levels were evaluated in different wheat cultivars. Genotypes were classified by the probability of incidence of both viruses showing significant differences only in infections with HPV. No significant differences were found in the susceptibility of cultivars to WSMV. Mixed infections were observed only in 9.2 % of wheat genotypes analyzed. Mild to moderate symptoms were shown by infected plants. These results are a potential tool for the selection of best performing genotypes in this productive context.

Keywords: *Triticum aestivum*, mixed viral infection, Eriophyidae, incidence, severity.

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es el cereal de invierno de mayor importancia económica en Argentina, tanto por la superficie sembrada (3,6 millones de ha) como por el volumen de producción anual (11 millones de toneladas) (PRECOPINTA, 2011). Las áreas más productivas se encuentran en el sur de la provincia de Buenos Aires y en el norte de la región pampeana húmeda (MAGYP, 2011).

El virus del mosaico estriado del trigo o *Wheat streak mosaic virus* (WSMV), (Familia *Potyviridae*, género *Tritimovirus*) es causante de una de las enfermedades más comunes que afecta la producción de trigo a nivel mundial (Mahmood *et al.*, 1998; Bockus *et al.*, 2001; Sánchez-Sánchez *et al.*, 2001; Ellis *et al.*, 2003; Graybosch *et al.*, 2009). Los síntomas que evidencian las plantas afectadas por el WSMV son estrías cloróticas que pueden formar un mosaico, amarillamiento de las hojas, raquitismo y esterilidad (Brakke, 1971; Murray *et al.*, 2005). En la Argentina, fue registrado por primera vez en el año 2002, en la provincia de Córdoba, expandiéndose rápidamente a diferentes subregiones de la región triguera (Truol *et al.*, 2004). En el año 2007, se produjo una severa epifitía regional en el sureste de la provincia de Buenos Aires, región de Mar y Sierras (Azul, Balcarce, Necochea, Tandil, Tres Arroyos), con incidencia de hasta el 100% y lotes con pérdidas totales (Sagadin y Truol, 2009).

El virus del mosaico estriado puede transmitirse por la intervención de un vector, o bien mecánicamente o por semilla, aunque esta última suele transmitirse en niveles muy bajos (Hill *et al.*, 1974; Jones *et al.*, 2005; Sagadin y Truol, 2009). Su único vector es *Aceria tosichella* Keifer (Acarina: *Eriophyidae*), conocido como "ácaro del enrollamiento del trigo" (wheat curl mite, WCM), por el característico síntoma que provoca en las hojas de trigo (Murray *et al.*, 1998; Malik *et al.*, 2003). Aunque suele hallarse sobre sorgo y maíz, WCM prefiere alimentarse de plantas cuyas hojas se enrollen fácilmente. Ésta es una de las razones por la cual es más frecuente en cultivos de trigo, avena y otras pasturas, como hospedantes preferenciales (Jeppson *et al.*, 1975).

Además, WCM tiene la capacidad de transmitir otro agente patógeno, el High Plains virus (HPV), que fue identi-

ficado en el año 1993 en cultivos de maíz y trigo de las planicies altas de Estados Unidos (Jensen *et al.*, 1996). La única manera que tiene este virus para dispersarse a nuevos hospedantes es gracias a la participación obligada de su vector, *A. tosichella* (Skare, 2003). La incidencia de este virus sobre los cultivos de trigo varía regionalmente en aquel país, ya que se han observado diferencias a niveles poblacionales, lo que sugiere la existencia de linajes de ácaros con diferente capacidad vectora (Seifers *et al.*, 2002).

En la Argentina, el HPV fue detectado, en el 2006, en la localidad de Corral de Bustos, provincia de Córdoba (Truol y Sagadin, 2008a). En el país también es común encontrar ambas virosis en infecciones mixtas, tal como fuera reportado en Estados Unidos (Seifers *et al.*, 2002) debido a que esta especie puede transmitir simultáneamente ambos virus, HPV y WSMV (Seifers *et al.*, 1997). La presencia conjunta de WSMV y HPV en Argentina, fue evidenciada en poblaciones de ácaros provenientes de la Región de Mar y Sierras (Azul, Balcarce, Colinas de las Galias, Necochea) (Truol y Sagadin, 2008b), a través de estudios de transmisión. Aunque en condiciones de campo es muy difícil distinguir los síntomas causados por cada una de estas virosis (Mahmood *et al.*, 1998), en infecciones mixtas los síntomas son más acentuados (Skare *et al.*, 2006), con mosaicos, estriados, amarillamiento y necrosis severos, disminución en el número de las espiguillas y espigas y una súbita muerte de las plantas, especialmente cuando es afectado en estados fenológicos tempranos (Alemandri *et al.*, 2011). Este hecho, sumado a una similar epidemiología de ambas enfermedades por la mutua asociación con el WCM (Mahmood *et al.*, 1998) manifiesta la importancia de este vector en la dispersión de ambas virosis en cultivos de trigo.

En relación al manejo del WSMV, existen dos grandes estrategias generales. Una de ellas es controlar químicamente el ácaro vector, lo cual no es recomendado por su alta toxicidad para el ambiente, y la segunda es mejorar la habilidad del hospedante para tolerar o resistir la infección del virus *per se* (Fahim *et al.*, 2012). Se dispone a nivel mundial de un número limitado de cultivares de trigo resistentes al WSMV, entre ellos Mace (Graybosch *et al.*, 2009), con los que los productores pueden mitigar las pérdidas económicas consecuentes al ataque del mosaico estriado.

A modo de ejemplo, en los EEUU, donde este virus es la enfermedad más dañina de trigos de invierno, se utiliza Mace ya que es el único cultivar que lleva el gen de resistencia *Wsm1* (Mutti *et al.*, 2011). Al presente, el Programa de mejoramiento de trigo del INTA está desarrollando un nuevo germoplasma que podrá ser utilizado por los productores argentinos y que incluye diferentes líneas parentales como donantes de genes de resistencia. Entre ellas, se pueden mencionar líneas con resistencia genética al virus, KS93WGRC27 (Gill *et al.*, 1995) y CO960293-2 (Haley *et al.*, 2002), que poseen los genes *Wsm1* y *Wsm2*, respectivamente, y líneas con resistencia al ataque del vector, con el gen *Cmc3*, translocación 1A/1R de *Secale cereale* L., como BIOINTA 2004, ProINTA Puntal y ProINTA Super (Bainotti *et al.*, 2009a y b).

Considerando que WSMV y HPV constituyen una de las principales limitantes sanitarias del cultivo de trigo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de cultivares de trigo frente a ambas enfermedades en infecciones artificiales bajo condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fuente de inóculo y multiplicación masiva de la población de ácaros

Para la obtención de los aislamientos del inóculo mixto de WSMV-HPV y de la población del vector, *A. tosichella*, se realizaron muestreos en lotes de trigo de la localidad de Manfredi, provincia de Córdoba. Dichos aislamientos (denominados en adelante Aisl. M), se multiplicaron en trigo cv. Acienda (conocido también como Baguette 21), de alta susceptibilidad bajo condiciones ambientales controladas (24 ± 2 °C, 50% de humedad relativa y un fotoperiodo de 16 h luz). Para ello, se colocaron hojas acartuchadas (síntoma del ácaro) e infectadas con ambos virus, sobre plántulas de trigo susceptibles durante tres días. Entre cuatro y siete días después de dicha inoculación, se observaron las plantas para detectar síntomas de mosaico estriado y del ácaro. La presencia de ambos virus se comprobó mediante la prueba de DAS-ELISA con antisueros específicos (Agdia Inc., USA). La existencia del ácaro se confirmó bajo lupa estereoscópica.

La población de ácaros infectada con el inóculo mixto, necesaria para la transmisión de los virus, fue multiplicada de manera masiva sobre 5 bandejas plásticas de 40 cm de ancho x 60 cm de largo con trigo cv. Acienda, bajo condiciones controladas (24 ± 2 °C, 50 % de humedad relativa y un fotoperiodo de 16 h luz). A los 15 días post-infección, momento de mayor concentración viral y densidad poblacional del ácaro (Truol, *com. pers.*), las plantas fueron cosechadas para ser analizadas mediante DAS-ELISA con la finalidad de corroborar la infección mixta y bajo lupa para observar la presencia del vector.

Ensayo de campo

El experimento se condujo con tres repeticiones usando parcelas tipo Hill-plots, en la Estación Experimental del

INTA Marcos Juárez. El ensayo fue sembrado el 30 de Junio de 2010 e inoculado antes del macollaje, aproximadamente 30 días después de la siembra. Se evaluaron 76 cultivares de trigo detallados en la tabla 1. Para la inoculación en campo, se consideró una presión de inóculo de 10 eriófidos infectados con WSMV-HPV (aisl. M) por planta. Para ello, se sujetaron con pinzas cinco plántulas de trigo (en estado 13 de la escala de Zadoks *et al.* 1974), con síntomas de virus y con hojas acartuchadas, a cada planta sana durante tres días, tiempo necesario para que los ácaros la infecten. En total se inocularon 228 plantas correspondientes a las tres repeticiones de los 76 cultivares.

Evaluación de incidencia, severidad y grado de infección

Para determinar la incidencia de HPV, de WSMV y de HPV-WSMV en cada cultivar, se recolectó la hoja bandera de cada planta inoculada (en estadio 39 a 41 de la escala Zadoks) y se analizaron por DAS-ELISA con sueros específicos para ambos virus. Las lecturas de absorbancia se realizaron a 405 nm (A_{405}) utilizando un espectrofotómetro (Kayto RT-2100 C). Se consideraron como enfermas las plantas que superaban el límite de corte, resultante de la media de absorbancia de los testigos sanos más tres veces el desvío estándar.

Para evaluar la severidad de síntomas causados por WSMV en cada cultivar se utilizó la metodología de Langham (2009), que propone una escala de seis clases de acuerdo a:

Clasificación	Descripción de síntomas
0	Sin síntomas visibles.
1	Síntomas muy leves; pequeñas zonas con mosaicos aislados; sin retraso del crecimiento.
2	Síntomas leves; áreas pequeñas con mosaico de color verde claro o amarillo; estrías menores a una pulgada de largo; atrofia leve.
3	Síntomas moderados; áreas con mosaico predominantemente amarillo; coalescencia de las áreas aisladas de estrías que se extienden al largo de la longitud de la hoja; retraso del crecimiento moderado.
4	Síntomas severos; mosaico severo amarillo que cubre la mayor parte de la hoja; algunas áreas pequeñas con necrosis; atrofia severa.
5	Síntomas muy severos; amarillamiento extremo; necrosis; retraso del crecimiento muy grave; algunas plantas presentan hojas muertas o muerte de la planta entera.

Análisis estadístico

Para el análisis de la incidencia de cada virus se utilizó un modelo lineal generalizado (tipo ANOVA) entre los distintos cultivares. Para este análisis se consideró como variable dependiente la presencia/ausencia del virus (1 ó 0, respectivamente) con la finalidad de estimar la probabilidad de que cada cultivar presentara la enfermedad. Para tal fin se asumió una distribución binomial de la variable y función de enlace logit.

Los valores de absorbancia (indicador del grado infección) entre cultivares se compararon mediante ANOVA. En este caso, se consideró como variable dependiente el valor de absorbancia del virus, asumiendo una distribución gama de la variable y función de enlace log.

La comparación de la incidencia y los valores medios de absorbancia de los cultivares evaluados se realizó mediante intervalos de confianza. En ambos casos el nivel de significación utilizado fue del 5%.

Se empleó el programa SAS (Statistical Analysis System) para los análisis de los datos.

RESULTADOS

Los análisis serológicos realizados con reactivos específicos para cada virus, evidenciaron la presencia de ambas

virosis en las hojas de trigo muestreadas en Manfredi. Con los ácaros recolectados a partir de dichas hojas, infectados con ambos virus, se obtuvo una elevada densidad poblacional mantenida artificialmente en laboratorio, con la que se multiplicó y mantuvo el inóculo mixto de HPV y WSMV en plantas de trigo.

Los cultivares evaluados en ensayos de campo, e inoculados artificialmente, en la localidad de Marcos Juárez, presentaron diferentes probabilidades de ser infectados por HPV (tabla 1). El análisis permitió separar a los mismos en cinco grupos significativamente diferentes ($X^2= 112,46$; $p=0,0041$).

Al evaluar la incidencia del WSMV en los distintos cultivares de trigo inoculados artificialmente, el análisis estadístico no evidenció diferencias significativas ($X^2= 46,699$; $p= 0,997$) (tabla 2).

En relación a la incidencia de ambos virus, sólo siete cultivares de los 76 evaluados (9,2%) presentaron infecciones mixtas con WSMV-HPV, como así también lo observado para Klein Nutria, Buck 75 Aniversario, ACA 901, Klein Yará, ACA 303, BIOINTA 2005 y AGP Fast.

En cuanto a los valores de absorbancia del HPV, el análisis estadístico evidenció diferencias significativas entre cultivares ($X^2= 133,555$; $p<0,0001$) (tabla 3). Los cultivares Klein Capricornio, Klein Gavilán, Klein Zorro, SY 300, Buck Puelche, Cronox, Atlax, Arex, Baguette 31 y BRS Guami-

Cultivares	Probabilidad de incidencia	LI (95%)	LS (95%)
Klein Capricornio, Klein Gavilán, Klein Zorro, SY 300, Buck Puelche, Cronox, Atlax, Arex, Baguette 31 y BRS Guamirim.	0	0	0
BIOINTA 1004, BIOINTA 2004, BIOINTA 3004, BIOINTA 3005, Klein Chajá, Klein Rayo, Klein Tigre, ACA 903 B, SY 200, Buck 55 CL, Baguette 10, Baguette 9, Baguette 17, Baguette 18, BIOINTA 3003.	0,333	0,185	0,474
BIOINTA 1005, Buck Meteoro, LE 2331, Mace, CO960293-2	0,5	0,336	0,663
BIOINTA 1001, BIOINTA 1002, BIOINTA 1006, BIOINTA 3000, Klein Gladiador, Klein Guerrero, Klein Pantera, Klein Yará, Klein Castor, Klein Proteo, ACA 201, ACA 304, ACA 315, ACA 320, SY 100, Buck Malevo, Buck 75 Aniversario, Buck Taita, Themix-L, LE 2330, LE 2333, LE 2341, LE 2357, Baguette 19, Baguette 30, ProINTA Puntal, KS93WGRC27 / Baguette 20 F2.	0,667	0,513	0,806
BIOINTA 2005, Klein Carpincho, Klein León, Klein Nutria, Klein Tauro, ACA 202, ACA 303, ACA 901, ACA 906, ACA 907, JN 8011, AGP Fast, JN 6003, SRM Nogal, Baguette 11, ProINTA Super, KS93WGRC27 / Acienda F2, KS93WGRC27 / Baguette P. 11 F2, KS93WGRC27 / ProINTA Super F2.	1	1	1

Tabla 1. Probabilidad de incidencia de High Plains virus (aislamiento Manfredi) en cultivares de trigo evaluados en la localidad de Marcos Juárez (Córdoba, Argentina) en el año 2010.

LI, LS: Límite Inferior y Superior de la estimación de la incidencia, respectivamente.

Cultivares	Probabilidad de incidencia
BIOINTA 1001, BIOINTA 1002, BIOINTA 1004, BIOINTA 1005, BIOINTA 1006, BIOINTA 2004, BIOINTA 3000, BIOINTA 3003, BIOINTA3004, BIOINTA3005, Klein Capricornio, Klein Carpincho, Klein Gladiador, Klein Guerrero, Klein Castor, Klein Chajá, Klein Gavilán, Klein León, Klein Proteo, Klein Rayo, Klein Tauro, Klein Tigre, ACA 201, ACA 202, ACA 304, ACA 315, ACA 320, ACA 903 B, ACA 906, ACA 907, SY 100, SY 200, SY300, Buck Malevo, JN 8011, Buck Taita, Buck Meteoro, Buck 55 CL, Themix-L, Cronox, Atlax, Arex, LE 2330, LE 2331, LE 2333, JN 6003, LE 2341, LE 2357, SRM Nogal, Baguette 10, Baguette P. 11, Baguette 17, Baguette 18, Baguette 19, Baguette 30, Baguette 31, ProINTA Puntal, ProINTASuper, KS93WGRC27/ Acienda F2, KS93WGRC27 / Baguette Premium 11 F2, KS93WGRC27 / ProINTA Super F2, KS93WGRC27 / Baguette 20 F2, Mace, CO960293-2, BRS Guamirim.	0
BIOINTA2005, Klein Pantera, Klein Yará, Klein Nutria, Klein Zorro, ACA 901, Buck 75 Aniversario, AGP Fast, Baguette 9.	0,33
ACA 303, Buck Puelche.	0,5

Tabla 2. Probabilidad de incidencia de *Wheat streak mosaic virus* (aislamiento Manfredi) en cultivares de trigo evaluados en la localidad de Marcos Juárez (Córdoba, Argentina) en el año 2010.

rim presentaron valor cero de absorbancia, mientras que el cultivar BIOINTA 2005 fue el que presentó el valor medio máximo de absorbancia ($A_{405} = 0,847$).

Del mismo modo, para WSMV se hallaron diferencias significativas entre los valores medios de absorbancia de los distintos cultivares ($X^2 = 149,755$; $p < 0,0001$) (tabla 4). Del total de cultivares analizados, 66 presentaron valor cero de absorbancia (entre ellos, ACA 202, ACA 304, Baguette 19, BIOINTA 2004, Buck Malevo, Buck Taita, CO960293-2, Klein Guerrero, Mace, ProINTA Puntal, ProINTA Super, etc.). Mientras que los cultivares ACA 303, Buck 75 Aniversario, Klein Pantera, BIOINTA 2005 y Klein Zorro demostraron los valores más altos.

Algunos de los cultivares como Klein Capricornio, Klein Gavilán, Arex, SY 300, Cronox, Atlax, Baguette 31 y BRS Guamirim, no fueron afectados por ninguno de los virus. En este último caso se pudo evaluar sólo una réplica y dos para SY 300, por lo que sería necesario aumentar el número de repeticiones para concluir con certeza respecto de estos genotipos. Asimismo, los cultivares ACA 303, BIOINTA 2005 y Buck 75 Aniversario presentaron altos valores de absorbancia para ambos virus.

Los cultivares infectados con WSMV evidenciaron síntomas cuyo grado de severidad varió desde leve a moderado (dos a tres en la escala de Langham). Durante el desarrollo de este ensayo no fue posible detectar alguna correlación entre el grado de severidad (medido por la escala) y el grado de infección (analizado a través de los valores de absorbancia).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Puesto que la capacidad vectora de WCM varía entre poblaciones de diferentes regiones geográficas (Seifers *et al.*, 2002), haber corroborado que la población de eriódidos provenientes de Manfredi, y criada en condiciones de laboratorio, transmitió ambas virosis a trigo es un hecho de trascendencia. Asimismo, la importancia de haber establecido una metodología eficaz para la cría de *A. tosichella* reside principalmente en que es vector obligado de ciertas virosis como el HPV que necesitan indefectiblemente de su intervención para dispersarse a nuevos hospedantes. Por lo tanto, disponer de un alto número de ácaros posibilita estudiar el comportamiento de cultivares de trigo frente al ataque, tanto del virus como del vector. Contrariamente, en ensayos realizados sólo de manera mecánica, la evaluación de la acción del vector resulta imposible de analizar. A modo de ejemplo, a partir de los resultados aquí expuestos, puede observarse que los cultivares BIOINTA 2004, ProINTA Puntal y ProINTA Super se infectaron con HPV y arrojaron valores de absorbancia intermedia. Este hecho es llamativo debido a que los tres genotipos presentan el gen *Cmc3* que otorga resistencia al ácaro, único medio de transmisión. Al respecto, otros investigadores informaron que existen poblaciones de eriódidos que pueden quebrar dicha resistencia (Malik *et al.*, 2003b).

Con respecto al WSMV, son frecuentes los estudios relacionados al comportamiento de cultivares de trigo, aunque en general son realizados a través de transmisiones mecánicas sin considerar la interacción entre virus, vector y ambiente con los diferentes genotipos (Ito, 2011). En el

Cultivares	Absorbancia media	LI (95%)	LS (95%)	*
Klein Capricornio, Klein Gavilán, Klein Zorro, SY 300, Buck Puelche, Cronox, Atlax, Arex, Baguette 31 y BRS Guamirim	0	0	0	A
Baguette 9	0,033	0	0,103	B
Baguette 18	0,040	0,002	0,117	B
BIOINTA 3004	0,043	0,001	0,129	B
Klein Tigre	0,047	0	0,142	B
ACA 903 B	0,053	0	0,160	B
Baguette 10	0,053	0	0,161	B
Klein Chajá	0,060	0,001	0,177	B
BIOINTA 3003	0,063	0,001	0,188	B
CO960293-2	0,065	0,002	0,192	B
BIOINTA 3005	0,067	0	0,201	B
BIOINTA 1001	0,070	0	0,210	B
Baguette 17	0,070	0,034	0,141	B
Buck 55 CL	0,080	0,002	0,236	B
LE 2330	0,080	0	0,241	B
ACA 315	0,083	0,041	0,168	B
Themix-L	0,083	0,038	0,174	B
KS93WGRC27 / Baguette 20 F2	0,087	0,043	0,174	B
BIOINTA 2004	0,090	0	0,270	B
Klein Rayo	0,093	0,046	0,188	B
SY 100	0,093	0	0,281	B
SY 200	0,093	0	0,283	B
BIOINTA 1004	0,100	0	0,300	B
ACA 201	0,100	0,049	0,202	B
ACA 304	0,103	0,048	0,214	B
Klein Gladiador	0,107	0,052	0,215	B
Klein Castor	0,107	0,045	0,231	B
LE 2357	0,110	0,047	0,236	B
ProINTA Puntal	0,110	0,053	0,224	B
Mace	0,115	0	0,348	B
BIOINTA 1002	0,117	0,056	0,237	B
ProINTA Super	0,117	0,110	0,131	B
Baguette 30	0,120	0,060	0,240	B
Buck Taita	0,123	0,116	0,138	B
JN 6003	0,125	0,053	0,269	B
Klein Yarará	0,127	0,055	0,270	B
ACA 320	0,127	0,045	0,289	B
Baguette 19	0,127	0,057	0,265	B
LE 2341	0,130	0,064	0,262	B
ACA 202	0,133	0,123	0,155	B
LE 2331	0,135	0,001	0,404	B
BIOINTA 1006	0,137	0,057	0,295	B

LE 2333	0,137	0,115	0,180	B
Baguette P. 11	0,137	0,051	0,308	B
Buck Meteoro	0,140	0	0,423	B
KS93WGRC27 / Baguette P. 11 F2	0,140	0,105	0,211	B
ACA 907	0,143	0,143	0,143	B
KS93WGRC27 / Acienda F2	0,145	0,131	0,173	B
Klein Carpincho	0,153	0,132	0,197	B
JN 8011	0,160	0,111	0,259	B
Klein León	0,163	0,129	0,233	B
Klein Tauro	0,167	0,167	0,167	B
KS93WGRC27 / ProINTA Super F2	0,170	0,138	0,234	B
ACA 906	0,190	0,141	0,288	B
SRM Nogal	0,197	0,14	0,310	B
ACA 901	0,207	0,148	0,324	B
BIOINTA 3000	0,217	0,107	0,435	B
Klein Pantera	0,220	0,065	0,530	B
AGP Fast	0,223	0,187	0,297	B
Buck Malevo	0,247	0,064	0,612	B
BIOINTA 1005	0,300	0	0,900	BC
Klein Proteo	0,313	0,142	0,656	C
Buck 75 Aniversario	0,323	0,085	0,800	C
ACA 303	0,380	0,128	0,884	C
Klein Guerrero	0,467	0,048	1,304	C
Klein Nutria	0,480	0,115	1,211	C
BIOINTA 2005	0,847	0,493	1,553	D

Tabla 3. Valores de absorbancia media de High Plains virus (DAS-ELISA) en cultivares de trigo infectados artificialmente en campo en la localidad de Marcos Juárez (Córdoba, Argentina) en el año 2010.

presente estudio pudo observarse que las poblaciones segregantes en las que se incorporó el gen *Wsm1*, que confiere resistencia al virus, no se vieron afectadas por el WSMV, aunque sí mostraron una alta probabilidad de incidencia del HPV. Del mismo modo y en concordancia con las observaciones de Haley *et al.* (2002), Graybosch *et al.* (2009) y Sharp *et al.* (2002), los cultivares Mace y CO960293-2 mostraron excelente respuesta frente al WSMV.

A partir de estos resultados, se refleja la importancia de incluir a *A. tosichella* en los ensayos de evaluación del comportamiento de los cultivares dado que ambas virosis generalmente se transmiten a campo a través de este vector. En este contexto, se esperaba una mayor probabilidad de encontrar infecciones mixtas con WSMV y HPV, con respecto a las infecciones simples, tal como mencionaron Mahmood *et al.* (1998), sin embargo éstas parecen ser las más comunes. De acuerdo con aquellos autores, son necesarios estudios más profundos que permitan entender la transmisión de HPV y su relación con la transmisión con el WSMV.

Finalmente, de la evaluación de cultivares de trigo como la que aquí se expone, puede resumirse que bajo las condiciones de estudio, se encontró comportamiento diferenciado de los cultivares analizados con respecto a la infección con HPV, tanto en probabilidad de incidencia como en los valores de absorbancia obtenidos. Los cultivares Klein Capricornio, Klein Gavilán, Klein Zorro, SY 300, Buck Puelche, Cronox, Atlax, Arex, Baguette 31 y BRS Guamirim son los que mostraron un valor cero de probabilidad de incidencia y de absorbancia media.

Referido a la infección con WSMV, aunque todos los cultivares analizados mostraron la misma probabilidad de presentar la virosis, el diseño experimental empleado permitió detectar diferencias en cuanto a los valores de absorbancia media. En este caso, cultivares como Mace, CO960293-2, BRS Guamirim, KS93WGRC27/Acienda F2, KS93WGRC27/Baguette P. 11 F2, KS93WGRC27/ProINTA Super F2 y KS93WGRC27/Baguette 20 F2 fueron los que mostraron valor medio de absorbancia cero.

Cultivares	Absorbancia media	LI (95%)	LS (95%)	*
BIOINTA 1001, BIOINTA 1002, BIOINTA 1004, BIOINTA 1005, BIOINTA 1006, BIOINTA 2004, BIOINTA 3000, BIOINTA 3004, BIOINTA 3005, Klein Capricornio, Klein Carpincho, Klein Gladiador, Klein Guerrero, Klein Castor, Klein Chajá, Klein Gavilán, Klein León, Klein Proteo, Klein Rayo, Klein Tauro, Klein Tigre, ACA 201, ACA 202, ACA 304, ACA 315, ACA 320, ACA 903 B, ACA 906, ACA 907, SY 100, SY 200, SY 300, Buck Malevo, JN 8011, Buck Taita, Buck Meteoro, Buck 55 CL, Themix-L, Cronox, Atlax, Arex, LE 2330, LE 2331, LE 2333, JN 6003, LE 2341, LE 2357, SRM Nogal, Baguette 10, Baguette P. 11, Baguette 17, Baguette 18, Baguette 19, Baguette 30, Baguette 31, ProINTA Puntal, BIOINTA 3003, ProINTA Super, KS93WGRC27/ Acienda F2, KS93WGRC27/ Baguette P. 11 F2, KS93WGRC27/ ProINTASuper F2, KS93WGRC27/ Baguette 20 F2, Mace, CO960293-2, BRS Guamirim.	0	0	0	A
Klein Nutria	0,207	0,097	0,427	B
Buck Puelche	0,225	0,105	0,465	B
Klein Yarará	0,273	0,143	0,533	B
AGP Fast	0,323	0,173	0,623	B
Baguette 9	0,333	0,193	0,613	B
ACA 901	0,437	0,217	0,877	BC
Klein Zorro	0,700	0,350	1,400	C
BIOINTA 2005	0,763	0,393	1,503	C
Klein Pantera	0,810	0,390	1,650	C
Buck 75 Aniversario	0,950	0,490	1,870	C
ACA 303	1,105	0,555	2,205	C

Tabla 4. Valores de absorbancia media (DAS-ELISA) de *Wheat streak mosaic virus* en cultivares de trigo infectados artificialmente en campo en la localidad de Marcos Juárez (Córdoba, Argentina) en el año 2010.

LI, LS: Límite Inferior y Superior de la estimación de la media de absorbancia, respectivamente. * Letras iguales indican que no se presentan diferencias significativas.

A modo de conclusión, Klein Capricornio, Klein Gavilán, SY 300, Cronox, Atlax, Arex, Baguette 31 y BRS Guamirim son los cultivares que mostraron la menor probabilidad de incidencia y una absorbancia media cero, tanto para HPV como para WSMV. Además, sólo el 9,2% de los estudiados presentó infección mixta (ACA 303, ACA 901, AGP Fast, Buck 75 Aniversario, BIOINTA 2005, Klein Nutria y Klein Yarará).

La presente evaluación de cultivares puede constituir una herramienta potencial para la selección del cultivar a sembrar en planteos productivos comerciales. Asimismo establece una base para futuros programas de mejoramiento de trigo contra HPV y WSMV. El hecho de involucrar al vector en este tipo de estudios permite incluir otros aspectos epidemiológicos asociados a la selección de cultivares en el contexto del patosistema.

Considerando que la susceptibilidad de los cultivares es sólo uno de los elementos que contribuyen a la incidencia de estas enfermedades, en futuros estudios podrían incluirse factores como la distribución de malezas alélicas, las prácticas culturales y el movimiento del ácaro a nivel local, con la finalidad de una mejor comprensión de la epidemiología de estas enfermedades.

BIBLIOGRAFÍA

ALEMANDRI, V.; GUTHEIM, F.; RODRÍGUEZ, S.M.; MATTIO, M.F.; DUMÓN, A.; ARGÜELLO CARO, E.; TRUOL, G. 2011. Importancia de la cebada como hospedante alternativo de High plains virus (HPV) en Miramar (Buenos Aires) Memoria Técnica de la Chacra Experimental Miramar Cultivos de Invierno 2010/11 (53), 38-40.

- BAINOTTI, C.; FRASCHINA, J.; SALINES, J.H.; NISI, J.E.; DUBCOVSKY, J.S.; LEWIS, M.; BULLRICH, L.; VANZETTI, L.; CUNIBERTI, M.; CAMPOS, P.; FORMICA, M.B.; MASIERO, B.; ABERIONE, E.; HELGUERA, M. 2009a. Registration of 'BIOINTA 2004' Wheat. *Journal of Plant Registrations* 2 (3), 165-169.
- BAINOTTI, C.; HELGUERA, M.; VANZETTI, L.; BARIFFI, J.H.; FRASCHINA, J.; SALINES, J.; ALBERIONE, E.; GÓMEZ, D.; DONAIRE, G.; FORMICA, B. 2009b. Mejoramiento de trigo para resistencia al virus del mosaico estriado del trigo (WSMV) en Argentina. En: TRUOL, G (Ed.) *Enfermedades virales asociadas al cultivo de trigo en Argentina: reconocimiento, importancia, formas de transmisión y manejo*. INTA, Córdoba, pp. 71-75.
- BOCKUS, W.W.; APPEL, J.A.; BOWDEN, R.L.; FRITZ, A.K.; GILL, B.S.; MARTIN, T.J.; SEARS, R.G.; SEIFERS, D.L.; BROWN-GUEDIRA, G.L.; EVERSMEYER, M.G. 2001. Success stories: breeding for wheat disease resistance in Kansas. *Plant Disease* 85 (5), 453-461.
- BRÄKKE, M.K. 1971. Wheat streak mosaic virus. C.M.I./A.A.B. *Descriptions of Plant Viruses* 48, 1-4.
- ELLIS, M.H.; REBETZKE, G.J.; MAGO, R.; CHU, P. 2003. First report of Wheat streak mosaic virus in Australia. *Australasian Plant Pathology* 32, 551-553.
- FAHIM, M.; LARKIN, P.J.; HABER, S.; SHORTER, S.; LONERGAN, P.F.; ROSEWARNE, G.M. 2012. Effectiveness of three potential sources of resistance in wheat against Wheat streak mosaic virus under field conditions. *Australasian Plant Pathol* 41, 301-309.
- GILL, B.S.; FRIEBE, B.; WILSON, D.L.; MARTIN, T.J.; COX, T.S. 1995. Registration of KS93WGRC27 Wheat streak mosaic virus resistant T4DL4Ai#2S wheat germplasm. *Crop Science* 35, 1236-1237.
- GRAYBOSCH, R.A.; PETERSON, C.J.; BAENZINGER, P.S.; BALTENSBERGER, D.D.; NELSON, L.A.; JIN, Y.; KOLMER, J.; SEABOURN, B.; FRENCH, R.; HEIN, G.; MARTIN, T.J.; BEECHER, B.; SCHWARZACHER, T.; HELSLOP-HARRISON, P. 2009. Registration of Mace hard red winter wheat. *Journal of Plant Research* 3, 51-56.
- HALEY, S.M.; MARTIN, T.J.; QUICK, J.S.; SEIFERS, D.L.; STROMBERGER, J.A.; CLAYSHULTE, S.R.; CLIFFORD, B.L.; PEAIRS, F.B.; RUDOLPH, J.B.; JOHNSON, J.J.; GILL, B.S.; FRIEBE, B. 2002. Registration of CO960293-2 wheat germplasm resistant to Wheat streak mosaic virus and Russian wheat aphid. *Crop Science* 42, 1381-1382.
- HILL, J.H.; MARTINSON, C.A.; RUSSELL, W.A. 1974. Seed transmission of Maize dwarf mosaic and Wheat streak mosaic viruses in maize and responses of inbred lines. *Crop Science* 14, 232-235.
- ITO, D. 2011. Evaluation of susceptibility to Wheat streak mosaic virus among small grains and alternative hosts in the Great Plains. Master of Science. Montana State University. Bozeman, Montana.
- JENSEN, S.G.; LANE, L.C.; SEIFERS, D.L. 1996. A new disease of maize and wheat in the High Plains. *Plant Disease* 80 (12), 1387-1390.
- JEPPSON, L.R.; KEIFER, H.H.; BAKER, E.W. 1975. Mites injurious to economic plants. University of California. Berkeley.
- JONES, R.A.C.; COUTTS, B.A.; MACKIE, A.E.; DWYER, G.I. 2005. Seed transmission of Wheat streak mosaic virus shown unequivocally in wheat. *Plant Disease* 89, 1048-1050.
- LANGHAM, M.A.C. 2009. Evaluation of Winter Wheat for Resistance to Viral Diseases. (<http://www.sdwwheat2.org/files/Evaluation-WheatResistanceViralDiseases.pdf>: verificado en enero de 2012).
- MAGYP. 2011. (<http://www.minagri.gob.ar/SAGPyA/>: verificado el 5 de Julio de 2012).
- MAHMOOD, T.; HEIN, G.L.; JENSEN, S.G. 1998. Mixed infection of wheat with high plains virus and Wheat streak mosaic virus from wheat curl mites in Nebraska. *Plant Disease* 82, 311-315.
- MALIK, R.; BROWN-GUEDIRA, G.L.; SMITH, C.M.; HARVEY T.L.; GILL, B.S. 2003b. Genetic Mapping of Wheat Curl Mite Resistance Genes Cmc3 and Cmc4 in Common Wheat. *Crop Sci.* 43: 644-650.
- MALIK, R.; SMITH, C.M.; BROWN-GUEDIRA, G.L.; HARVEY, T.L.; GILL, B.S. 2003. Assessment of *Aegilops tauschii* for resistance to biotypes of wheat curl mite (Acarina: Eriophyidae). *Journal of Economical Entomology* 96 (4), 1329-1333.
- MURRAY, G.M.; KNIHINICKI, D.; WRATTEN, K.; EDWARDS, J. 2005. Wheat streak mosaic and the wheat curl mite (http://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0017/44027/Wheat_streak_mosaic_and_the_wheat_curl_mite_-_Primefact_99.pdf: verificado en enero de 2012).
- MURRAY, T.D.; PARRY, D.W.; CATTLIN, N.D. 1998. *A Colour Handbook of Diseases of Small Grain Cereal Crops*. Manson. London.
- MUTTI, J.B.S.; GRAYBOSCH, R.A.; FRENCH, R.; GILL, K.S. 2011. Registration of seven winter wheat germplasm lines carrying the Wsm1 gene for Wheat streak mosaic virus resistance. *Journal of Plant Registrations* 5 (3), 1-4.
- PRECOPINTA. 2011. (http://www.inta.gov.ar/manfredi/info/precop/gace_prensa010/cosecha_trigo_2010.htm :verificado el 5 de junio de 2011).
- SAGADIN, M.; TRUOL, G. 2009. Wheat streak mosaic virus (WSMV). En: TRUOL, G (Ed.) *Enfermedades virales asociadas al cultivo de trigo en Argentina: reconocimiento, importancia, formas de transmisión y manejo*. INTA, Córdoba, pp. 31-40.
- SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, H.; HENRY, M.; CÁRDENAS-SORIANO, E.; ALVIZO-VILLASANA, H. 2001. Identification of Wheat streak mosaic virus and its vector *Aceria tosichella* Keifer in Mexico. *Plant Disease* 85, 13-17.
- SEIFERS, D.L.; HARVEY, T.L.; MARTIN, T.J.; JENSEN, S.G. 1997. Identification of the Wheat curl mite as the vector of the High Plains virus of corn and wheat. *Plant Disease* 81, 1161-1166.
- SEIFERS, D.L.; HARVEY, T.L.; LOUIE, R.; GORDON, D.T.; MARTIN, T.J. 2002. Differential transmission of isolates of the High Plains virus by different sources of wheat curl mites. *Plant Disease* 86 (2), 138-142.
- SHARP, G.L.; MARTIN, J.M.; LANNING, S.P.; BLAKE, N.K.; BREY, C.W.; SIVAMANI, E.; QU R.; TALBERT, L.E. 2002. Field Evaluation of Transgenic and Classical Sources of Wheat streak mosaic virus Resistance *Crop Science* 42, 105-110.
- SKARE, J.M.; WIJKAMP, I.; REZENDE, J.; MICHELS, G.; RUSH, C.; SCHOLTHOLF, K-B.G.; SCHOLTHOF, H.B. 2003. Colony establishment and maintenance of the eriophyid wheat curl mite *Aceria tosichella* for controlled transmission studies on a new virus-like pathogen. *Journal of Virological Methods* 108, 133-137.
- SKARE, J.M.; WIJKAMP, I.; DENHAM, I.; REZENDE, J.A.M.; KITAJIMA, E.W.; PARK, J-W.; DESVOYES, B.; RUSH, C.M.; MICHELS, G.; SCHOLTHOF, K-B.G.; SCHOLTHOF, H.B. 2006. A new eriophyid mite-borne membrane-enveloped virus-like complex isolated from plants. *Virology* 347, 343 – 353.
- TRUOL, G.; FRENCH, R.; SAGADIN, M.; ARNEODO, J. 2004. First report of Wheat Streak Mosaic Virus infecting wheat in Argentina. *Australasian Plant Pathology* 33, 137-138.

TRUOL, G.; SAGADIN, M. 2008a. Presencia del Wheat streak mosaic virus (WSMV) y High Plains virus (HPV) en la Provincia de Córdoba. Libro de Resúmenes del 1º Congreso Argentino de Fitopatología. 28, 29 y 30 de Mayo de 2008. Ciudad de Córdoba, Córdoba, Argentina.

TRUOL, G.; SAGADIN, M. 2008b. Determinación de la infectividad de una población de *Aceria tosichella* Keifer proveniente

de la Provincia de Buenos Aires para Wheat streak mosaic virus (WSMV) y High Plains virus (HPV). Libro de Resúmenes del 1º Congreso Argentino de Fitopatología. 28, 29 y 30 de Mayo de 2008. Ciudad de Córdoba, Córdoba, Argentina.

ZADOKS, J.C.; CHANG, T.T.; KONZAK, F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14, 415-421.

Uso del nitrógeno y calidad industrial en cultivares argentinos de trigo pan (*Triticum aestivum* L.)

LERNER, S.E.¹; ARRIGONI, A.C.¹; ARATA, A.F.¹

RESUMEN

Los incrementos en la producción de cereales basados en la mayor incorporación de Nitrógeno (N) representan un riesgo para la sustentabilidad de los agro-ecosistemas. Por esto, adquiere significación manipular los atributos del cultivo que determinan mayor extracción del nutriente del suelo y los que maximizan el uso del N absorbido y exportado del sistema. El objetivo del trabajo fue conocer diferencias genéticas entre variedades y su interacción con el ambiente que determinan distinta eficiencia en el uso del nutriente, medida como diferencia de N en grano y/o diferencia de rendimiento en grano en función del N aplicado y sus relaciones con parámetros indicadores de calidad industrial. Los experimentos realizados incluyeron 16 cultivares argentinos de trigo pan (*Triticum aestivum* L.) durante las campañas 2005 y 2006, en Azul, Buenos Aires, Argentina. Los tratamientos fueron: tratamiento control (T), que correspondió al N disponible en el suelo, y tratamiento fertilizado (N) con aplicación repartida de urea, 30% a la emergencia y 70% a fin de macollaje, en dosis variable de acuerdo al análisis del suelo a la siembra para lograr 150 kg/ha de N totales (150 kg N/ha – N del suelo). Se determinó el rendimiento y sus componentes al tiempo que se calculó la eficiencia agronómica y la eficiencia de recuperación del fertilizante aplicado y se realizaron mediciones de parámetros alveográficos, porcentaje de proteínas y de gluten húmedo. La diferencia en el número de granos por unidad de superficie entre el tratamiento fertilizado y el control explicó el 86% de la variación en eficiencia de recuperación del Nitrógeno en el año 2005. Así, variedades con mayor capacidad de particionar biomasa a granos presentaron mayor recuperación del nutriente. La extensibilidad (L) fue el parámetro de calidad industrial más dependiente del N, por lo que genotipos con alta estabilidad en eficiencia de recuperación y eficiencia agronómica presentaron menor variación en los valores de dicha variable entre años. El porcentaje de proteínas en grano no fue el único factor determinante de los parámetros de calidad industrial analizados. Los resultados encontrados aportan conocimientos sobre la variabilidad genotípica de numerosas variedades de trigo argentinas con respecto a la eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado y su relación con la calidad industrial.

Palabras clave: Trigo, nutrición nitrogenada, uso final.

ABSTRACT

Increments in cereal production based upon increased nitrogen fertiliser application represent a risk for the sustainability of agro-ecosystems. For this reason, it would be of major significance to be able to manipulate the attributes of the crop that determine improved nutrient extraction from the soil, as well as those that maxi-

¹Cátedra de Cereales y Oleaginosas. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional del Centro de la Pcia. de Buenos Aires. Rep. de Italia 780, C.P. 7300, Azul, Buenos Aires, Argentina. E-mail: slerner@faa.unicen.edu.ar, aarrigoni@faa.unicen.edu.ar

mise the use of the N absorbed and subsequently exported as grain from the system. The aim of the current work was to determine genetic differences between varieties and their interaction with the environment, responsible for differences in the efficiency of the nutrient measured as differences in grain N and/or differences in grain yield as a function of applied N and their relationships with industrial quality indicator parameters. In the current work, field trials of sixteen Argentinean bread wheat cultivars were carried out during two consecutive seasons, 2005 and 2006, in Azul, Province of Buenos Aires, Argentina. The fertiliser treatments were: control treatment (T), corresponding to the N available in soil, and fertilised treatment (N) with split application of urea, 30% at emergence and 70% at tillering, at variable rates depending upon the soil analysis at sowing and based upon achieving 150 kg/ha of total N (150 kg N/ha – N soil). The following characteristics were determined: grain yield and its components, agronomic efficiency, recovery efficiency of applied fertiliser, alveographic parameters, protein percentage and wet gluten percentage. The difference in grain number per unit area between the fertilised and control treatment explained 86% of the variation in N recovery efficiency in 2005. Varieties with enhanced ability to partition biomass to the grain gave improved recovery of the nutrient. Extensibility (L) was the industrial quality parameter most dependent upon N, meaning that genotypes with high stability in recovery efficiency and agronomic efficiency showed less variation in the values of this variable between years. Grain protein content was not the only determinant of the industrial quality parameters analysed. The results provide insights into the genotypic variability of many Argentinean wheat varieties with respect to N fertiliser use efficiency and its relationship with industrial quality.

Keywords: Wheat, Nitrogen nutrition, end use.

INTRODUCCIÓN

Varios factores ambientales impactan sobre la expresión del rendimiento potencial de los cultivos y, por lo tanto, determinan el rendimiento logrado. Uno de los factores considerados como limitante de los rendimientos y que por lo tanto, determinan el rendimiento alcanzable, es el Nitrógeno (N) (Kichey *et al.*, 2007). Sin embargo, la oferta de N y el rendimiento obedecen a una relación de incrementos decrecientes, lo cual implica que no siempre mayores dosis de N aportadas a los cultivos se traducirán en mayores rendimientos, afectando significativamente la eficiencia productiva de todo el sistema (Campbell *et al.*, 1977; Clarke *et al.*, 1990).

La relación del N con el agua disponible en el sistema es esencial, favoreciendo su transporte hacia la superficie de la raíz por el mecanismo de flujo masal. Tanto las deficiencias hídricas que afecten la absorción de nutrientes y crecimiento del cultivo como excesos de agua que provoquen lixiviación fuera del alcance de las raíces o inadecuada distribución de precipitaciones durante el ciclo, pueden significar pérdidas de la eficiencia del uso del N. La fuga del nutriente hacia las napas y/o la imposibilidad de ser utilizado oportunamente por el cultivo afectará la sustentabilidad ambiental y económica del sistema de producción (Asseng *et al.*, 2001).

Ajustar la cantidad de N a aplicar al cultivo de acuerdo al rendimiento posible y a la dotación del suelo al momento de la siembra, resulta una aproximación que no siempre produce los resultados esperados. Esta incertidumbre se

acrecienta si la aplicación se realiza en su totalidad en ese momento, que no coincide con el momento de máximos requerimientos por parte del cultivo, además de resultar expuesto por más tiempo a lluvias que pueden provocar lixiviación hacia capas profundas no exploradas por las raíces. La aplicación repartida de fertilizantes, adecuando dosis y oportunidad de acuerdo a las necesidades del cultivo, han demostrado mejorar su aprovechamiento en términos de rendimiento y contenido de N en grano (García *et al.*, 1998; Ron y Loewy, 2000; Johansson *et al.*, 2001; López-Bellido *et al.*, 2004; Fuertes-Mendizábal *et al.*, 2010).

La cuestión de las diferencias genéticas en cuanto a rendimiento potencial y a la capacidad de capturar y/o retranslocar el N a órganos cosechables incrementa la variabilidad de las respuestas esperables en diferentes situaciones (Van Sanford y MacKown, 1987).

Se han reportado ampliamente efectos sobre la cantidad de proteínas en los granos y otros parámetros de calidad en relación con el N disponible (García *et al.*, 1998, 2000, 2001; Lerner *et al.*, 1998). El contenido de proteínas en grano es parcialmente determinante de la calidad industrial, asociado fuertemente con el contenido de gluten (Gauer *et al.*, 1992; Labuschagne *et al.*, 2006; Alzueta *et al.*, 2008; Pinilla Quezada *et al.*, 2008). Se han encontrado efectos del N sobre los parámetros reológicos de la masa, como los obtenidos por el Alveógrafo de Chopin: fuerza panadera (W), tenacidad (P) y extensibilidad de la masa (L) (Pechanek *et al.*, 1997; Johansson *et al.*, 2001; Dupont *et al.*, 2006; Alzueta *et al.*, 2008, Fuertes-Mendizábal *et al.*, 2010, 2012).

Es conocido que además del porcentaje de proteínas en los granos, las clases de proteínas que forman gluten (gliadinas y gluteninas) son características de cada cultivar y confieren propiedades específicas relacionadas con su uso final.

Entonces, el objetivo del presente trabajo fue conocer diferencias genéticas y su interacción con el ambiente, que determinan distinta eficiencia en el uso del nutriente, medida como diferencia de N en grano y/o diferencia de rendimiento en grano en función del N aplicado y sus relaciones con parámetros indicadores de calidad industrial. Se puede así contribuir al ajuste del modelo productivo de acuerdo a diferentes objetivos y situaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos fueron realizados durante las campañas 2005 y 2006, en un suelo Argiudol Típico del campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires en Azul (36° 49' 53" latitud Sur, 59° 53' 23" longitud Oeste). Se incluyeron 16 cultivares argentinos de trigo pan (*Triticum aestivum* L.) de Ciclo Largo (CL) y Ciclo Corto (CC), de los siguientes Grupos de Calidad (CONASE):

- Grupo de calidad I (GC1): ACA 304 (CL), Biolnta 2001 (CL), Biolnta 3000 (CL), Klein Jabalí (CL), Relmó INIA Torcaza (CL), Buck Mejorpan (CC), Klein Proteo (CC), Relmó INIA Condor (CC).
- Grupo de calidad II (GC2): Klein Capricornio (CL), ACA 601 (CC), Biolnta 1000 (CC), Klein Castor (CC), Klein Flecha (CC), Klein Tauro (CC).
- Grupo de calidad III (GC3): Buck Aguará (CC), Klein Gavilán (CL).

Fueron sembrados en las fechas recomendadas para la región, entre el 20 de junio y el 10 de julio y entre el 20 de julio y el 10 de agosto. Las densidades fueron 280 y 380 plantas por metro cuadrado para los ciclos largos y cortos, respectivamente. Se trabajó con dos niveles de Nitrógeno: tratamiento control (T), que correspondió al N disponible en el suelo, y tratamiento fertilizado (N), con aplicación repartida de urea, 30% a la emergencia y 70% a fin de macollaje. La dosis fue variable de acuerdo al análisis del suelo a la siembra para lograr 150 kg/ha de N totales (150 kg N/ha - N del suelo). Antes de la siembra se aplicó superfosfato triple para asegurar no-deficiencia de fósforo y se controlaron plagas, enfermedades y malezas cuando correspondió. A su vez, se presenta el registro de lluvias y temperaturas medias mensuales para los dos años (fig. 1). Durante el ciclo del cultivo las precipitaciones acumuladas fueron de 361,9 mm para el año 2005 y 311,1 mm para el 2006. Se puede observar que no hubo mayores diferencias en las precipitaciones totales entre los años pero sí en su distribución, con una mayor concentración en agosto (108,1 mm) para el año 2005 y en octubre (149,9 mm) para el 2006.

A cosecha, sobre una subparcela de un metro cuadrado se determinaron rendimiento, peso de mil granos (P1000),

se calculó número de granos (NG) y se midió porcentaje de proteínas (%P) (NIR). A su vez, se calculó la eficiencia de recuperación (ER) del fertilizante aplicado a partir del contenido calculado de N de los granos ($N = \text{Proteína}/5,75$) y la eficiencia agronómica (EA), según las siguientes fórmulas mostradas por Novoa y Loomis (1981), Craswell y Godwin (1984) y Guarda *et al.* (2003):

$$\text{Eficiencia de Recuperación (\%)} = ((N \text{ grano trat. N (kg/ha)} - N \text{ grano trat. T (kg/ha)}) / N \text{ aplicado (kg/ha)}) * 100$$

$$\text{Eficiencia Agronómica (kg grano/kg N)} = (\text{Rendimiento en grano trat. N (kg/ha)} - \text{Rendimiento en grano trat. T (kg/ha)}) / N \text{ aplicado (kg/ha)}$$

A partir de harina obtenida previa molienda de los granos cosechados se midieron parámetros reológicos de calidad industrial: fuerza panadera (W), tenacidad (P), extensibilidad (L) y relación P/L, con Alveógrafo de Chopin (Método ICC 121, 1992) y contenido de gluten húmedo (GH) con Glutomatic Perten (Método ICC No. 137/1).

El diseño experimental fue en tres bloques completos al azar-parcela dividida. Los resultados se analizaron mediante Análisis de la Varianza y comparación de medias por Duncan ($\alpha \leq 0,05$), Análisis de Regresión Lineal ($\alpha \leq 0,05$) y Análisis de Componentes Principales (ACP) utilizando el paquete estadístico INFOSAT (Facultad de Ciencias Agrarias-Córdoba).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento y componentes

En el año 2005 la floración se produjo entre los días 2 y 6 de noviembre para los cultivares de ciclo largo y entre el 4 y 11 de ese mes para los de ciclo corto. En 2006 los cultivares de ciclo largo florecieron entre el 31 de octubre y el 5 de noviembre y los ciclos cortos entre los días 3 y 10 de ese mes.

Se encontraron diferencias significativas entre años en rendimiento, número de granos (NG) y peso de granos (tabla 1). En 2005, el rendimiento fue significativamente menor que en 2006 (Duncan, $\alpha \leq 0,05$). Asimismo, en ambos años hubo diferencias significativas entre los promedios de rendimiento de los tratamientos control (2005=452 g/m², 2006=640 g/m²) y el de los tratamientos fertilizados (2005=645 g/m², 2006=705 g/m²). Como se puede observar, en el año 2005 el rendimiento del tratamiento control fue mucho menor que el del tratamiento fertilizado, aún cuando en ambas campañas hubo respuesta significativa a la fertilización. Se observaron diferencias significativas en NG entre años en los tratamientos control (2005=13266 gr/m², 2006=15902 gr/m²), en tanto que los tratamientos fertilizados no difirieron significativamente (2005=19124 gr/m², 2006=18547 gr/m²).

A su vez, se observa el menor ajuste de la relación rendimiento-NG para el año 2006, aunque significativa para ambos años (fig. 2). La relación entre número y peso de

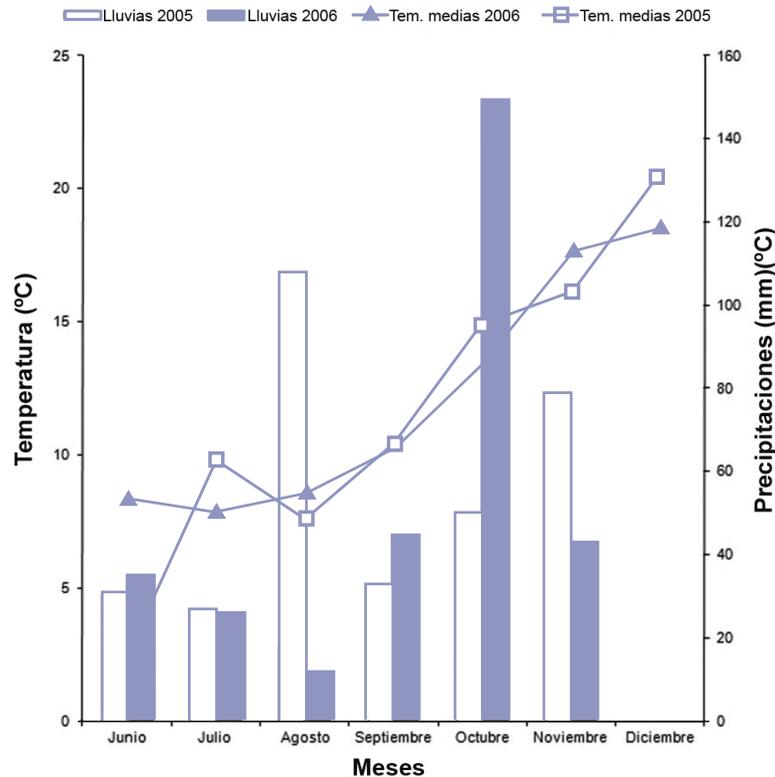


Figura 1. Temperaturas medias (°C) y precipitaciones (mm) durante el ciclo del cultivo para los años 2005 y 2006. (Boletín Agrometeorológico FAA, 2005, 2006).

granos fue significativa solo en el año 2006: a mayor NG correspondió menor peso por grano, evidenciando un efecto de compensación entre dichos componentes del rendimiento (fig. 3). El tratamiento control tuvo en promedio mayor peso de los granos que el tratamiento fertilizado ($T=36,12$ g; $N=34,24$ g). No hubo diferencias significativas en el peso de los granos (P1000) entre tratamientos en el año 2005 ($T=34,16$ g; $N=33,95$ g).

Las diferencias entre los dos años en los componentes del rendimiento, fundamentalmente en NG se explican por efectos del ambiente durante el ciclo del cultivo: en 2005

se registraron lluvias superiores a 100 mm en agosto que probablemente provocaron lavado de nitratos del perfil del suelo. Ensayos comparativos de rendimiento realizados en el mismo sitio dieron resultados similares (datos no mostrados). Teniendo en cuenta que el N disponible al inicio del cultivo en ambos años fue prácticamente el mismo (año 2005: 42,81 kg N/ha, año 2006: 41 kg N/ha) y dado que se ajustó la dosis del fertilizante a aplicar teniendo esos datos en cuenta, presumiblemente las diferencias significativas observadas a favor del segundo año se debieron a las precipitaciones mencionadas que redujeron significativamente el N inicial en el primer año (fig. 1). El hecho de que el tratamiento control del primer año rindiera menos que en 2006 corrobora lo mencionado.

F.V.	Rendimiento	N.º de granos/m ²	P1000 granos
Variedad	5,33 ***	15,31 ***	69,79 ***
Año	271,23 ***	17,14 ***	30,23 ***
Tratamiento	290,38 ***	292,55 ***	26,05 ***
Var x Año	8,50 ***	8,31 ***	7,94 ***
Var x Trat	2,20 **	2,55 **	1,98 **
Año x Trat	71,84 ***	41,78 ***	16,84 ***
Var x Año x Trat	1,98 *	1,66 ns	1,72 *

Tabla 1. Valores de F de los factores de variación considerados para rendimiento en grano y sus principales componentes: número de granos por unidad de superficie (gr/m²) y peso de mil granos (P1000, g).

Eficiencia de uso del N

Se encontraron diferencias significativas entre genotipos en eficiencia de recuperación y agronómica, calculadas sobre la fracción de N del fertilizante aplicado, (tabla 2), coincidiendo con lo reportado por Le Gouis *et al.* (2000), Ortiz-Monasterio *et al.* (2001) y Abbate *et al.* (2007). Los valores de eficiencia de recuperación en granos obtenidos fueron similares a los reportados por Guarda *et al.* (2003) para variedades modernas de trigo. En el año 2005 los cultivares R.I. Torcaza y K. Castor presentaron valores superiores al 75% evidenciando elevada partición de N

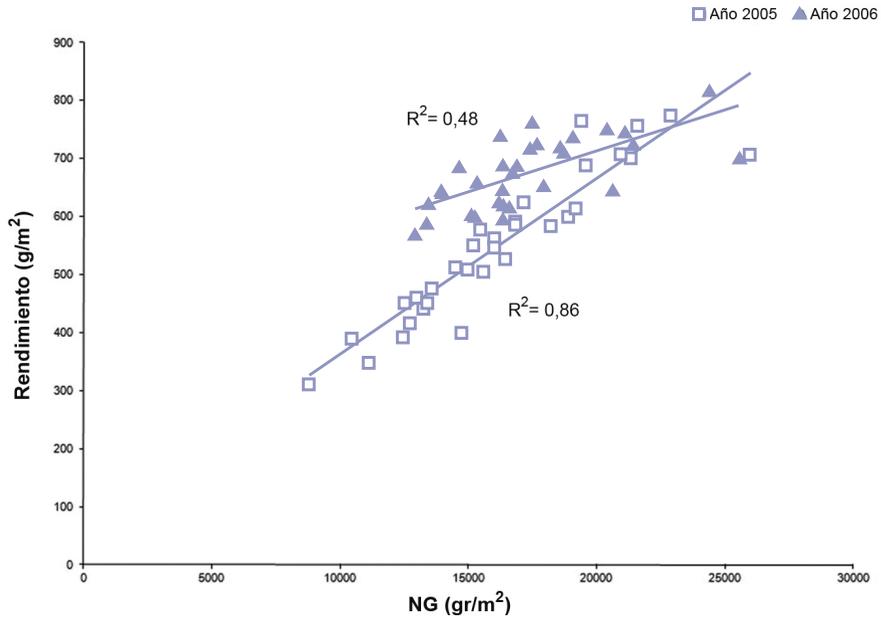


Figura 2. Relación entre rendimiento (g/m²) y número de granos por metro cuadrado (NG, gr/m²) durante los años 2005 (***) y 2006 (***)

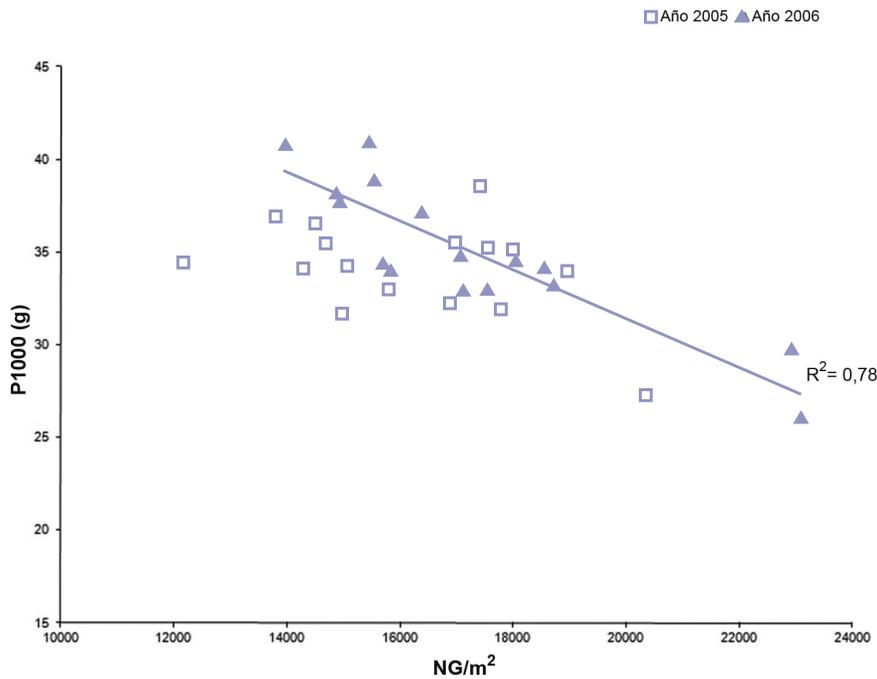


Figura 3. Relación entre peso de mil granos (P1000, g) y número de granos por metro cuadrado (NG, gr/m²) durante los años 2005 (NS) y 2006 (***)

a granos, lo que concuerda con valores de Índice de Cosecha de N superiores al 80% como los reportados por Barraclough *et al.* (2010).

Debido a la mayor respuesta a la fertilización con N en términos de rendimiento en grano en el año 2005 y a su

incidencia en el cálculo de las eficiencias de uso del N, las eficiencias tanto de recuperación como agronómica fueron superiores que en el año 2006 (al pie de la tabla 2 se consignan los promedios de cada año). Aún así, 12 de los 16 cultivares incluidos en este análisis tuvieron eficiencias

Variedad	Eficiencia de Recuperación				Eficiencia Agronómica			
	Año 2005		Año 2006		Año 2005		Año 2006	
Torcaza (1)	80,0	<i>a</i>	31,8	<i>efg</i>	23,4	<i>a</i>	5,5	<i>ghij</i>
Castor (2)	77,2	<i>ab</i>	46,9	<i>de</i>	23,7	<i>a</i>	8,4	<i>f..j</i>
Capricornio (3)	72,0	<i>abc</i>	41,6	<i>defg</i>	20,3	<i>abc</i>	7,8	<i>f..j</i>
Proteo (4)	72,0	<i>abc</i>	22,8	<i>fg</i>	19,2	<i>abcd</i>	3,5	<i>ij</i>
Aca 304 (5)	71,9	<i>abc</i>	53,2	<i>cde</i>	21,4	<i>ab</i>	9,2	<i>e..j</i>
Aca 601 (6)	60,5	<i>abcd</i>	40,6	<i>defg</i>	18,1	<i>a..e</i>	5,5	<i>ghij</i>
Mejorpan (7)	56,4	<i>bcd</i>	41,6	<i>defg</i>	14,9	<i>b..f</i>	6,6	<i>f..j</i>
Gavilán (8)	47,7	<i>de</i>	52,2	<i>cde</i>	10,3	<i>d..j</i>	10,8	<i>d..j</i>
Bio 3000 (9)	51,3	<i>cde</i>	31,3	<i>efg</i>	11,2	<i>d..j</i>	2,0	<i>j</i>
Aguará (10)	51,0	<i>cde</i>	40,8	<i>defg</i>	10,2	<i>d..j</i>	10,4	<i>d..j</i>
Bio 1000 (11)	50,6	<i>cde</i>	40,6	<i>defg</i>	10,4	<i>b..h</i>	4,9	<i>hij</i>
Bio 2001 (12)	42,7	<i>defg</i>	46,2	<i>def</i>	11,1	<i>d..j</i>	7,2	<i>f..j</i>
Condor (13)	45,9	<i>def</i>	37,0	<i>defg</i>	12,1	<i>c..i</i>	12,2	<i>c..i</i>
Jabalí (14)	40,4	<i>defg</i>	44,3	<i>defg</i>	6,4	<i>f..j</i>	11,1	<i>d..j</i>
Tauro (15)	43,2	<i>defg</i>	39,9	<i>defg</i>	14,2	<i>b..g</i>	9,3	<i>e..j</i>
Flecha (16)	31,5	<i>efg</i>	21,6	<i>g</i>	7,2	<i>f..j</i>	3,2	<i>ij</i>
Promedio	55,90	<i>a</i>	39,52	<i>b</i>	14,82	<i>a</i>	7,34	<i>b</i>

Tabla 2. Eficiencia de recuperación de N en grano (%) y eficiencia agronómica (kg grano/kg N) de los distintos cultivares durante los años 2005 y 2006. Los cultivares en cursiva no difirieron significativamente entre años. Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan, $\alpha \leq 0.05$).

de recuperación que no difirieron significativamente entre años. Además, las variedades que no tuvieron diferencias significativas en eficiencia agronómica se encuentran incluidas en el grupo que no exhibió diferencias entre años en eficiencia de recuperación (tabla 2) lo que demuestra cierta estabilidad de estos genotipos en diferentes condiciones ambientales. Estos datos aportan la posibilidad de implementar una estrategia de manejo del cultivo basada en la variabilidad genotípica con el fin de mejorar la eficiencia de uso del nutriente. Cultivares más eficientes y que presenten una mayor estabilidad entre ambientes son una herramienta importante al momento de ajustar un planteo de fertilización.

El ajuste entre la eficiencia de recuperación y la diferencia en el número de granos por unidad de superficie entre los tratamientos fertilizados y no fertilizados (ΔNG) fue significativo sólo en el año 2005 ($R^2=0.86$) (fig. 4), seguramente como producto de lo anteriormente mencionado acerca de los efectos de compensación en el año 2006 entre el número y el peso de los granos (fig. 3), lo que ocasionó la menor correlación entre NG y rendimiento (fig. 2).

Calidad industrial

Todos los parámetros alveográficos (W: fuerza panadera, P: tenacidad, L: extensibilidad y P/L: relación tenacidad/extensibilidad) mostraron respuestas significativas por efectos de variedades y años. A su vez, W, L y P/L presentaron

F.V.	W	P	L	P/L
Variedad	34,73 ***	12,31 ***	14,59 ***	9,38 ***
Año	73,35 ***	709,71 ***	235,34 ***	323,56 ***
Tratamiento	281,52 ***	0,60 ns	106,97 ***	45,37 ***
Var x Año	5,12 ***	7,85 ***	4 ***	6,92 ***
Var x Trat	2,94 ***	2,41 **	2,58 ***	4,14 ***
Año x Trat	8,29 **	1,21 ns	0,01 ns	12,14 ***
Var x Año x Trat	2,53 **	1,23 ns	1,31 ns	1,96 *

Tabla 3. Valores de F de los factores de variación considerados para los parámetros alveográficos: fuerza panadera (W), tenacidad (P), extensibilidad (L) y relación P/L.

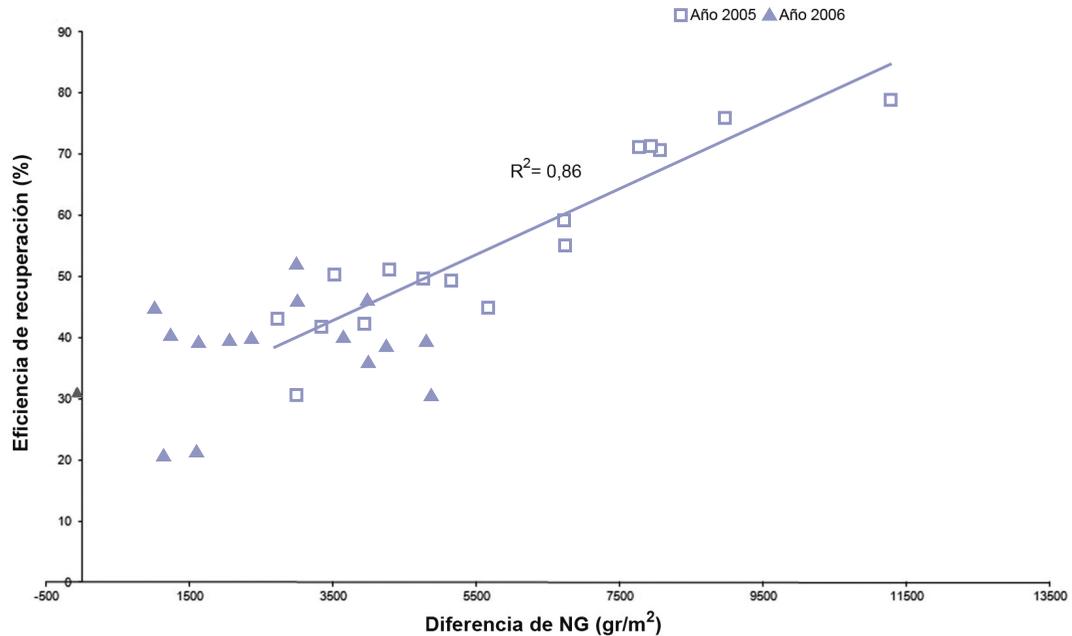


Figura 4. Relación entre eficiencia de recuperación de N en grano (%) y la diferencia en número de granos por unidad de superficie entre los tratamientos fertilizados y no fertilizados (Δ NG, gr/m^2) durante los años 2005 (***) y 2006 (NS).

diferencias significativas entre tratamientos de fertilización. Las diferencias en W y P/L se debieron principalmente a cambios en L (tabla 3).

Los parámetros W y L presentaron valores significativamente mayores en los tratamientos fertilizados en ambos años. En el año 2005 solamente algunas variedades per-

tencientes a los Grupos de Calidad I y II (GC1 y GC2) presentaron mayor W con el agregado de N: K. Castor, B. Mejorpan, Biolnta 3000, Biolnta 1000, R.I. Condor y K. Jabalí. En cambio en el año 2006 en el que W fue mayor que en 2005 para ambos tratamientos, todas las variedades respondieron significativamente a la fertilización con N,

Variedad	W				L				P/L			
	Año 2005		Año 2006		Año 2005		Año 2006		Año 2005		Año 2006	
	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N
Torcaza (GC1)	247,7 w.z[	318,3 n.w	313,3 p.w	367,0 j..s	93,0 f.o	115,0 a.g	72,7 m.s	61,0 p.t	0,83 p.v	0,69 s.v	1,56 f.q	2,22 d.g
Castor (GC2)	190,7 z[	314,0 o.w	292,7 q..x	402,0 g..o	85,7 h.q	124,3 a.e	49,0 stu	76,0 l.s	0,86 p.v	0,62 t.v	3,06 c	1,79 d.l
Capricornio (GC2)	241,3 w.z[	286,3 r.y	220,7 xyz[	371,7 j..r	111,7 b.i	128,7 a.d	59,0 qrst	89,3 g..p	0,64 t.v	0,53 v	1,96 d.k	1,25 j..v
Proteo (GC1)	372,3 j..r	444,0 d.jk	427,3 e.l	590,0 a	114,0 a.h	129,7 abc	76,7 l.s	98,7 e.n	0,8 q.v	0,72 r.v	2,42 cde	1,51 f..r
Aca 304 (GC1)	288,7 r..y	353,7 l.u	391,3 h.p	554,7 ab	103,0 c.l	109,0 c.j	77,0 l.s	106,7 c.k	0,81 q.v	0,7 r.v	1,73 d.n	1,1 l..v
Aca 601 (GC2)	364,3 j..s	417,0 g..n	395,5 g..p	538,0 abc	107,0 c.k	140,7 a	71,5 n.s	100,7 d.m	0,91 o.v	0,57 uv	2,04 d.j	1,33 i..v
Mejorpan (GC1)	378,7 i..q	509,0 b..e	298,5 q..x	505,0 b..e	109,7 c.j	125,0 a.e	61,0 p.t	86,7 g..q	0,92 n.v	0,82 p.v	2,16 d.h	1,78 d.m
Gavilán (GC3)	202,7 yz[	281,3 s..y	184,7 [	347,7 l..v	77,3 l.s	113,7 a.h	30,7 u	58,7 qrst	1,09 l.v	0,65 tuv	4,58 a	2,46 cd
Bio 3000 (GC1)	191,0 z[	387,0 h..p	281,3 s..y	489,7 b.f	56,3 r.t	118,7 a.f	41,7 tu	84,0 i.r	1,48 f..s	0,74 rstuv	3,92 b	1,71 d.o
Aguará (GC3)	186,0 [	268,7 u..z[	272,0 t.z	292,0 q..x	84,0 i.r	119,0 a.f	70,0 o.s	96,7 e..o	0,83 p.v	0,58 uv	1,56 f..q	0,96 n..v
Bio 1000 (GC2)	363,0 j..s	462,3 c..i	260,5 v..z[	444,0 d..k	107,3 c.k	100,7 d.m	72,5 m.s	88,0 g..p	0,96 m..v	1,2 k..v	1,41 h..	1,51 f..s
Bio 2001 (GC1)	286,3 r..y	367,3 j..s	351,7 l.u	515,3 a..d	82,7 j..r	98,0 e..o	61,3 pqrst	103,3 c..l	1,15 k..v	0,92 n..v	2,35 c..e	1,43 g..t
Condor (GC1)	363,7 j..s	470,3 c..h	449,0 d..j	403,7 f..n	79,0 k..r	100,7 d.m	84,0 i..r	73,0 m..s	1,52 f..r	1,16 k..v	1,63 e..p	1,78 d.l
Jabalí (GC1)	316,0 n..w	417,7 f..l	469,3 c..h	478,5 b..g	100,3 d.m	113,0 a.h	98,0 e..o	99,5 e..n	0,92 n..v	0,85 p..v	1,24 j..v	1,23 k..v
Tauro (GC2)	289,3 r..x	358,0 k..t	242,0 w..z[	407,0 f..m	124,7 a.e	139,3 ab	76,0 l.s	100,3 i..m	0,62 tuv	0,58 uv	1,36 h..u	1,18 k..v
Flecha (GC2)	281,7 s..y	326,3 m..w	293,5 q..x	442,7 d..k	125,3 a.e	130,0 abc	59,0 q.t	74,0 m..s	0,61 tuv	0,56 uv	2,12 d..i	2,25 def
Promedio	285,21 d	373,8 b	321,5 c	446,8 a	97,56 b	119,08 a	66,25 d	87,28 c	0,93 c	0,74 d	2,19 a	1,59 b

Tabla 4. Parámetros alveográficos: W (fuerza panadera), L (extensibilidad) y relación P/L de los distintos cultivares para el tratamiento control (T) y el tratamiento fertilizado (N) durante los años 2005 y 2006. Datos en cursiva corresponden a aquellos cultivares que no difirieron significativamente en eficiencia de recuperación entre años. Se indica entre paréntesis el grupo de calidad al que pertenece cada cultivar. Letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$).

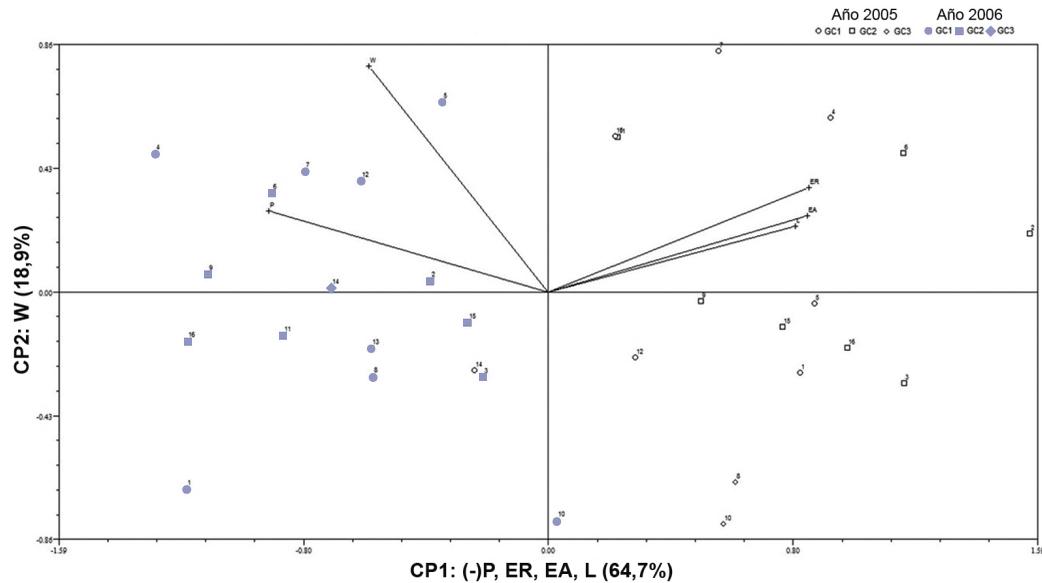


Figura 5. Efecto del año sobre eficiencia de recuperación, eficiencia agronómica y calidad industrial de cultivares de trigo pertenecientes a distintos grupos de calidad (el n.º de cultivar en el gráfico corresponde a la numeración de cultivares de la tabla 2).

a excepción de R.I. Torcaza (GC1), B. Aguará (GC3), R.I. Condor (GC1) y K. Jabalí (GC1) que mostraron elevados valores de W para los tratamientos control en relación al Grupo de Calidad al que pertenecen (tabla 4).

En 2006 las masas fueron siempre menos extensibles (menor L del alveograma) que en 2005, posiblemente debido a que las lluvias en octubre de ese año (fig. 1) provocaron una disminución del N disponible. La variable L fue el parámetro de calidad industrial más asociado a la fertilización con N, coincidiendo con lo reportado por Miceli *et al.* (1992) y Park *et al.* (2006). Es probable que esto se deba a que el aumento en la disponibilidad de N en los granos se asocia directamente con el incremento de la fracción de gliadinas presentes en el gluten, que son las proteínas responsables de conferirle extensibilidad a las masas (Gianibelli *et al.*, 2001).

La tenacidad (P) no difirió entre tratamientos ni en 2005 ni en 2006 (tabla 3). Como resultado, la relación P/L disminuyó con la N fertilización, coincidiendo con lo reportado por Miceli *et al.* (1992) (Tabla 4). Así, las variedades que difirieron significativamente en L coinciden con las diferencias encontradas entre años en eficiencia de recuperación y eficiencia agronómica (tabla 2).

Del ACP que incluyó los parámetros alveográficos y las eficiencias de recuperación y agronómica se obtuvo que la componente principal 1 (CP1) quedó conformada por las variables P (-), ER (+), EA (+) y L (+) explicando el 64,7% de la variabilidad observada, y la componente principal 2 (CP2) por W (+) explicando otro 18,9 % de la variabilidad. El factor "año" presentó mayor capacidad discriminadora para las variables asociadas al CP1, en tanto que el genotipo, asociado al Grupo de Calidad lo hizo para la variable asociada al CP2: W. El parámetro alveográfico L se asoció fuertemente con las eficiencias de recuperación y agronómica que refuerza lo expuesto acerca de los efectos puntuales del N sobre la extensibilidad de las masas (fig. 5).

Los valores de porcentaje de proteínas (%P) y de gluten húmedo (GH) fueron significativamente mayores en los tratamientos con N, y además difirieron entre variedades y años (tabla 5), como lo reportado por García *et al.* (1998, 2000, 2001) y Lerner *et al.* (1998). La elevada correlación entre estas variables es esperable teniendo en cuenta que el 85% de las proteínas del grano de trigo forman gluten (gluteninas y gliadinas) (MacRitchie, 1984).

En el año 2006 se observó un efecto de dilución del contenido de proteínas en granos, como consecuencia del mayor NG. Esto también se vió reflejado en los menores valores de L para este año, ya discutido anteriormente. Sin embargo el factor de variación más importante para %P

F.V.	%P	GH
Variedad	11,44 ***	21,16 ***
Año	57,08 ***	11,62 ***
Tratamiento	1080,58 ***	534,65 ***
Var x Año	6,83 ***	5,08 ***
Var x Trat	2,29 *	1,97 *
Año x Trat	20,31 ***	1,55 ns
Var x Año x Trat	1,70 ns	1,49 ns

Tabla 5. Valores de F de los factores de variación considerados para porcentaje de proteína (%P) y porcentaje de gluten húmedo (GH).

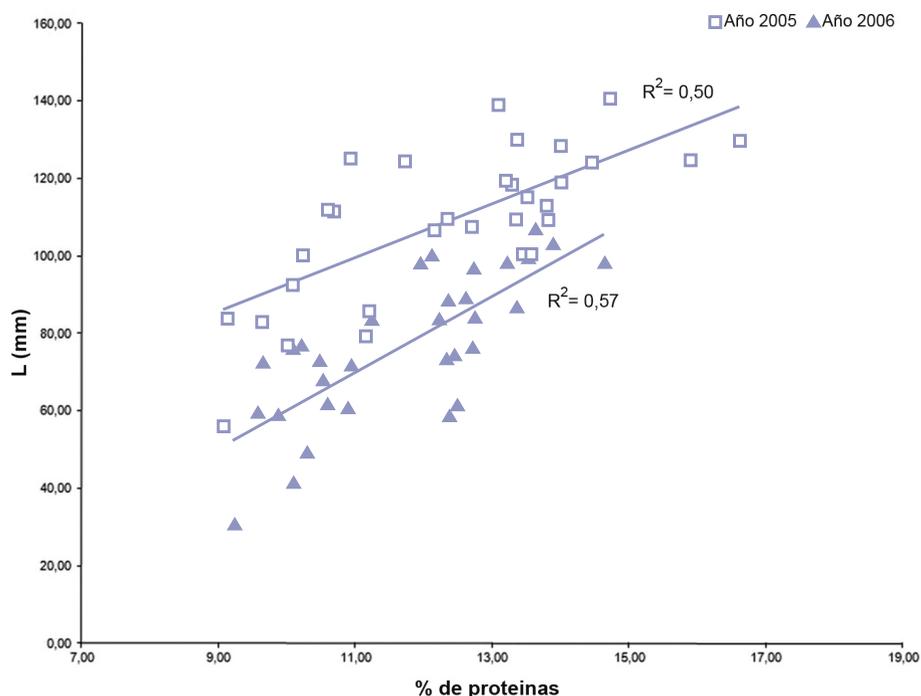


Figura 6. Relación entre extensibilidad (L) y porcentaje de proteínas (%P) durante los años 2005 (***) y 2006 (***)

Variedad	Año 2005				Año 2006			
	T		N		T		N	
Torcaza	10,1	<i>s..z</i>	14,2	<i>b..e</i>	10,5	<i>s..x</i>	12,5	<i>h..n</i>
Castor	11,2	<i>o..s</i>	14,5	<i>bcd</i>	10,3	<i>s..y</i>	12,7	<i>f..n</i>
Capricornio	10,7	<i>r..w</i>	14,0	<i>b..e</i>	9,9	<i>u..z</i>	12,6	<i>g..n</i>
Proteo	13,2	<i>e..l</i>	16,6	<i>a</i>	12,2	<i>j..p</i>	14,6	<i>bc</i>
Aca 304	9,8	<i>u..z</i>	13,3	<i>e..k</i>	10,2	<i>s..z</i>	13,6	<i>b..h</i>
Aca 601	12,2	<i>k..p</i>	14,7	<i>b</i>	10,9	<i>q..u</i>	13,5	<i>c..i</i>
Mejorpan	12,4	<i>i..n</i>	15,9	<i>a</i>	10,9	<i>q..u</i>	13,3	<i>d..k</i>
Gavilán	10,0	<i>t..z</i>	13,8	<i>b..f</i>	9,2	<i>yz</i>	12,4	<i>i..o</i>
Bio 3000	9,1	<i>z</i>	13,3	<i>e..k</i>	10,1	<i>s..z</i>	12,8	<i>f..n</i>
Aguará	9,7	<i>v..z</i>	14,0	<i>b..e</i>	10,8	<i>q..v</i>	12,7	<i>f..n</i>
Bio 1000	10,6	<i>r..x</i>	13,4	<i>d..i</i>	9,6	<i>w..z</i>	12,4	<i>i..o</i>
Bio 2001	9,4	<i>xyz</i>	12,7	<i>f..n</i>	10,6	<i>r..x</i>	13,9	<i>b..f</i>
Condor	11,1	<i>p..t</i>	13,5	<i>c..i</i>	11,2	<i>o..s</i>	12,4	<i>i..o</i>
Jabalí	10,2	<i>s..z</i>	13,8	<i>b..f</i>	11,9	<i>m..q</i>	13,7	<i>b..g</i>
Tauro	11,7	<i>n..r</i>	13,1	<i>e..m</i>	10,1	<i>s..z</i>	12,1	<i>l..p</i>
Flecha	10,9	<i>q..u</i>	13,4	<i>d..j</i>	9,6	<i>w..z</i>	12,4	<i>h..n</i>
Promedio	10,77	<i>c</i>	14,01	<i>a</i>	10,50	<i>d</i>	12,98	<i>b</i>

Tabla 6. Porcentaje de proteínas (%P) de los distintos cultivares para el tratamiento control (T) y el tratamiento fertilizado (N) durante los años 2005 y 2006. Datos en cursiva corresponden a aquellos cultivares que no difirieron significativamente en eficiencia de recuperación entre años. Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan, $\alpha \leq 0.05$).

y GH fue el tratamiento de fertilización (tabla 5). La interacción Variedad x Año fue significativa para las tres variables. Esto se debió probablemente a que el patrón proteico (composición de gliadinas y gluteninas), único para cada variedad, es diferencialmente afectado por el ambiente.

Hubo alta correlación entre %P y L (fig. 6). El %P no explicó la variación en ninguno de los dos años en la tenacidad (P) (correlación no significativa, $\alpha \leq 0.05$) coincidiendo con lo encontrado para el efecto del tratamiento de fertilización (tabla 3).

La asociación encontrada entre la estabilidad de los cultivares indicados en las eficiencias de recuperación y agronómica (tabla 2) y el parámetro alveográfico L (tabla 4), no se correspondió estrictamente con lo observado en porcentaje de proteínas, el que mostró diferencias significativas tanto entre tratamientos como entre años (tabla 6).

CONCLUSIONES

El número de granos, principal componente del rendimiento, explicó gran parte de la variación en eficiencia de recuperación del Nitrógeno. Por lo tanto, variedades con mayor capacidad de particionar biomasa a granos presentaron mayor recuperación del nutriente.

El parámetro de calidad industrial L resultó altamente dependiente del N, por lo que genotipos con alta estabilidad en eficiencia de recuperación y eficiencia agronómica presentaron menor variación en los valores de extensibilidad del alveograma entre años, aún cuando la distribución de las precipitaciones en las campañas consideradas fue muy diferente.

El porcentaje de proteínas en grano *per se* no fue el único factor determinante de los parámetros de calidad industrial analizados, que a su vez dependen de la composición de las proteínas del gluten y de la relación genotipo-ambiente.

Los resultados encontrados aportan conocimientos sobre la variabilidad genotípica de numerosas variedades de trigo argentinas con respecto a la eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado y su relación con la calidad industrial.

No se tuvo en cuenta en este trabajo el nutriente recuperado no translocado a grano, motivo de una próxima publicación.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Daniel Pérez, por su apoyo en el trabajo de laboratorio; al Dr. W.J.Rogers por su permanente aliento, y a la Universidad Nacional del Centro por el aporte parcial de financiamiento para la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

ABBATE, P.E.; LÁZARO, L.; GUTHEIM, F.; BARIFFI, J.H. 2007. Nitrogen and phosphorus grain concentration and use efficiency in wheat. I Conferencia Latinoamericana ICC 2007. 23 al 26 de septiembre. Rosario. AR.

ALZUETA, I.; ABELEDO, L.G.; MIRALLES, D.J. 2008. Impacto de la fertilización nitrogenada y el momento de aplicación sobre la

calidad comercial y reológica en trigo pan (*Triticum aestivum* L.). VII Congreso Nacional de Trigo, C9.

ASSENG, S.; TURNER, N.C.; KEATING, B.A. 2001. Analysis of water- and nitrogen-use efficiency of wheat in a Mediterranean climate. *Plant and Soil*, 233: 127-143.

BARRACLOUGH, P.B.; HOWARTHA, J.R.; JONESA, J.; LOPEZ-BELLIDO, R.; PARMARA, S.; SHEPHERDA, C.E.; HAWKES-FORDA, M.J. 2010. Nitrogen efficiency of wheat: Genotypic and environmental variation and prospects for improvement. *Europ. J. Agronomy*, 33:1-11.

BOLETÍN AGROMETEOROLÓGICO, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro de la Pcia. de Buenos Aires. 2005, 2006.

CAMPBELL, C.A.; CAMERON, D.R.; NICHOLAICHUK, W.; DAVIDSON, H.R. 1977. Effect of fertilizer N and soil moisture on growth, N content, and moisture use by spring wheat. *Can. J. Soil Sci.*, 57: 289-310.

CLARKE, J.M.; CAMPBELL, C.A.; CUTFORTH, H.W.; DE-PAUW, R.M.; WILKLEMAN, G.E. 1990. Nitrogen and phosphorus uptake, translocation, and utilization efficiency of wheat in relation to environment and cultivar yield and protein levels. *Can. J. Plant Sci.*, 70: 965-977.

CRASWELL, E.T.; GODWIN, D.C. 1984. The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals in different climates. *Advances in plant nutrition*, 1: 1-55.

DUPONT, F.M.; HURKMAN, W.J.; VENSEL, W.H.; TANAKA, C.; KOTHARI, K. M.; CHUNG, O.K.; ALTENBACH, S.B. 2006. Protein accumulation and composition in wheat grains: Effects of mineral nutrients and high temperature. *Europ. J. Agronomy*, 25: 96-107.

FUERTES-MENDIZÁBAL, T.; AIZPURUA, A.; GONZÁLEZ-MORO, M.B.; ESTAVILLO, J.M. 2010. Improving wheat bread-making quality by splitting the N fertilizer rate. *Europ. J. Agronomy*, 33: 52-61.

FUERTES-MENDIZÁBAL, T.; GONZÁLEZ-MURUA, C.; GONZÁLEZ-MORO, M.B.; ESTAVILLO, J.M. 2012. Late nitrogen fertilization affects nitrogen remobilization in wheat. *J. Plant Nutr. Soil Sci*, 175: 115-124.

GARCIA, R.; ANNONE, J.G.; MUSTAFÁ, G.; PANZIRAGHY, N.; PÁEZ, A. 1998. Efecto de la época de aplicación de nitrógeno sobre el rendimiento y calidad del trigo. IV Congreso Nacional de Trigo. Mar del Plata 11-13/11. 3-36.

GARCÍA, F.O.; FABRIZZI, K.P.; BERARDO, A.; JUSTEL, F. 1998. Fertilización nitrogenada del trigo en el sudeste bonaerense: respuesta, fuentes y momentos de aplicación. *Actas XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Carlos Paz, 4 al 7 de mayo de 1998: 109-110.

GARCIA, R.; ANNONE, J.G.; MAC MANEY, M. 2000. El valor relativo de la variedad y de otros parámetros de calidad como guía para el acopio diferenciado de trigo para usos específicos. *Revista de Tecnología*.

GARCIA, R.; ANNONE, J.G.; MARTÍN, A.J.; MAC MANEY, M.; REGIS, S. 2001. Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento y distintos parámetros de calidad industrial de distintas variedades de trigo pan (*Triticum aestivum* L.). V Congreso Nacional de Trigo, Septiembre de 2001, Córdoba, AR.

GAUER, L.E.; GRANT, C.A.; GEHL, D.T.; BAILEY, L.D. 1992. Effects of nitrogen fertilization on grain protein content, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency of six spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars, in relation to estimated moisture supply. *Can. J. Plant Sci.*, 72: 235-241.

GIANIBELLI, M.C.; LARROQUE, O.R.; MACRITCHIE, F.; WRIGLEY, C.W. 2001. Biochemical, Genetic, and molecular characterization of wheat endosperm proteins. *Cereal Chemistry*, 78: 635, 646.

- GUARDA, G.; PANDOVAN, S.; DELOGU, G. 2003. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *European Journal of Agronomy*, 21: 181-192.
- ICC. 1992. Standard methods of the International association for Cereal Chemistry. The Association, Vienna, Austria.
- JOHANSSON, E.; PRIETO-LINDE, M.L.; JÖNSSON, J.Ö. 2001. Effects of Wheat Cultivar and Nitrogen Application on Storage Protein Composition and Breadmaking Quality. *Cereal Chem.*, 78: 19-25.
- KICHEY, T.; HIREL, B.; HEUMEZ, E.; DUBOIS, F.; LE GOUIS, J. 2007. In winter wheat (*Triticum aestivum* L.), post-anthesis nitrogen uptake and remobilization to the grain correlates with agronomic trait and nitrogen physiological markers. *Field Crops Research*, 102: 22-32.
- LABUSCHAGNE, M.T.; MEINTJES, G.; GROENWALD, F.P.C. 2006. The influence of different nitrogen treatments on the size distribution of protein fractions in hard and soft wheat. *Journal of Cereal Science*, 43: 315-321.
- LE GOUIS, J.; BÉGHIN, D.; HEUMEZ, E.; PLUCHARD, P. 2000. Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen utilisation efficiencies in winter wheat. *European Journal of Agronomy*, 12: 163-173.
- LERNER, S.E.; ADRIEL, M.R.; PONZIO, N.R.; ROGERS, W.J. 1998. Rol de la relación N/S sobre el rendimiento y algunos parámetros de calidad de trigo pan. IV Congreso Nacional de Trigo. Mar del Plata 11, 12 y 13 de Noviembre. 3-32.
- LÓPEZ- BELLIDO, L.; LÓPEZ-BELLIDO, R.J.; REDONDO R. 2004. Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. *Field Crops Research*, 94:86-97.
- MACRITCHIE, F. 1984. Baking Quality of Wheat Flours. *Advances in Food Research*. Chichester C. O. 29: 201-272.
- MICELI, F.; MARTIN, M.; ZERBI, G. 1992. Yield, quality and nitrogen efficiency in winter wheat fertilized with increasing N levels at different times. *Journal Agronomy and Crop Science*, 168: 337-344.
- NOVOA, R.; LOOMIS, R.S. 1981. Nitrogen and plant production. *Plant and Soil*, 58, 1-3: 177-204.
- ORTIZ-MONASTERIO, J.I.; MANSKE, G.G.B.; VAN GINKEL, M. 2001. Nitrogen and Phosphorus Use Efficiency. Reynolds, M.P., Ortiz-Monasterio J. I., and McNab A. (eds.). *Application of Physiology in Wheat Breeding*. México, D.F.: CIMMYT, 200-207.
- PARK, S.H.; BEAN, S.R.; CHUNG, O.K.; SEIB, P.A. 2006. Levels of protein and protein composition in hard winter wheat flours and the relationship to breadmaking. *Cereal Chemistry*, 83: 418-423.
- PECHANEK, U.; KARGER, A.; GRÖGER, S.; CHARVAT, B.; SCHÖGGL, G.; LELLEY, T. 1997. Effect of Nitrogen Fertilization on Quantity of Flour Protein Components, Dough Properties, and Breadmaking Quality of Wheat. *Cereal Chem.*, 74: 800-805.
- PINILLA QUEZADA, H.; HERRERA FLOODY, L.E. 2008. Efecto de la fertilización nitrogenada tardía en aspectos de calidad panadera en trigo (*Triticum aestivum* L.). *IDESIA N.º 1*, 26: 77-81.
- RON, M. M.; LOEWY, Y. 2000. Modelo de fertilización nitrogenada y fosforada para trigo en el sudoeste bonaerense, Argentina. *Ciencia del Suelo*, 18: 44-49.
- VAN SANFORD, D.A.; MACKOWN, C.T. 1987. Cultivar differences in nitrogen remobilization during grain fill in soft red winter wheat. *Crop Science*, 27: 295-300.

Inventario de metano entérico de los sistemas de producción de carne para San Luis en el año 2009

GUZMAN, M.L.¹; SAGER, R.L.²

RESUMEN

La contaminación y el recalentamiento del planeta es un tema que tiene gran repercusión social, abordándose la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) desde distintos ángulos. Tal es el caso de la ganadería sector, que si bien contribuye al calentamiento global, también puede contribuir a mitigar el efecto de estos gases, a partir de la reducción de la huella de carbono de sus productos. Argentina integra la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Ley N.º 24.295), a partir de la firma del Protocolo de Kyoto, (Ley N.º 25.438) en la que asumió la responsabilidad de reducir los GEI, entre otros compromisos asumidos. Los últimos informes presentados a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) muestran que las emisiones del sector agropecuario argentino representan aproximadamente el 50% del total de los GEI, del cual más del 35% corresponde a metano, casi exclusivamente producto de la fermentación entérica del ganado vacuno. No obstante, al realizar un análisis crítico de dichos inventarios, se considera apropiado la mejora en los datos de fuentes base, integrándola no sólo con las categorías animal, sino también con los sistemas de producción y ofertas forrajeras, evitando el uso de factores por defecto propuestos por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). En este contexto, los objetivos del presente trabajo fueron obtener mejor calidad de los datos de la actividad ganadera involucrados en la elaboración de los Inventarios Nacionales. Para ello, se estimó la emisión de metano por fermentación entérica a través de una caracterización detallada de los sistemas de carne de San Luis. Mediante la metodología Nivel 2 del IPCC, la emisión de CH₄ entérico proveniente de los sistemas de producción de carne de la provincia para el año 2009 fue de 2.128,82 Gg CO₂eq. (gigagramos de dióxido de carbono equivalente). Si bien el aporte a la emisión total es bajo, a la provincia le significa un costo social de 13,04 Kg CO₂eq./kg carne, agravándose con la tendencia de los últimos años del aumento de stock ganadero. En base a esto, surge la necesidad de cambios estratégicos en los sistemas de producción, que transformen la cadena de la carne de la provincia sustentable en lo ambiental, social y económico.

Palabras clave: Metano entérico, producción bovina, San Luis.

ABSTRACT

Pollution and global warming is an issue that has great social impact, addressing the emission of Green-House Gases (GHG) from different angles, as in the case of the livestock sector while contributing to global

¹CONICET y Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales (UNSL), Villa Mercedes.

Correo electrónico: mlguzman@fices.unsl.edu.ar

²EEA San Luis. CC 17, 5730. Villa Mercedes, San Luis. Correo electrónico: rsager@correo.inta.gob.ar

warming may also help mitigate the effect of these gases, reducing the carbon footprint of their products. Argentina integral Nations Framework Convention on Climate Change (Law No. 24.295), with the signing of the Kyoto Protocol (Law No. 25.438) assumed the responsibility for reducing GHG emissions, among other obligations. The latest reports to the Convention United Nations Framework on Climate Change (UNFCCC), show that emissions from the Argentine agricultural sector represent approximately 50% of total GHGs, which more than 35% is methane, almost exclusively the product of enteric fermentation in cattle. However, a critical analysis of such inventories, it is appropriate to improve in the source data base, integrating not only the animal categories, but also with production systems and offers fodder, avoiding the use of default factors proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). In this context, the objectives of this study were to obtain better data quality of the livestock involved in the preparation of national inventories, thus, estimated enteric methane emissions, through a detailed characterization of systems for beef and San Luis. Using the IPCC Tier II methodology, the emission of CH₄ from enteric systems of beef production in the province for 2009 was 2.128,82 Gg CO₂eq. (Gg carbon dioxide equivalent). While the contribution to the total emission is low, the province will mean a social cost of 13,04 kg CO₂eq./kg meat, aggravated by the trend of recent years the increase in cattle stock. On this basis, the need for strategic changes in production systems, turning the meat chain in the province that is environmentally sustainable, socially and economically.

Keywords: Enteric methane, beef production, San Luis.

INTRODUCCIÓN

En 1997 se aprobó el texto del Protocolo de Kyoto (PK) en el que se establecieron los límites para los distintos gases de efecto invernadero, así como el compromiso de los países desarrollados y otros (incluyendo el nuestro) a evaluar y cuantificar las concentraciones de estos gases, como también, a desarrollar técnicas para reducirlos. Siguiendo las directrices que propone el IPCC, los datos se plasman en los "Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero" con el fin de controlar las emisiones de gases de manera consistente y comparable. La Segunda Comunicación Nacional de GEI con base al año 2000 presentado

por el gobierno de la República Argentina a la CMNUCC resultó en 238.702,89 Gg CO₂eq., incluyendo el sector de Cambio en el Uso del Suelo y Silvicultura (CUSS), evidenciando que el 35,79% (85.433,43 Gg CO₂eq.) correspondió a metano (CH₄) total, a partir del cual el 69,68% lo originó el sector agropecuario, principalmente por fermentación entérica (59.525,55 Gg CO₂eq.). Sin embargo, debido a las incertidumbres encontradas en insumos como digestibilidad de la dieta, sistemas de producción y estadísticas de existencias ganaderas, los autores del inventario citaron una incertidumbre del orden al 25% (Grupo UNICEN, 2006). En comparación con los valores mundiales, la Ar-

Año 2000	CO ₂ (1)	CH ₄	NO _x	HFCs	PFCs	S ₆ F	Total
Energía	118.712,02	12.240,46	1.008,46				131.960,94
Procesos Industriales	9.611,85	26,99	145,36	947,48	326,10	49,93	11.107,71
Agricultura Ganadería		59.533,22	65.386,17				124.919,39
CUSS	-43.940,88	583,78	59,25				-43.297,85
Desechos		13.048,98	963,74				14.012,72
T. Netos (1)	94.389,99	85.433,83	67.562,97	947,48	326,10	49,93	238.702,89

Tabla 1. Emisiones de gases de efecto invernadero de argentina en Gg CO₂ eq. discriminada por gas y categoría de fuente. Fundación Bariloche. (2005)

Donde:

CUSS: Cambio en Uso de Suelo y Silvicultura. CO₂: Dióxido de Carbono. CH₄: Metano. Nox: Óxidos de Nitrógeno. HFCs: Hidrofluorocarbonos. PFCs: Perfluorocarbonos. S₆F: Hexafluoruro de Azufre

(1) Para emisiones de CO₂ correspondientes a CUSS se reportan las Emisiones Netas. Para los propósitos del informe los signos para capturas son negativos (-) y para emisiones positivos (+)

gentina participa en menos del 1% de los gases totales, sin embargo, en más de un 3% en lo que se refiere a CH₄ entérico. Este aporte relevante del sector agropecuario en las emisiones de GEI refleja el perfil productivo del país (Berra *et al.*, 2000). La tabla I, sintetiza discriminado por gas y categorías de fuentes, las emisiones de los GEI de Argentina informadas en la 2.^a Comunicación Nacional base año 2000 correspondiente al Inventario Nacional. (Fundación Bariloche, 2005).

En concordancia con el gobierno Nacional (Ley Nacional 24.295 y Ley Nacional 25.438), la provincia de San Luis adhirió al "Programa de Protocolo de Kyoto" con el fin de instrumentar políticas que contribuyan a la captura de los GEI (Decreto N.º 6314-MLyRI).

El metano es un potente gas con efecto invernadero que presenta un potencial de calentamiento de la tierra aproximadamente 21 veces superior al del CO₂ (Moss *et al.*, 2000). Las actividades agropecuarias contribuyen a la emisión de GEI, siendo los rumiantes quienes aportan naturalmente a la acumulación de metano, a través de la fermentación ruminal y descomposición anaeróbica de sus heces (Smith *et al.*, 2007; Lassey, 2008). Las características de la dieta tienen un gran efecto en la producción de gas metano a nivel global, de ahí que países con pocas limitaciones alimentarias para sus ganados, reportan datos de menores emisiones de gas metano y mayores eficiencias energéticas (Kinsman *et al.*, 1995).

En el tomo III del Inventario Nacional de la República Argentina del año 2000 se informan las emisiones correspondientes a ganadería. Al analizar el perfil de los tres principales GEI (CO₂, CH₄ y N₂O) se observa que la ganadería aporta el 45,5%, 30,1% y 23,9% respectivamente. Comparado con países desarrollados (70% para CO₂ y 15% para cada uno de los gases restantes), explica la importancia del sector ganadero en Argentina y el elevado consumo de combustibles fósiles de los otros países, presentando similar particularidad la estructura productiva de San Luis definida por la elevada participación de la producción secundaria en el Producto Bruto Geográfico (52,6%), que es un 30% superior que el resto del país (Manazza e Iglesias, 2008). El impacto de las políticas provinciales de promoción al Sector Industrial, explica dicho comportamiento, sin embargo, el stock ganadero del 2009 registró un crecimiento del 6,8% respecto al año anterior, mientras que la Argentina indicó una disminución del 5,5% (RIAN-SENASA, 2009).

En conocimiento del avance de la ganadería en los últimos años en la provincia, producto de los nuevos escenarios económicos y productivos, la alta vulnerabilidad de la región y la necesidad de plantear ciertas modificaciones para tratar de mejorar la calidad de los futuros "Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero", plantearon el objetivo de calcular las emisiones de CH₄ emitido en 2009 por la provincia de San Luis y su incidencia por animal y peso vivo producido, de la manera más transparente y precisa posible, usando toda la información disponible y en base a la metodología propuesta por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la población y producción bovina de la provincia de San Luis. Año 2009

La cantidad y clasificación de animales es necesaria porque la metodología consiste en multiplicar el número de animales por el factor de emisión de CH₄ que difiere en función de la categoría y condiciones del sistema. La producción de carne de la provincia se divide en regiones ganaderas (Región I, II, III y IV), siendo las principales actividades cría e invernada (Frasinelli *et al.*, 2003). En las directivas del IPCC la categoría de ternero lactante no genera emisiones por fermentación entérica, razón por la cual no se tendrán en cuenta en este cálculo, considerando terneros/as, novillitos, novillos, vaquillonas, vacas y toros. Los valores del stock 2009 del ganado bovino se obtuvieron del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) con datos aportados por la Red de Información Nacional Agropecuaria (RIAN-SENASA, 2009).

Emisión de Metano:

Las emisiones de metano total se obtienen a partir de la sumatoria de cada categoría a partir del producto del número de animales por un Factor de Emisión (FE) apropiado (Ecuación 1). La diferencia en el procedimiento de la estimación del FE determina la metodología de cálculo (Nivel 1, Nivel 2 o Nivel 3) de acuerdo a las recomendaciones del IPCC (2006).

Ecuación 1

$$\text{Emisión de CH}_4 = \text{FE} \times \text{N.º animales}$$

Donde:

Emisión de CH₄, kg CH₄ /año.

FE: Factor de emisión, Kg CH₄/cabeza/año.

A los efectos de conocer la evolución de las emisiones de CH₄, fermentación entérica procedente de bovinos de la de Argentina y la provincia de San Luis, desde 1993 hasta el 2009, se utilizó el método simple (Nivel 1) recomendado por el IPCC. Se basa en el uso de factores por defecto obtenidos de distintos estudios, siendo el valor del FE asignado para América Latina de 56 kg CH₄/cabeza/año.

En función a la importancia relativa del ganado bovino en la Argentina en cuanto a las emisiones totales, se seleccionó el método más complejo (Nivel 2) para estimar la emisión de metano entérico de la provincia de San Luis correspondiente al año 2009. Para el proceso del cálculo, las Directrices del IPCC recomiendan el uso de datos detallados y específicos sobre las necesidades de energía, la ingestión de alimentos y las tasas de conversión del metano aplicables a determinados tipos de alimentos para calcular los factores de emisión correspondientes a cada categoría. En este trabajo, para el proceso de cálculo como variables y como factores, se utilizaron valores representativos de cada región ganadera. En la tabla II se especifican los datos de base, considerando valores

	Vaca	Novillitos	Novillo	Vaquillona	Toro
Peso en Pie (Kg)	400	250	300	270	550
Aumento Peso (Kg/día)	0	0.7	0.5	0.3	0
P. Metaból. (Kg,0,75)	89.44	62.87	72.08	66.6	113.57
Peso final (Kg)	420	300	400	400	650
Leche (Kg/día)	3				
Grasa (%)	3.5				
Digestib. (%)	55	68	65	65	55

Tabla 2. Parámetros del animal y alimentos característicos de San Luis.
Elaboración propia en base a Directrices IPCC (2006)

Energía Neta de Mantenimiento	$ENm = Cfi \cdot (\text{Peso})^{0,75}$
Energía Neta para la Actividad	$ENa = Ca \cdot ENm$
Energía Neta para Crecimiento	$ENc = 22,02 \cdot (PP/(Cs \cdot PA))^{0,75} \cdot (AP)^{1,097}$
Energía Neta para Lactancia	$ENl = \text{Kg. leche/ día} \cdot (1,47 + 0,40 \cdot \text{Grasa})$
Energía Neta para Preñez	$ENp = Cpreñez \cdot ENm$
Relación entre la energía neta disponible	$REM = 1,123 - (4,092 \cdot 10^{-3} \cdot ED) + [1,126 \cdot 10^{-5} \cdot (ED)^2] - (25,4/ED)$
Relación entre la energía neta disponible	$REG = 1,164 - (5,160 \cdot 10^{-3} \cdot ED) + (1,308 \cdot 10^{-5} \cdot (ED)^2) - (37,4/ED)$

Tabla 3. Resumen de ecuaciones utilizadas para calcular Energía Bruta (EB).
Directrices IPCC (2006)

	Vaca	Novillitos	Novillo	Vaquillona	Toro
Cfi	0,34	0,32	0,32	0,32	0,37
Ca	0,36	0,17	0,36	0,36	0,36
Cs	0,80	1,00	1,00	0,80	1,20
Cp	0,10			0,10	

Tabla 4. Coeficientes utilizados para cálculos de Energías Netas.
NRC (1996)

Donde:

Cfi: coeficiente para el cálculo de ENm, varía para cada categoría de animales.

Ca: coeficientes de actividad, correspondiente a las condiciones de alimentación del animal.

Cs: coeficiente sexo.

Cp: coeficiente de preñez.

medios para el cálculo de las emisiones obtenidos como la media aritmética de los valores registrados en la bibliografía referenciada.

A partir de los coeficientes y ecuaciones de cálculo establecidos por National Research Council (NRC, 1996), se determinó la Energía Bruta consumida.

En la tabla III se expone un resumen de las ecuaciones utilizadas para el cálculo de la EB y los coeficientes empleados para el cálculo de las distintas energías netas en tabla IV.

Cuando se aplica el método de Nivel 2, los FE se estiman sobre la base de la ingesta de energía bruta y el factor de conversión a metano (Ym). Este es difícil de determinar *in vivo*, y un factor principal para el cálculo de las emisiones de cada categoría, estableciendo las guías del IPCC rangos de Ym basados principalmente en las digestibilidades de raciones con insumos del hemisferio norte, razón por la cual se calculó (Ecuación 2), con la fórmula de Cambra-López (2008), determinada en base a regresiones tanto lineales como polinómicas de trabajos publicados que aportaban datos sobre digestibilidad y producción de CH₄.

Ecuación 2

$$Ym = -0.0038 * ED^2 + 0.3501 * ED - 0.8111$$

Donde:

Ym: Factor de conversión de CH₄, expresado como la fracción de la EB del alimento que se transforma en CH₄.

ED: Digestibilidad del alimento expresada como porcentaje, %.

Los factores de emisión se calculan a partir de la Ecuación 3, en función de la EB y factor de conversión a metano (Ecuación 2).

Ecuación 3

$$\text{Factor de Emisión} = \text{Consumo de EB} * Ym * 365 / 55,65$$

Donde:

Emisión de CH₄, kg/año

EB: Energía bruta, en MJ/día

Ym: Factor de conversión de la EB consumida en CH₄

RESULTADOS

En el tabla V se muestra la evolución de metano entérico de la Argentina y San Luis. A través del método de

Nivel 1 se observa que en los últimos años esa provincia ha aumentado la emisión representada por un porcentaje superior al 3% en relación a los valores de 2-2,5% para la década del 90.

En la provincia de San Luis, la emisión de CH₄ producto de fermentación entérica de bovinos no lecheros para el año 2009, utilizando la metodología Nivel 2, propuesta por las Directrices del IPCC, fue de 101,37 Gg CH₄ (2.128,82 Gg CO₂ eq = 0,580 MTCE). En la tabla VI se detallan los resultados de las emisiones estratificada por departamentos, expresada como el gas original y sus equivalencias.

La emisión de metano de fermentación entérica para cada categoría de ganado, energía bruta, factor de conversión a metano y factor de emisión correspondiente a la población bovina promedio de la Provincia de San Luis para el año 2009 se detallan en la tabla VIII:

DISCUSIÓN

La caracterización básica para el Nivel 1 permite comparar las proyecciones de las emisiones de metano entérico, entre la Argentina y San Luis (tabla V). Si bien la tendencia fue similar, comportándose como líneas paralelas en el tiempo, en los últimos años se observa una brecha menor

Emisión de CH ₄ entérico en Gigagramo de CO ₂ equivalentes								
	1.993	1.995	1.997	1.999	2.001	2003*	2005*	2007*
Argentina	61.922	61.915	58.869	57.691	57.449	67.326	68.721	70.227
San Luis	1.355	1.425	1.334	1.272	1.427	1.985	1.888	2.130

Tabla 5. Evolución de las emisiones de metano de origen entérico para la Argentina y para la provincia de San Luis de acuerdo a los lineamientos del "Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático", Nivel 1.

Departamento	GgCH ₄ /año	Gg CO ₂ eq	MTCE
Ayacucho	6,12	128,42	0,04
Belgrano	5,33	111,86	0,03
Chacabuco	6,44	135,23	0,04
Coronel Pringles	8,10	170,08	0,05
General Pedernera	26,14	548,95	0,15
Gobernador Dupuy	32,37	679,75	0,19
Junín	2,71	56,89	0,02
Capital	10,33	216,89	0,06
San Martín	3,85	80,75	0,02
Total San Luis	101,37	2128,82	0,58

Tabla 6. Emisiones de CH₄ procedentes de la fermentación entérica estratificada por departamentos expresados como gas original y sus equivalencias. San Luis, 2009.

Elaboración propia en base a Directrices IPCC (2006) y RIAN-SENASA (2009)

	EB MJ/día	Ym %	FE - Kg. CH ₄ /cab/año	Emisión Gg CH ₄ /año	Emisión Gg CO ₂ /año
Vaca	196,70	6,52	89,70	70,75	1485,65
Novillitos	124,80	5,42	44,40	6,09	127,93
Novillo	134,86	5,89	52,10	9,51	199,62
Vaquillona	112,19	5,89	43,34	10,51	220,51
Toro	219,10	6,52	99,91	4,53	95,10

Tabla 7. Emisión de metano entérico discriminado por categoría correspondiente a San Luis en el año 2009. Elaboración propia en base a Directrices IPCC (2006) y RIAN-SENASA (2009)

entre ambas, producto de la dinámica del stock ganadero con tendencia decreciente en el país y creciente en la provincia a consecuencia del avance de la ganadería hacia zonas semiáridas, que afecta significativamente la cadena de la carne bovina de la provincia.

En concordancia con lo antes dicho, se muestra en la tabla en la tabla VI como la existencia de bovinos que determinan el nivel de emisiones de metano aún en el Nivel 2. Los valores obtenidos mediante ese procedimiento fueron menores en un 7,5% en relación con lo estimado a partir del procedimiento Nivel 1 (2.128,82 vs 2289,40 Gg CO₂eq). Al realizar un estudio más crítico, de acuerdo a la caracterización por regiones ganaderas y tipo de actividad bovina desarrollada, la producción de metano es inferior en la actividad de invernada. Esto se observa al comparar el departamentos de Dupuy, que concentra su rodeo en la actividad cría y recría, y el de Pedernera, que presenta un perfil ganadero invernador dado por la mayor relación novillo+novillito/vaca (Manazza e Iglesias, 2008). Desde el punto de vista de la eficiencia en la producción de carne, la categoría “novillitos” es la menos contaminante, porque genera 0,134 Kg CH₄ emitido/Kg de incremento en PV, representado sólo el 21% de lo que genera la “vaquillona” (0.636 Kg CH₄ emitido/Kg de incremento en PV).

Las emisiones de CH₄ producidas por el Sector Ganadero se deben declarar en los inventarios en Gigagramos (Gg = mil toneladas) de metano, sin embargo, a los efectos de comparaciones de origen, se expresan también en millones de toneladas de carbono equivalente (MTCE) o Gg de CO₂ equivalente, debido a que el gas de referencia es el dióxido de carbono con 1 de potencial de calentamiento y 21 para metano (tabla VI).

Los valores de digestibilidades medias de 55%, 65% y 68% determinaron los factores Ym de 0,0652; 0,05890 y 0,05424, respectivamente, lo que afectó el FE en las distintas categorías como se muestran en tabla VIII. Los valores se extienden desde 43,3 Kg CH₄/año (vaquillonas) hasta 99,9 Kg CH₄/año (toros), generando un factor de emisión promedio para 1.400.000 cabezas de 65,89 Kg CH₄/año. Este FE promedio es 21,4% superior al estimado para Argentina en la confección del Inventario Nacional 2000 (FE 51,78 Kg CH₄/año promedio), y un 15% al valor por defecto

del IPCC (56 Kg CH₄/año). En la categoría animal, la mayor emisión corresponde a “vaca”, directamente relacionada con el elevado FE producto de la dieta que consumen. Además, se evidencia el peso de la cantidad de animales en las emisiones al compararlo con el resultado de toros.

CONCLUSIÓN

Con la elaboración del presente inventario se pretende identificar los factores de contribución a la emisión de CH₄ entérico que permitan planificar estrategias que ayuden a la mitigación de los impactos generados ante el cambio climático global. La diferencia en los resultados para el mismo año en San Luis fue consecuencia del uso de parámetros propios de la provincia, tanto en la cantidad y categoría de animales, como en los de calidad de dietas que modifican significativamente los factores de emisión. La distribución regional de producción de metano está directamente asociada al sistema ganadero predominante y a la calidad de la oferta forrajera. La valoración de la incertidumbre es sólo estimativa en base a la documentación descrita por el IPCC sobre la Orientación de las Buenas Prácticas y la Gestión de la Incertidumbre en los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. El nivel de incertidumbre de los datos es variable en lo referente al valor de energía convertida en metano por considerarse, tanto la asociada con la aplicación de valores por defecto y las asociadas con los datos de actividad que al combinarlas determinan la incertidumbre total del inventario menor al 25% establecido en la “Segunda Comunicación Nacional del Gobierno de la República Argentina a las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático” lo que permite desarrollar estrategias para producir las debidas respuestas en adaptación y mitigación.

BIBLIOGRAFÍA

BERRA, G.; FINSTER, L.; CASTUMA, E.; MALDONADO, V. 2000. Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente. Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental: Reducción y Opciones de Mitigación de Emisiones de Metano provenientes del Ganado Bovino. http://www.medioambiente.gov.ar/.../File/reduccion_de_metano_en_bovinos.pdf, (Verificado: 13 de diciembre de 2010)

- CAMBRA-LÓPEZ, M.; GARCÍA REBOLLAR, P.; ESTELLÉS F.; TORRES, A. 2008. Estimación de las Emisiones de los Rumiantes en España: el Factor de Conversión de Metano. Archivos de zootecnia vol. 57(R), p. 89.-101.
- DECRETO N.º 6314-MlyRI-2005. <http://ministerios.sanluis.gov.ar/canal.asp?idCanal=8170>, (Verificado: 13 de diciembre de 2010)
- FRASINELLI, C.; VENECIANO, J.; BELGRANO-RAWSON, A.; FRIGERIO, K. 2003: Sistemas Extensivos de Producción Bovino: Productividad y Rentabilidad. Con las Metas Claras. INTA, EEA San Luis. Cap. 8: p 141-158. Villa Mercedes, S L, Argentina.
- FUNDACIÓN BARILOCHE. 2005. Inventario Nacional de la Republica Argentina, de fuentes de emisiones y absorciones de Gases de Efecto Invernadero, no controlados por el protocolo de Montreal. Inventario correspondiente al año 2000 y revisión de los inventarios 1990, 1994 y 1997. Informe Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la República Argentina (2000) http://aplicaciones.medioambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/inventario_gases.pdf, (Verificado: 13 de diciembre de 2010)
- GRUPO UNICEN. 2006. Mitigación de Emisiones a través de la Reducción de las Emisiones de Metano Entérico. Informe Final. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Argentina.
- IPCC, GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. 2006. Directrices del IPCC para el 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, vol4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Cap. 10. http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf, (Verificado: 13 de diciembre de 2010).
- KINSMAN, R.; SAUER, F.; JACKSON, H.; WOLYNETZ, M. 1995. Methane and carbon dioxide emissions from dairy cows in full lactation monitored over a six month period. J. Dairy Sci. 78: 2760-2766
- LASSEY, K. 2008. Livestock methane emission and its perspective in the global methane cycle. Australian Journal of Experimental Agriculture, v.48, p.114-118.
- LEY NACIONAL 24.295, Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Buenos Aires - 07/12/1993 - BOLETIN OFICIAL - 11/01/1994. <http://www2.medioambiente.gov.ar/mlegal/tratados/ley24295.htm>, (Verificado: 13 de diciembre de 2010)
- LEY NACIONAL 25.438, Apruébase el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, adoptado en Kyoto - Japón. Sancionada: Junio 20 de 2001. Promulgada de Hecho: Julio 13 de 2001. <http://www.ambiente.bioetica.org/normas/25438.htm>, 13/12/10
- MANAZZA, F.; IGLESIAS, D. 2008. Caracterización de la cadena Agroalimentaria de la carne vacuna de la provincia de San Luis. Documento de trabajo- Informe Anual 2008: INTA, EEA San Luis, Villa Mercedes 5730, S L, Argentina.
- MOSS, A.; JOUANY, P.; NEWBOLD, J. 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. Ann. Zootech., v49: p.231-253.
- NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle, National Academy Press, Washington, D.C. U.S.A. 242p.
- RIAN-SENASA (2009). Stock 2009 del ganado bovino de carne. Mapas de Existencias e Indicadores. Información Técnica N° 174, INTA, EEA San Luis, Villa Mercedes 5730, S L, Argentina.
- SMITH, P.; MARTINO, D.; CAI, Z.; GWARY, D.; JANZEN H. Y KUMAR, P. (2007). Mitigation Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 320p.

Abundancia de trébol rojo y trébol blanco en pasturas del centro y norte de la provincia de Buenos Aires

BARLETTA, P.³; CAMARASA, J.³; CARTA, H.²; DE ANDRÉS, A.¹; MÉNDEZ, D.⁴; O'GORMAN, J.M.¹; OJUEZ, C.^{5†}; PEREZ, G.⁵; SCHENEITER, O.^{3,6}; VAREA, I.⁶

RESUMEN

La abundancia de leguminosas en pasturas es clave para el suministro de nitrógeno a la gramínea asociada y el aporte a la calidad de la dieta. De acuerdo con ello se hizo un estudio a escala de sistemas de producción en el norte de la provincia de Buenos Aires con el objetivo de estimar la abundancia de tréboles rojo y blanco en las pasturas y los factores bióticos, abióticos y antrópicos que pueden afectarla. Se relevaron la densidad de plantas de trébol rojo y la cobertura de trébol blanco en 140 pasturas de 2 a 3 años de edad en 68 campos de los partidos de 9 de Julio, Bolívar y Lobos. Para cada pastura se determinó la ocurrencia de enfermedades y el daño por insectos en raíces de trébol rojo, las características químicas del suelo, la tecnología empleada por el productor en la implantación, la producción y el manejo de las pasturas. Asimismo, se obtuvieron registros de precipitaciones y características generales de los suelos de la zona. Los datos se sistematizaron y se analizaron estadísticamente mediante estadísticos descriptivos e inferenciales. La densidad promedio de plantas de trébol rojo fue de 6,9 plantas m⁻² y la cobertura promedio de trébol blanco de 2,0%. La tecnología de implantación y el tipo de suelos fueron los factores que más se relacionaron con la densidad de trébol rojo, mientras que las tecnologías de producción y utilización fueron las más relevantes para la cobertura de trébol blanco. La abundancia de tréboles hallada es insuficiente para sostener una productividad competitiva y sustentable de las pasturas sobre la base de gramíneas del norte de la provincia de Buenos Aires. Se identificaron los aspectos susceptibles de mejorar para revertir la baja abundancia de leguminosas en las pasturas.

Palabras clave: abundancia de tréboles, implantación de pasturas, manejo de pasturas.

ABSTRACT

The abundance of legumes in grasslands is a key factor for the supply of nitrogen to associated grasses and the contribution to the quality of the diet of ruminants. Based on the above, a study was conducted at the level of production systems in the northern of Buenos Aires province with the aim of estimating the abundance of white and red clovers in pastures and the biotic, abiotic and anthropogenic factors that may affect them. 140 pastures of 2-3 years old were surveyed in 68 farms of 9 de Julio, Bolivar and Lobos counties in which red clover plant density and white clover content were estimated. For each pasture, the occurrence of diseases and the damage due to insects on red clover roots, chemical soil properties, the technology used by the farmer in the establishment, production and pasture management were determined. The data were systematized and analyzed statistically using descriptive and inferential statistics with the SAS software. The average density of

INTA, CRBAN, ¹UEEA Lobos, ²UEEA 9 de Julio, ³EAA Pergamino, ⁴EAA Gral. Villegas, ⁵UEEA Bolívar, ⁶UNNOBA.
Correo: oscheneiter@pergamino.inta.gov.ar

red clover plants was 6.9 plants m^{-2} and the average white clover coverage was 2.0%. The abundance of clovers that have been found is insufficient to support a competitive and sustainable productivity of grassland in the northern portion of Buenos Aires province. Technology of establishment and soil type were the factors most related to the density of red clover whereas technologies of production and management were the most relevant for white clover content. The factors to reverse the low abundance of legumes in pastures were identified.

Keywords: clover abundance, pasture establishment, pasture management.

INTRODUCCIÓN

La creciente importancia para la alimentación del ganado de pasturas sobre la base de gramíneas, anuales y perennes, ha renovado el interés sobre el suministro de nitrógeno (N) para elevar los niveles de productividad. De las diversas vías de adquisición de N por las plantas como el aporte de las lluvias, la mineralización del N orgánico, la fertilización y la transferencia de N fijado biológicamente de las leguminosas hacia las gramíneas (Mallarino *et al.*, 1990) esta última sería una fuente económica de aportar N al sistema. Desde el punto de vista ambiental, si bien no hay consenso, moderados contenidos de leguminosas en la pastura, determinarían que el ciclo del N en la pastura se autorregule y por lo tanto no contribuirían a pérdidas de N al ambiente (Chapman *et al.*, 1998).

Las leguminosas son altamente preferidas por el ganado bovino y ovino, aún comparadas con pasturas puras de gramíneas con elevado contenido de N (Cosgrove *et al.*, 2002). A escala de sistema de producción, las evidencias muestran que en el norte de la provincia de Buenos Aires la presencia del trébol blanco permite incrementar la carga animal comparada con pasturas sin fertilizar y equivalen a una fertilización anual de aproximadamente 100 kg. N ha^{-1} año $^{-1}$ (Bertín y Scheneiter, 2010).

Los factores que afectan la abundancia de tréboles pueden ser clasificados en ambientales, origen del germoplasma, del establecimiento y del manejo. La importancia relativa de estos factores sobre la producción y persistencia cambia según se trate de trébol blanco o de trébol rojo, debido a las diferencias en morfología, fisiología y respuestas al pastoreo de estas especies (Scott, 2003; Brock *et al.*, 2003).

Con el objetivo de conocer la abundancia de leguminosas del género *Trifolium* y los factores que la afectan se realizó un estudio en campos de productores de tres partidos del norte de la provincia de Buenos Aires. El análisis de los factores que se relacionan con la proporción de leguminosas en las pasturas contribuirá a desarrollar y/o transferir tecnología para hacer más competitiva y sustentable la ganadería de la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Entre los meses de agosto y noviembre de 2007 y de 2008, se visitaron 68 campos en tres áreas cercanas a las ciudades

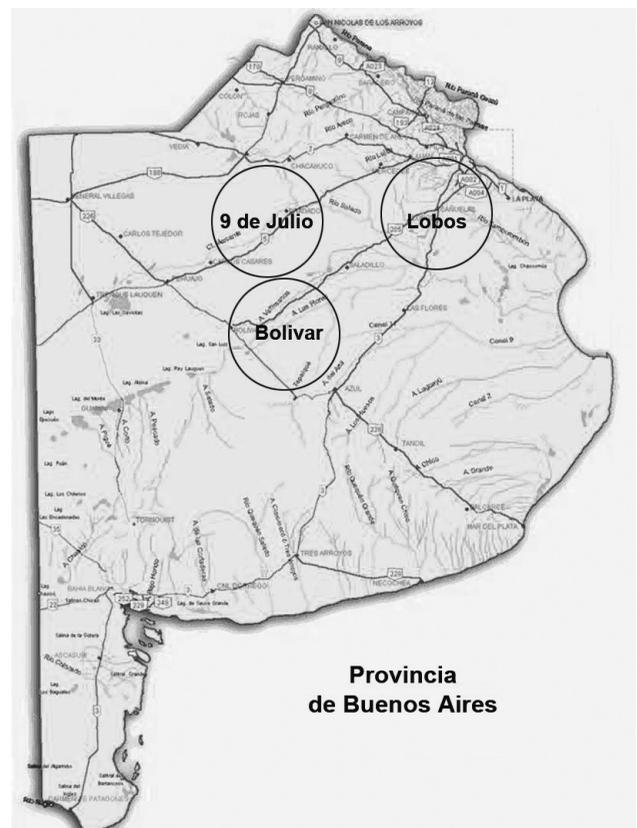


Figura 1. Áreas de la Provincia de Buenos Aires donde se focalizó el muestreo de pasturas.

de 9 de Julio (26 campos), Bolívar (23 campos) y Lobos (19 campos), (figura 1). Allí, se evaluaron 155 pasturas de entre 2 y 3 años de edad. Luego de un primer examen se eliminaron 15 casos que no reunían la información mínima requerida para el análisis, quedando finalmente 140 pasturas.

Las evaluaciones se realizaron en parcelas sin presencia de animales o previo al ingreso de animales en aquellas utilizadas con pastoreo rotativo. En cada pastura se seleccionó, de acuerdo al paisaje y estado, un área representativa en donde se contó el número de plantas de trébol rojo y se estimó visualmente el porcentaje de cobertura aérea de trébol blanco, según su proyección sobre el suelo, en cinco marcos de 0,25 m^2 . Posteriormente, se extrajeron al azar 10 plantas de trébol rojo en las proximidades del sitio de

muestreo y se examinaron las raíces. De acuerdo a referencias locales sobre las características del sistema radical de cultivares de trébol rojo, la extracción de las plantas fue de hasta 40 cm de profundidad (Scheneiter *et al.*, 2006a). En éstas se determinó la presencia de raíces laterales, nódulos de color rosado, daños por insectos y evidencias de podredumbres de origen fúngico. Los valores de las variables se expresaron como porcentaje de presencia en las 10 plantas inspeccionadas.

En cada área representativa, se extrajo una muestra compuesta de suelo para la determinación de pH (potenciómetro, suelo/agua 1:2,5), conductividad eléctrica (potenciómetro, suelo/agua 1:2,5), Carbono orgánico (%), combustión húmeda), nitrógeno orgánico total (%), por cálculo), Fósforo extractable (ppm, Bray y Kurtz N.°1) y azufre de sulfatos (turbidimétrico).

Para cada pastura se encuestó al productor sobre los siguientes aspectos:

- **Implantación:** fecha de siembra, especies de la mezcla, densidades, acondicionamiento de la semilla, grado de remoción del suelo en la siembra, uso de herbicidas y fertilizantes.
- **Producción:** época, producto y dosis para el control de malezas, época, elemento y dosis de fertilizante.
- **Utilización:** sistema de pastoreo y carga animal promedio.

Con la información obtenida de las variables consultadas se elaboraron dos "Índices tecnológicos", uno para la implantación y otro para la producción y la utilización de la pastura.

La valoración de cada variable se realizó de acuerdo a las recomendaciones estándar para el establecimiento de tréboles en una mezcla (Frame, 1998). Los valores máximos se asignaron a los niveles considerados óptimos para cada variable. Entre las variables del "Índice de Implantación" (tabla 1), la densidad de siembra, la tasa de crecimiento inicial de las especies asociadas y el control de malezas a la siembra fueron las de mayor importancia relativa para trébol rojo (Escuder y Cangiano, 1993). En el caso de trébol blanco, la importancia relativa fue diferente ya que se asignó mayor ponderación a las variables que determinan la competencia inicial de otras especies y menor al arreglo espacial y la densidad de siembra (Marcomini *et al.*, 2000). A partir de un índice óptimo (=100), se valoró el nivel tecnológico de cada establecimiento de acuerdo a los valores relevados.

Con un criterio similar se elaboró el "Índice de producción y utilización" para cada especie (tabla 2). Las variables como el control de malezas y la fertilización fueron ponderadas de la misma manera para trébol rojo y blanco. Por el contrario, el sistema de pastoreo y la carga fue diferencial de acuerdo a las características adaptativas de cada especie.

Debido a que no se contó con los datos completos de todos los establecimientos relevados, el número de observaciones consideradas en el análisis estadístico fue de 84 y 43 para el "índice de implantación" y 85 y 42 para el "Índice de producción y utilización" en trébol rojo y blanco, respectivamente.

Para cada pastura se identificaron los órdenes de suelos que se clasificaron con una escala de 2 a 6, en donde los

Variables	Niveles de la variable	
	Trébol blanco	Trébol rojo
Precocidad del cultivar sembrado	No considerado	Floración intermedia=2; Floración temprana=1
Densidad de siembra	>2 kg ha ⁻¹ =3; 1-2 kg ha ⁻¹ =2; < 1 kg ha ⁻¹ =1	>4 kg ha ⁻¹ =10; >2 < 4 kg ha ⁻¹ =7; >1 < 1kg ha ⁻¹ =4; < 1 kg ha ⁻¹ =1
Tratamiento de la semilla	Peleteado=2; Inoculado=1; ninguno=0	Peleteado=2; Inoculado=1; ninguno=0
Gramínea asociada	Perenne=4; Perenne + anual= 3; Anual + perenne=2; Anual=1	Perenne=3; Perenne + anual=2; Anual + perenne=2; Anual=1
Densidad de siembra de la gramínea	< 300 semillas viables m ⁻² =3; >300<600=2; >600= 1	< 300 semillas viables m ⁻² =3; >300<600=2; >600= 1
Método de siembra	Directa=2; Con laboreo=1; Laboreo mínimo=1	Directa=3; Con laboreo=2; Laboreo mínimo=1
Arreglo	Línea=1; Voleo=0	Alternada=3; Línea=2; Voleo= 0
Fertilización	Si=2; No=0	Si=1; No=0
Control de malezas	Si=1, No=0	Si=2, No=0
Nivel tecnológico =100	18	29

Tabla 1. Variables y niveles componentes del índice de implantación en pasturas con trébol blanco y trébol rojo.

Variables	Niveles de la variable	
	Trébol blanco	Trébol rojo
Fertilización	P=2; NP=1; Nada=0; N=-1	P=2; NP=1; Nada=0; N=-1
Control de malezas	Químico=2; Mecánico=1; Nada=0	Químico=2; mecánico=1; Nada=0
Sistema de pastoreo	Continuo=2; Rotativo=1	Corte=3, Rotativo=2, Continuo=1
Carga	≥4 cabezas ha ⁻¹ =4, 3 cabezas ha ⁻¹ =3, 2 cabezas ha ⁻¹ =2, <1 cabeza ha ⁻¹ =1	2 cabezas ha ⁻¹ =3, 3 cabezas ha ⁻¹ =2, ≥4 cabezas ha ⁻¹ =1, <1 cabezas ha ⁻¹ =1
Nivel tecnológico =100	10	10

Tabla 2. Variables y niveles componentes del índice de producción y utilización de las pasturas con trébol blanco y trébol rojo.

Referencias: P= fósforo; N= nitrógeno; NP=N + P

Variable	Promedio	Rango
pH	6,1	5,3-8,9
Conductividad eléctrica	0,54	0,13-2,87
Carbono	20,2	5,0-35,9
Nitrógeno	1,76	0,43-3,16
Fósforo	13,9	3,0-61,0
Azufre	6,4	1,0-92,0

Tabla 3. Características del conjunto de suelos de las pasturas estudiadas (n=140). Promedio y rango.

valores más bajos correspondieron a suelos franco-arenosos y de drenaje rápido (ej *Hapludol entico*) mientras que los valores más altos a suelos con textura arcillosa y con drenaje impedido (ej *Argialbol argiacuico*).

De acuerdo a las precipitaciones ocurridas en el sitio más cercano con registros pluviométricos, se compararon las precipitaciones acumuladas en los 6 meses previos al muestreo con los respectivos promedios históricos. Posteriormente, a escala de área se relacionó la densidad de plantas de trébol rojo y la cobertura de trébol blanco con las lluvias absolutas y con el porcentaje de lluvias ocurridas con respecto al promedio histórico.

La información se analizó mediante los Procedimientos Univariate, CORR y REG del SAS (1989). En el caso de variables continuas se establecieron correlaciones y regresiones simples y múltiples entre las mismas y densidad de plantas de trébol rojo y la cobertura de trébol blanco. Para el caso de la regresión múltiple se utilizó el método de selección de variables "Stepwise" con un nivel de probabilidad de 0,05 y 0,1 para la entrada y la salida de variables del modelo, respectivamente. Las variables regresoras se clasificaron en edáficas (escala en base a textura y drenaje), ambientales (precipitación), de implantación y de producción y utilización.

RESULTADOS

Descripción general

Como media general se registraron 6,9 plantas m⁻² de trébol rojo (rango 0,0 a 32,0 plantas m⁻²) y 2,0% de cobertura de trébol blanco (rango 0,0-9,5%).

El 63 ± 34% de las plantas de trébol rojo evidenció la presencia de raíces secundarias, el 75 ± 25% estaban noduladas.

El 32 ± 21% y el 39 ± 34% de las raíces tenían evidencias de ataques de insectos y enfermedades, respectivamente.

El rango encontrado en los valores de los indicadores químicos fue muy amplio. En promedio los suelos fueron moderadamente ácidos, con bajo contenido de sales, bien provistos de C, P y N. El contenido de S puede considerarse deficiente (tabla 3).

De los productores consultados, el 41% no especificó el cv de trébol rojo, el 44% afirmó haber sembrado "Quiñequeli" mientras el 15% restante mencionó otros cultivares (Redland II, Redqueli, Redgold, Starfire). La densidad de

Variable	T. rojo	T. blanco
Densidad de semilla	3,5 (1,5-8,0)	0,9 (0,0-3,0)
Inoculación	Si 77 %	
	No 23 %	
Especies asociadas	Gramíneas anuales : 24,5 %	
	Gramíneas perennes: 22 %	
	Gramíneas y leguminosas: 53,5 %	
Sistema de siembra	Directa 56 %	
	Laboreo 36 %	
	Laboreo mínimo 8 %	

Tabla 4. Variables de la tecnología empleada para la implantación de pasturas. Promedio y rango.

Control de malezas	Si: 67 %
	No: 33 %
Fertilización	No fertiliza: 9 %
	A la siembra: 43,5 %
	Post siembra: 4 %
	Siembra y post siembra: 43,5 %
Fertilizante	Nitrógeno (N) 5 %
	Fósforo (P) 5 %
	NP = 59,5
	N + P= 9,5
	NP + N= 19 %
	P + NP= 2 %
Sistema de pastoreo	Rotativo 86 %
	Continuo 14 %
Carga	2,3 animales ha ⁻¹
	(0,8-4,0)

Tabla 5. Variables de la tecnología empleada para la producción y la utilización de pasturas. Promedio y rango.

semilla empleada de ambos tréboles tuvo un rango muy amplio (tabla 4). La inoculación con rizobacterias, con o sin peleteado, fue una tecnología muy difundida.

Los tréboles formaron parte de mezclas complejas en la mayoría de los casos en las cuales la asociación con gramíneas anuales o perennes fue en porcentajes semejantes.

La siembra directa fue el método predominante usado para el establecimiento de la pastura.

El control de malezas fue una práctica muy difundida y la fertilización fue casi generalizada, especialmente en la siembra (tabla 5). El N y P, juntos o en secuencia fueron los elementos más utilizados.

Las pasturas se utilizaron con pastoreo rotativo en su mayoría con cargas promedio cercanas a las citadas para las pasturas del norte de la Provincia de Buenos Aires (Bertin *et al.*, 1999; Scheneiter y Améndola, 2010).

Correlaciones entre la abundancia de tréboles y el área de estudio, la edad de la pastura y las propiedades químicas y físicas del suelo

No se detectó una relación entre el porcentaje de trébol blanco y la densidad de plantas de trébol rojo en las pasturas.

Las correlaciones encontradas fueron significativas, aunque de intermedias a bajas. La densidad de plantas de trébol rojo estuvo negativamente correlacionada con el pH ($p < 0,001$, $r = -0,27$) y con la edad de la pastura ($p < 0,04$, $r = -0,17$). En el área de Bolívar las correlaciones fueron mayores (pH, $p < 0,006$ $r = -0,38$; CE $p < 0,09$, $r = -0,24$; edad $p < 0,001$ $r = -0,45$). En cuanto a las propiedades físicas, existió una correlación general positiva entre las propiedades físicas del suelo (textura y drenaje) y la densidad de plantas de trébol rojo ($p < 0,001$, $r = 0,67$).

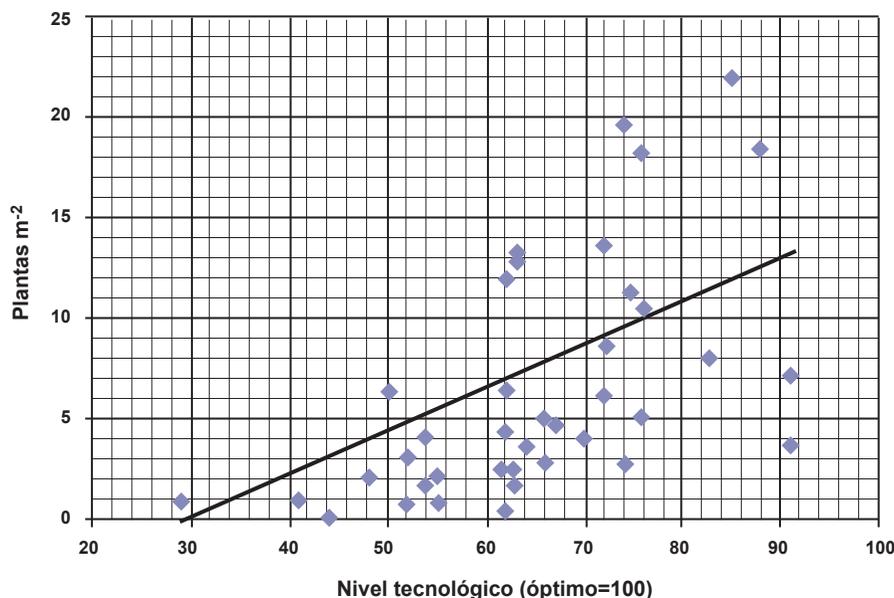


Figura 2. Densidad de plantas de trébol rojo y nivel tecnológico en la implantación.

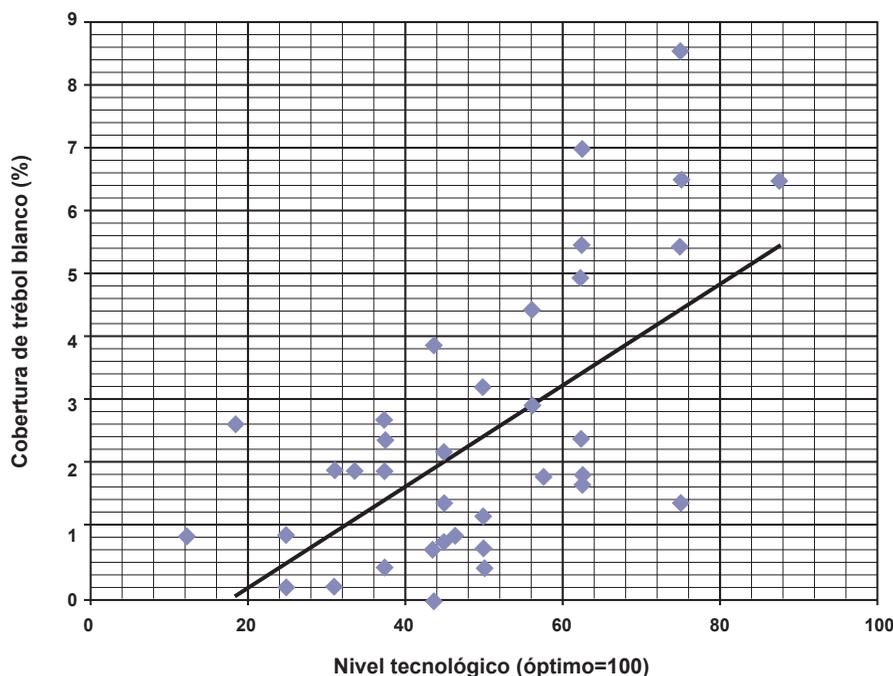


Figura 3. Cobertura de trébol blanco y nivel tecnológico en la producción y utilización de la pastura.

No hubo relación entre la precipitación ocurrida en los 6 meses previos al muestreo (absoluta o como porcentaje del promedio histórico) y la densidad de plantas.

La densidad de plantas estuvo negativamente correlacionada con la presencia de enfermedades en la raíz ($p < 0,04$, $r = -0,33$).

La presencia de plantas con nódulos estuvo correlacionada con el sitio ($p < 0,01$, $r = -0,42$) ya que fue alta en 9 de Julio y Bolívar (95 y 80% de las plantas) y baja en Lobos (51% de las plantas con nódulos). No hubo relación entre plantas noduladas y densidad de plantas.

La presencia de enfermedades estuvo positivamente relacionada con el daño por insectos ($p < 0,001$, $r = 0,51$).

La cobertura de trébol blanco estuvo negativamente correlacionada con la edad de la pastura ($p < 0,04$, $r = -0,27$).

En el área de Lobos se relacionó positivamente con el contenido de P ($p < 0,02$, $r = 0,45$) y la CE ($p < 0,01$; $r = 0,48$). Esto fue consistente con el menor contenido y mayor variabilidad de P en Lobos con respecto a las demás zonas (9 de Julio, $15,0 \pm 10,4$ ppm, Bolívar $13,2 \pm 7,8$ ppm y Lobos $11,2 \pm 10,9$ ppm).

El cobertura de trébol blanco estuvo positivamente asociada con las lluvias en los últimos 6 meses (como porcentaje con respecto al promedio histórico) en las áreas de Bolívar ($p < 0,05$, $r = 0,40$) y de Lobos ($p < 0,001$, $r = 0,69$). No hubo relación con las lluvias acumuladas en los 6 meses previos al muestreo.

Relación entre la abundancia de tréboles con variables de implantación y manejo

El nivel tecnológico en la implantación de trébol rojo afectó la densidad de plantas ($p < 0,001$, $r^2 = 0,34$, figura 2). No hubo diferencias entre sitios aunque el ajuste fue mejor cuando se consideró la edad de la pastura (2 años $p < 0,01$ $r^2 = 0,31$. 3 años, $p < 0,02$, $r^2 = 0,40$).

El nivel tecnológico utilizado en la producción y la utilización de la pastura no afectó la densidad de plantas ($p > 0,05$).

El método de selección "Stepwise", detectó que las características físicas del suelo ($p < 0,001$, r^2 parcial = 0,44) y el nivel tecnológico en la implantación ($p < 0,03$, r^2 parcial = 0,08) explicaron el 52% de la variación en la densidad de plantas de trébol rojo. En cambio, las precipitaciones y el nivel tecnológico de producción y utilización no resultaron significativas.

En el trébol blanco no hubo una relación general entre el nivel tecnológico en la implantación y la cobertura de la leguminosa. Sólo en el caso de Bolívar existió una tendencia ($p < 0,08$, $r^2 = 0,13$) a una mayor cobertura con mayor nivel tecnológico.

Por el contrario, el porcentaje de cobertura de trébol blanco estuvo positivamente asociado con el nivel tecnológico en la producción y utilización de la pastura ($p < 0,001$, $r^2 = 0,39$, figura 3). La relación fue significativa en todas las áreas.

El método de selección "Stepwise", detectó que el nivel tecnológico en la producción y utilización ($p < 0,001$, r^2 par-

cial=0,47) y las características físicas del suelo ($p < 0,05$, r^2 parcial=0,05) explicaron el 52% de la variación en la cobertura de trébol blanco en las pasturas.

DISCUSIÓN

Debido a que la abundancia de tréboles en la pastura, a nivel de sistema de producción, es afectada por varios factores, expresados ya sea como un efecto simple o, más frecuentemente, con interacciones entre los mismos, es posible que las relaciones entre la presencia de la leguminosa y un factor en particular sean estadísticamente débiles. Sin embargo, a escala de región, en la medida en que sean significativas y no demasiado bajas, ofrecen indicios de los grandes aspectos a considerar en el momento de decidir la implantación y el manejo de una pastura.

Trébol rojo

En el caso de trébol rojo, el número promedio de plantas encontradas fue bajo para sostener una adecuada presencia o productividad estival de la pastura. En *cultivos puros*, el umbral económico es de 35 plantas m^{-2} (Bowley *et al.*, 1984) mientras en *pasturas perennes polifíticas*, la información local evidencia que cuando una mezcla pasa de una densidad de trébol rojo de 51 plantas m^{-2} en el segundo año a 3-11 plantas m^{-2} en el tercero, la productividad disminuye significativamente (Scheneiter y Bertín, 1997). Es preciso tener en cuenta que, al tener un sistema reproductivo cerrado (no hay resiembra ni propagación vegetativa) la vida productiva de la pastura culmina con la muerte de las plantas (Jones y Carter, 1989).

La bibliografía de la década del 80 era concluyente en cuanto a que la vida productiva del trébol rojo era de 2 a 3 años (Sheath y Hay, 1989; Matches, 1989). Sin embargo, referencias más actuales provenientes de América del Norte la extienden hasta 4 años con defoliaciones mecánicas y con germoplasma bien adaptado (Andersson *et al.*, 1996; Smith, 1997).

Los autores de este trabajo no han hallado referencias sobre el papel que podría tener la resiembra natural en la persistencia productiva de pasturas de trébol rojo (en este estudio sólo se observó en el 1% de los casos). Por el contrario, la literatura es concluyente en cuanto a las bajas posibilidades de producción de semilla de trébol rojo en la región pampeana húmeda (Dell'Agostino, 2008). Lo anterior hace aleatorio, considerar esta opción como vía de extender la abundancia de esta leguminosa en la pastura.

El amplio rango de la población de plantas hallado en el norte de la provincia de Buenos Aires (0-32 plantas m^{-2}) permite analizar la tecnología empleada y las variables ambientales asociadas con tal dispersión.

El ambiente donde más se adapta el trébol rojo es definitivamente templado, sin fríos o calores extremos, suelos profundos, fértiles, bien drenados y pH relativamente alto.

Bajo estas condiciones puede alcanzar 19 t MS ha^{-1} año $^{-1}$ y persistir hasta 5 años (Andersson *et al.*, 1996). Además de las características del ambiente se debe incorporar la carga de estreses bióticos (antracnosis, podredumbre de la raíz, virosis, gorgojos de la raíz y nemátodos), fisiológicos (desintegración de la corona) y antrópicos (establecimiento deficiente, pastoreo continuo, nutrición inadecuada) que reducen la persistencia del germoplasma en un ambiente dado.

Los resultados obtenidos en este estudio indican que ambientalmente, la densidad de la población de plantas se vio favorecida cuando se evitaron los suelos extremadamente alcalinos y también los de textura suelta.

En especies de ciclo reproductivo cerrado, las fallas en el establecimiento afectan la productividad y la persistencia de la pastura (Jones y Carter, 1989). Consistente con ello, en este estudio la tecnología empleada en la implantación de trébol rojo tuvo un efecto significativo sobre la densidad de la población de plantas. En pasturas sobre la base de esta especie, la correcta implantación y la rápida cobertura del suelo están estrechamente asociadas con la productividad de la pastura en el primer año (Frame, 1998). Esto debe ser tomado en cuenta ya que, en pasturas de corta duración, la acumulación de forraje durante el primer año representa hasta el 50% de su vida útil.

De las variables tecnológicas relevadas sobre la implantación surgen como potencialmente mejorables el cuidado en la elección del germoplasma, el ajuste de la densidad de siembra para no usar densidades subóptimas y evitar la incorporación de especies anuales en la mezcla.

Experimentos previos han demostrado que mediante la adecuada elección del germoplasma sería factible extender la persistencia productiva de la especie en la pastura por lo menos en un año (Scheneiter *et al.*, 2006a). De acuerdo a los datos sobre el origen del germoplasma sembrado sólo un 15% dio precisiones sobre el cultivar utilizado, mientras un 44% indicó que sembró "Quiñequeli". Con respecto a este último, si bien existe el cultivar comercial "Quiñequeli" (INASE, 2012), que ha demostrado un buen comportamiento en ensayos agronómicos en la región pampeana húmeda, en nuestro país se comercializaba también con ese nombre al trébol rosado Chileno que no necesariamente puede coincidir con el cultivar "Quiñequeli". De lo anterior, se desprende que existe una alta probabilidad de mejorar la abundancia de trébol rojo en la pastura mediante la elección del germoplasma adecuado.

Asumiendo un peso promedio de 1,85 g para las 1.000 semillas de un cultivar diploide y sin peletear, con un valor cultural de 85, una densidad de siembra de 3,5 kg ha^{-1} sería equivalente a 160 semillas viables m^{-2} . Con un porcentaje de logro promedio de 50%, cualquier densidad por debajo de los valores mencionados sería insuficiente para obtener las 70-80 plantas requeridas en una mezcla en la primavera del año de establecimiento (Scheneiter y Bertín, 1997) para asegurar posteriormente un número mínimo de plantas para el segundo y, eventualmente, un tercer año de producción. Por otro lado, una densidad inicial de siembra superior a 230 semillas viables m^{-2} de trébol rojo no eviden-

ció aumentos significativos en la productividad y calidad de una mezcla con timote o festuca alta (estimado a partir de datos de Frame *et al.*, 1985). Claramente, la dispersión de densidades de siembra encontradas en el presente trabajo indica que aún persisten densidades de siembra subóptimas que podrían corregirse y de ese modo mejorar la abundancia de trébol rojo en las mezclas del norte de la provincia de Buenos Aires.

Experimentos realizados en varias localidades de nuestro país, han evidenciado una mayor densidad de individuos y mayor producción de trébol rojo en la medida que las especies asociadas fueran menos competitivas en la implantación (Scheneiter y Bertín, 1997). Si bien el trébol rojo es una especie competitiva en la implantación, una adecuada elección de la gramínea asociada (por ejemplo, pasto ovillo en lugar de raigrás anual o cebadilla criolla en Pergamino o cebadilla criolla en lugar de raigrás perenne en Balcarce) permite una mayor densidad de individuos de trébol rojo en el primer año de la pastura.

Entre los factores bióticos, las enfermedades de raíz y corona deberán merecer especial atención debido a su alta prevalencia y la posibilidad de mejorar genéticamente la especie por estos aspectos (Grau, 1996). De esta forma, se ha logrado incrementar la longevidad de las pasturas hasta 4 años con cultivares resistentes a plagas y podredumbre de la raíz (Smith, 1997).

La tecnología de manejo no tuvo impacto sobre la densidad de plantas. Esto puede explicarse por el uso extendido del pastoreo rotativo, el control de malezas y la adecuada nutrición del cultivo.

Trébol blanco

La función principal del trébol blanco en las pasturas y pastizales del norte de la provincia de Buenos Aires es aportar nitrógeno proveniente de la fijación simbiótica y, eventualmente, calidad a la dieta de los animales en pastoreo (Bertín y Scheneiter, 2010). Su acumulación de forraje es inherentemente baja y altamente dependiente del ambiente. En ausencia de limitaciones ambientales, el manejo del pastoreo pretende mantener una abundancia mínima de la leguminosa, compatible con el abastecimiento de N para la gramínea y evitar contenidos demasiado altos que limitan la acumulación de forraje, favorecen pérdidas de N al ambiente (Chapman *et al.*, 1998; Scheneiter, 2004a), incrementan el riesgo de empaste y comprometen la estabilidad productiva de la pastura.

Técnicamente no es posible comparar la cobertura basal del trébol blanco con el porcentaje de la leguminosa calculado en base a la acumulación total de materia seca de una pastura. Sin embargo, dado el mayor contenido de agua del trébol blanco con respecto a las gramíneas asociadas (Scheneiter *et al.*, 2007) es posible especular que el porcentaje de trébol blanco en relación a la acumulación total sobre base seca sería al menos menor que el porcentaje de la cobertura basal. Asumiendo este supuesto, el rango de la cobertura del trébol blanco encontrado (0 a 9,5%) re-

sultó bajo si se lo compara con los modelos propuestos por Chapman *et al.* (1998) para un porcentaje óptimo (>20%) con relación a su función en la pastura y con el 8 a 21 % informado en Australia por Archer y Robinson (1989) y el 15-20% reportado por Harris (1998) en Nueva Zelanda, en ambos casos en mezcla con raigrás perenne y en campos de productores.

A escala local, los resultados de este estudio se encontrarían en la porción inferior de los rangos encontrados en dos experimentos realizados en la EEA Pergamino. En éstos se evidenció una alta variabilidad interanual, con valores de 2 a 21% de trébol blanco en un experimento de 4 años bajo pastoreo (Scheneiter, 2004b) y de 3 a 51% en un experimento bajo corte de 5 años (Scheneiter y Fontana, 2002). En el primero de ellos, la mezcla festuca – trébol blanco significó un 80% de la producción secundaria alcanzada por una pastura de festuca pura fertilizada con N en otoño. En el segundo experimento, cuando el porcentaje de trébol fue alto, la mezcla acumuló el equivalente a una pastura de festuca alta fertilizada con 150 kg N ha⁻¹año⁻¹, mientras que cuando el contenido fue bajo, el equivalente fue de 75 kg N ha⁻¹año⁻¹. De acuerdo a lo anterior, la abundancia de trébol blanco en las pasturas del norte de la provincia de Buenos Aires sería insuficiente para fijar y transferir nitrógeno a la gramínea asociada y aún menos probable aportar calidad a la dieta de los animales.

Esta especie está naturalizada en la región pampeana húmeda y su persistencia en la pastura depende de la resiembra natural y de la propagación vegetativa mediante la producción de estolones. Los factores que regulan estos procesos en las pasturas y pastizales pueden agruparse en tres escalas: zonal (balance hídrico, características físicas y químicas del suelo), pastura (fertilización, control de malezas, manejo del pastoreo) y manchón (relación gramínea-leguminosa para capturar los recursos ambientales).

Los factores relacionados con el ambiente, principalmente lluvias y temperaturas, tienen una importancia mayor en el norte de la provincia de Buenos Aires ya que determinan la posibilidad y la frecuencia de aparición y desaparición del trébol en la pastura (Scheneiter, 2004a). Lo anterior hace que la dependencia de la leguminosa como fuente de N para el sistema esté sujeta a la aleatoriedad de las lluvias, tornándose en sistemas intensificados de secano, un factor sin control antrópico. Sin embargo, desde el punto de vista ambiental, resulta un sistema altamente autorregulado, desde que las proporciones de gramíneas y de leguminosas en las pasturas se adaptan a ciclos de mayor o menor contenido de N mineral en el suelo (Harris, 1978). Subordinados a éstos aparecen los factores de la pastura.

Las precipitaciones y el nivel de fósforo en el suelo fueron los factores externos más relacionados con el contenido de trébol blanco. La tecnología de implantación no tuvo relevancia en la presencia de trébol blanco, lo cual es consistente con los mecanismos de dispersión del trébol en la pastura. En el norte de la provincia de Buenos Aires éstos son la colonización de espacios vacíos o de escasa competencia de la gramínea asociada a través de la resiembra

natural y la propagación vegetativa mediante estolones. Por el contrario, el sistema de pastoreo, la carga animal, el tipo de fertilizante y de malezas tienen una importancia significativa en la proporción de la leguminosa al regular el contenido de la gramínea en la mezcla.

En la medida en que el sistema de pastoreo y la carga animal permitan un control del crecimiento de las especies asociadas en primavera temprana, la abundancia de trébol blanco en la pastura se incrementará (Bertin *et al.*, 1999; D'Andrea *et al.*, 1999; Scheneiter *et al.*, 2006b). Asimismo, un manejo estratégico de la fertilización con nitrógeno que evite el crecimiento excesivo de las gramíneas asociadas junto con adecuados niveles de fósforo en el suelo reducen la competencia de la gramínea por luz y espacio y mejoran el consumo de fósforo por parte del trébol (Vallis, 1978; Scheneiter y Pagano, 1998). Los resultados obtenidos permiten conjeturar que la disminución de la abundancia de trébol blanco con la edad de la pastura es un síntoma de deficiencias del manejo de la defoliación y fertilización.

De acuerdo con la información obtenida, en la medida en que no ocurran períodos prolongados de sequía, la adecuada provisión de fósforo y el control de la competencia de la gramínea hacia el trébol blanco serían las vías de incrementar su contenido en las pasturas.

Sin embargo, otros aspectos no evaluados en este estudio, tales como el germoplasma y factores bióticos perjudiciales (como insectos-pulgones, trips, enfermedades-virosis, y nemátodos) deberían incluirse como potencialmente importantes para el incremento del trébol en las pasturas.

CONCLUSIONES

La abundancia de tréboles rojo y blanco en pasturas de 2-3 años es baja, para satisfacer su función en las mismas. En el caso del trébol rojo, si bien la densidad encontrada coincide con las expectativas de perennidad de la especie, existen posibilidades de incrementar su presencia mediante mejoras en aspectos relacionados con la elección del germoplasma y la implantación. En trébol blanco, la cobertura observada es menor que la recomendada y, en la medida en que las lluvias no sean limitantes, el manejo de las relaciones de competencia con las especies asociadas y la fertilización con fósforo serían los aspectos que permitirían mejorar el aporte de la leguminosa en la mezcla.

BIBLIOGRAFÍA

ANDERSSON, B.; MARUM, B.; DOUGHERTY, C.T. 1996. Persistence. In *Red Clover Science*. Taylor NL and Queensberry KH (Eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. Pp. 119-129.

ARCHER, K.A.; ROBINSON, G.G. 1989. The role of stolons and seedlings in the persistence and production of white clover (*Trifolium repens* L. cv. Huia) in temperate pastures on the northern tablelands, New South Wales. *Aust. J. Agric. Res.* 40:605-616.

BERTIN, O.D.; CARRETE, J.R.; SCHENEITER, J.O.; BASAIL, J. 1999. Producción de forraje y de carne, y su resultado económico en pasturas de festuca alta y leguminosas. Pergamino. Es-

tación Experimental Agropecuaria. *Revista de Tecnología Agropecuaria* 10 (IV): 7-12.

BERTIN, O.D.; SCHENEITER, J.O. 2010. White clover contribution to swards production in the north of Buenos Aires province. In *International Workshop: An overview of research on pastoral - based Systems*. Machado *et al* (Eds.). Tandil, 16-18 de junio. Pp. 106-08

BOWLEY, S.R.; TAYLOR, N.L.; DOUGHERTY, C.T. 1984. Physiology and morphology of red clover. *Advances in Agronomy* 37: 317-347.

BROCK, J.L.; HYSLOP, M.G.; WIDDUP, K.H. 2003. A review of red and white clovers in the dryland environment. In *Legumes for dryland pastures*. DJ Moot (Ed) Grassland research and practices N.º 11. Lincoln University, Lincoln, NZ. Pp 101-107.

CHAPMAN, D.F.; PARSONS, A.J.; SCHWINNING, S. 1998. Management of clover in grazed pastures: expectations, limitations and opportunities. In *White clover: New Zealand's Competitive Edge*. Agronomy Society of New Zealand, Special Publication N.º 11: 56-64.

COSGROVE, G.P.; ANDERSON, C.B.; PARSONS, A.J.; BROCK, J.L.; TILBROOK, J.C. 2002. Can nitrogen-fertilised ryegrass substitute for white clover? *Proceedings of the New Zealand Grasslands Association* 64: 205-09.

D'ANDREA, F.; SCHENEITER, O.; PAGANO, E. 1999. Crecimiento del trébol blanco asociado con festuca alta y cebadilla criolla en pasturas utilizadas con dos alturas de pastoreo. *Revista de Tecnología Agropecuaria* IV (12). INTA EEA Pergamino.

DELL'AGOSTINO, E. 2008. Trébol rojo. En *Producción de semillas de especies forrajeras de clima templado*. INTA, Centro Regional Buenos Aires; EEA Pergamino. Ediciones INTA. Pp. 31-34

ESCUDE, C.J.; CANGIANO, C.A. 1993. Trébol rojo: factores que afectan su producción y utilización. INTA. CERBAS. EEA Balcarce. 37.

FRAME, J. 1998. Red clover. In *Temperate Forage Legumes*. Frame J, Charlton JFL and Laidlaw AS (Eds). CAB International, Madison, USA. Pp. 181-224.

FRAME, J.; HARKESS, R.D.; HUNT, L.V. 1985. Effect of seed rate of red clover and of companion timothy or tall fescue on herbage production. *Grass and Forage Science* 40: 459-465.

GRAU, C. 1996. Fungal diseases. In *Red Clover Science*. Taylor NL and Queensberry KH (Eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. Pp 80-90

HARRIS, S.L. 1998. White clover – How much and how to get it. In *Proceedings of the 50 th Ruakura Farmer's Conference*. 12 May. Ruakura, Hamilton, New Zealand. Pp: 73-79.

HARRIS, W. 1978. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture. In *Plant Relations in Pasture*. Wilson JR (Ed.) Pp 67-85.

INASE. 2013. Catálogo Nacional de Cultivares. Trébol rojo http://www.inase.gov.ar/index.php?option=com_remository&Itemid=103&func=startdown&id=1224. (Verificado: 27 de febrero de 2013) Pp 390-91

JONES, R.M.; CARTER, E.D. 1989. Demography of pasture legumes. In *Persistence of Forage Legumes*. Marten *et al.* (Eds). ACA, ASA CSSA, Madison, Wisconsin, USA. Pp 139-158

MALLARINO, A.P.; WEDIN, W.F.; GOYENOLA, R.S.; PERDOMO, C.H.; WEST, C.P. 1990. Legume species and proportion effects on symbiotic dinitrogen fixation in legume-grass mixtures. *Agron. J.* 82:785-789

MARCOMINI, C.; SCHENEITER, O.; PAGANO, E. 2000. Establecimiento a campo de trébol blanco (*Trifolium repens* L) con diferentes densidades de semilla en pasturas mixtas sobre la base de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb). *Revista de Tecnología*

Agropecuaria). INTA EEA Pergamino. Vol (15). pp:43-46

MATCHES, A.G. 1989. A Survey of the legume production and persistence in the United States. In Persistence of Forage Legumes. Marten et al (Eds). ACA, ASA CSSA, Madison, Wisconsin, USA. Pp 37-44

SAS Institute Inc. 1989 SAS/STAT User's Guide Version 6 Fourth Edition Volume 1. Cary,NC:SAS Institute Inc.

SCHENEITER, O. 2004^a. Utilidad y limitaciones de los tréboles en las pasturas de la región pampeana húmeda. En Reunión Anual sobre forrajeras. Producción de pasto de calidad. Pergamino, 16 de noviembre. INTA, CRBAN, EEA Pergamino. Pp.15

SCHENEITER, O. 2004b. Producción de forraje y de carne de pasturas de festuca alta fertilizadas con nitrógeno o asociadas con trébol blanco. Revista de Tecnología Agropecuaria Vol IX N.º 26: 50-53.

SCHENEITER, O.; BERTÍN, O.D. 1997. Producción de forraje y persistencia de trébol rojo en pasturas mixtas con gramíneas. INTA, EEA Pergamino. Informe Técnico 316. 15 pp.

SCHENEITER, O.; PAGANO, E. 1998. Producción de forraje y composición botánica de pasturas mixtas de festuca y trébol blanco fertilizadas con nitrógeno. Revista de Tecnología Agropecuaria. INTA EEA Pergamino. Vol III (9):10-14

SCHENEITER, O.; FONTANA, S. 2002. Producción y calidad de forraje de pasturas puras y en mezcla de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Revista de Tecnología Agropecuaria Vol. VII N.º 19: 42-46.

SCHENEITER, O.; FONTANA, S.; ANDRES, A.; ROSSO. 2006^a. Efecto del manejo de la defoliación sobre la producción y persis-

tencia de dos cultivares de *Trifolium pratense*. Revista Argentina de Producción Animal. 26:11-21.

SCHENEITER, O.; CARRETE, J.; AMENDOLA, C. 2006b. Utilización de pasturas de alfalfa-festuca alta con dos sistemas de pastoreo I. Disponibilidad, composición y digestibilidad del forraje. Revista de Investigaciones Agropecuarias 35 (3): 3-18

SCHENEITER, O.; BERTIN, O.; SELLART, N. 2007. Contenido de agua como porcentaje de materia seca, de las principales especies forrajeras y sus mezclas en el norte de la provincia de Buenos Aires. Revista Génesis 62:14-17.

SCHENEITER, J.O.; AMENDOLA, C. 2010. Efecto de la fertilización con nitrógeno sobre la producción de carne de pasturas de festuca alta. En Fertilización de Pasturas (Méndez y Scheneiter, Eds). INTA, Centro Regional Buenos Aires Norte. Publicación Técnica Proyecto Ganadero N.º 2. 13 pp

SCOTT, D. 2003. Dryland legumes: perspectives and problems. In Legumes for dryland pastures. DJ Moot (Ed) Grassland research and practices N.º 11. Lincoln University, Lincoln, NZ. Pp 27-36.

SHEATH, G.W.; HAY, R.J.M. 1989. Overview of legume persistence in New Zealand. In Persistence of forage legumes. Marten et al (Eds). ACA, ASA CSSA, Madison, Wisconsin, USA. Pp 23-36.

SMITH, R.R. 1997. Increased longevity of red clover through selection for persistence and disease resistance. En XVIII International Grasslands Congress, Canada. Section 4:19-20

VALLIS, I. 1978. Nitrogen relationships in grass/legume mixtures. In Wilson R.J. ed. Plant relations in pastures.CSIRO. Melbourne, Australia:190-201.

Calidad de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) en estado vegetativo en relación con la edad y longitud de las hojas

DI MARCO, O.N.¹; HARKES, H.²; AGNUSDEI, M.G.³

RESUMEN

Se estudió el efecto de la edad y largo foliar en la calidad de láminas de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum* cv. Hulk) en un rebrote otoñal de dos alturas. El ensayo se realizó en invernáculo (17 ± 4 °C) en un diseño BCA (n=3) de 160 macetas por bloque. Se estudiaron láminas de 3 generaciones sucesivas de hojas en 6 estados ontogénicos (de crecimiento hasta senescencia avanzada). Las láminas se obtuvieron de ~200 macollos vegetativos/cosecha, muestreados a lo largo de 52 días de rebrote, con una frecuencia de 80 GDC (grados día de crecimiento: $\sum t_{1/2}$ - 4,5 °C). Se midió la vida media foliar (VMF), el intervalo de aparición (IAH), largo de lámina y vaina, contenido de FDN y digestibilidad *in vitro* de la FDN (DFDN). Se realizaron ajustes lineales entre variables de calidad con edad y largo de hoja y se compararon pendientes y ordenadas al origen (PROC REG de SAS). El resto de las variables se analizaron según BCA con arreglo factorial (2 alturas x 3 generaciones de hoja) utilizando el procedimiento GLM de SAS. Las medias se compararon por el test de Tukey al 5%. La pastura de menor altura (241,8 vs 458,4 mm) tuvo mayor VMF (453,6 vs 337,8 GDC), similar contenido de FDN (52,3%) y mayor DFDN (~10%). En ambas pasturas la DFDN disminuyó linealmente con la edad y el largo foliar, pero la FDN no fue afectada durante la VMF. Se concluye que durante el rebrote la DFDN disminuye con la edad y el aumento del largo foliar entre hojas sucesivas y que la reducción de la altura de la pastura retrasa la senescencia (>VMF), aumenta el número de hojas vivas por macollo y la calidad de las láminas.

Palabras claves: crecimiento, FDN, digestibilidad de la FDN, edad, largo foliar.

ABSTRACT

The effect of leaf age and length on leaf blade quality was studied in wheatgrass leaf blades leaves (*Thinopyrum ponticum* cv. Hulk) from swards of two heights. Swards were grown in plots in a greenhouse (17 ± 4 °C) in a randomized block design (n=3) of 160 plots/block. Leaves in 6 ontogenic stages from 3 consecutive leaf generations (from early growth to advanced senescence) were obtained from vegetative tillers (~200/harvest) harvested along 52 days of regrowth, with a frequency 80 GDD (growing degree days: $\sum t_{1/2}$ - 4,5 °C). The leaf lifespan (LLS), leaf appearance interval (LAI), leaf and sheath lengths, NDF content and NDF digestibility (NDFD) were measured. The relationships among quality and morphogenic parameters were studied by linear regression and data analyzed as a complete randomized block design with factorial arrangement (2 heights x 3 leaf generations) and means compared by Tukey test (5%). The shorter leaf sward (241.8 vs 458.4 mm) had longer LLS (453.6 vs 337.8 GGD), similar NDF content and higher NDFD (~10%). In both swards the NDFD

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Correo electrónico: ondimarco@balcarce.inta.gov.ar

²Maestría en Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.

³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Balcarce.

decreased linearly with leaf age and length, but NDF remained unchanged during the LLS. It is concluded that the NDFD declines with leaf age and length during regrowth, however shorter sward height delays senescence (>LLS), increases tiller leaving leaf number and improves leaf blade quality.

Keywords: growth, NDF content, NDF digestibility, leaf age, leaf length.

INTRODUCCIÓN

El agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) es una graminéa forrajera templada perenne de gran importancia en la ganadería argentina por su adaptabilidad a suelos con severas limitantes edáficas (Mazzanti *et al.*, 1992). Es una especie de hojas rústicas que, si no es correctamente manejada, progresa a estructuras de matas altas de bajo valor forrajero. Sin embargo tiene alta calidad en estado vegetativo (Aello *et al.*, 1981; Di Marco *et al.*, 1982; Garcíarena *et al.*, 1984; Gándara y Gómez, 1987).

Trabajos previos mostraron que la calidad de las graminéas forrajeras no solamente disminuye con el avance del estado fenológico, sino también con la acumulación de biomasa de hojas en estado vegetativo (Agnusdei *et al.*, 2009 y Ávila *et al.*, 2009). Esto se debe a que las pasturas aún en estado vegetativo acumulan biomasa progresivamente en ciclos sucesivos de crecimiento, en los cuales las hojas atraviesan por fases sucesivas de crecimiento, madurez y senescencia (Chapman y Lemaire, 1993; Lemaire y Chapman, 1996; Lemaire y Agnusdei, 2000). De esta forma, a medida que progresa el tiempo de rebrote, se van acumulando hojas en estados ontogénicos avanzados que van aumentando progresivamente de longitud. El presente trabajo se llevó a cabo para estudiar la dinámica de la calidad de las láminas de agropiro durante el rebrote, en relación con la edad y con el incremento de longitud de hojas sucesivas en dos estructuras cespitosas estabilizadas en diferente altura.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en un invernáculo con cubierta de plástico de la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) INTA Balcarce (sudeste bonaerense, 37° 45' S; 58° 18' W). La pastura de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum* cv. Hulk) se sembró el 3 de julio de 2008 con una densidad de 430 semillas/m². Se usaron macetas de plástico (20 x 40 cm) rellenas con tierra negra (horizonte A de un suelo Argiudol típico, Serie Mar del Plata) agrupadas en tres bloques completos al azar de 160 macetas por bloque. El ensayo se condujo sin limitantes de agua ni de N y P (aplicación de urea y fosfato di amónico a razón de 400 kg ha⁻¹ y 60 kg ha⁻¹, respectivamente) para simular un ambiente no restrictivo para el crecimiento. La temperatura promedio durante el ensayo fue de 17 ± 4 °C. El tiempo se

expresó en GDC (grados día de crecimiento: $\sum t_{1/2} - 4,5$ °C). Las plantas crecieron hasta el 12 de noviembre de 2008 cuando se sometieron a dos regímenes de defoliación que duraron hasta el 02 de marzo de 2009. En la mitad de las macetas se aplicó corte severo y en la otra mitad corte leve, para conformar dos tratamientos, que fueron dos estructuras de pasturas de alturas baja (B) y alta (A). El corte severo fue a 5 cm del suelo con una frecuencia de 132 GDC, que representa un período equivalente a la mitad de la Vida Media Foliar (VMF). El corte leve fue a la altura de la vaina de la última hoja expandida (~15 cm del suelo) con una frecuencia de (396°GDC), que representa el período completo de VMF.

Posteriormente, se realizaron 8 cosechas (~200 macollos vegetativos) durante 52 días (02/03/09 - 29/05/09) con una frecuencia de 80 GDC. Se cosecharon macollos de tres generaciones sucesivas de rebrote (G1, G2 y G3); cada cosecha fue sobre 10 macetas/bloque/tratamiento, que no se volvieron a utilizar. De los macollos se separaron las hojas y, de éstas, las láminas y vainas. A su vez, las láminas se separaron en 6 categorías de edad: en crecimiento, recién expandidas o con lígula visible, madura, al final de la VMF y lámina senescente, con menos (S<30) o más de 30% (S>30) de fracción seca. De estas dos últimas solamente las determinaciones se realizaron en la fracción verde.

Se registró la VMF y el intervalo de aparición de hojas (IAH) con una frecuencia de tres veces por semana (5 macollos marcados/repeticón). La VMF se midió como los GDC acumulados transcurridos entre la aparición de la lámina visible y el comienzo de la senescencia.

La longitud de las láminas y vainas se midió por separado. Las láminas se liofilizaron y molieron con un molino tipo Ciclotec con malla de 1 mm para determinar el contenido de Fibra Detergente Neutro (FDN, Van Soest *et al.*, 1991) y la digestibilidad de la FDN (DFDN) por incubación *in vitro* de 250 mg de muestra a 24 h de incubación en el equipo Daisy[®].

Se ajustaron funciones lineales entre variables de calidad con la edad (GDC) y largo de hoja y se compararon pendientes y ordenadas al origen (PROC REG de SAS). El resto de los datos se analizaron según BCA con arreglo factorial (2 alturas x 3 generaciones de hoja) utilizando el procedimiento GLM de SAS. Las medias se compararon por el test de Tukey (p<0,05).

RESULTADOS

La pastura B tuvo una altura 50% inferior que la A, mayor VMF y número de hojas vivas, pero no se diferenció en el resto de los parámetros morfogénicos en estudio (tabla 1).

En la pastura A no hubo diferencias en longitud foliar entre generaciones de hojas, en cambio, en la B el largo de lámina adulta aumentó significativamente desde la primera a la tercera generación de hojas sucesivas (135,3 mm, 196,8 y 256,7 mm, respectivamente). En ambas estructuras el largo de lámina estuvo altamente asociado ($y = 3,20x + 20,60$; $R^2 = 0,80$) al largo de vaina.

Parámetros	Estructura		ES	P
	Baja	Alta		
Altura pastura (mm)	241,8	458,4	10,1	*
Largo hoja expandida (mm)	249,0	503,3	11,2	*
Largo lámina expandida (mm)	196,3	394,5	9,2	*
Período elongación foliar (GDC)	233	200	12,1	NS
Vida media foliar (GDC)	453,6	337,8	31,2	*
Intervalo aparición hojas (GDC)	243,9	208,3	11,1	NS
Numero hojas vivas por macollo	1,9	1,6	0,1	*

Tabla 1. Características morfogenéticas y estructurales de un rebrote otoñal de pasturas de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) de diferente altura.

El contenido de FDN se mantuvo sin cambios con la edad, o estado ontogénico, en un promedio de 52% (SE:1.6) en ambas estructuras, sin interacción entre los factores altura de la pastura y generación del rebrote. Sin embargo, la FDN aumentó un 12% ($y = 0,01x + 47,8$; $R^2 = 0,74$) con el largo de hoja (lámina + vaina).

La DFDN promedio del conjunto de hojas de las tres generaciones sucesivas del rebrote fue mayor en la pastura B (fig. 1), en la cual se mantuvo constante durante la VMF de las láminas en un promedio de ~57% y disminuyó a ~48% en la fracción verde de las hojas en senescencia. En cambio, en la pastura A la DFDN fue de ~52% durante la elongación de la hoja (hasta aparición de lígula) y posteriormente disminuyó a un promedio de ~42% en la hoja madura, permaneciendo en este nivel en la fracción verde de la hoja en senescencia.

En las láminas individuales el efecto de la edad en la DFDN (fig. 2) mostró interacción entre los factores altura

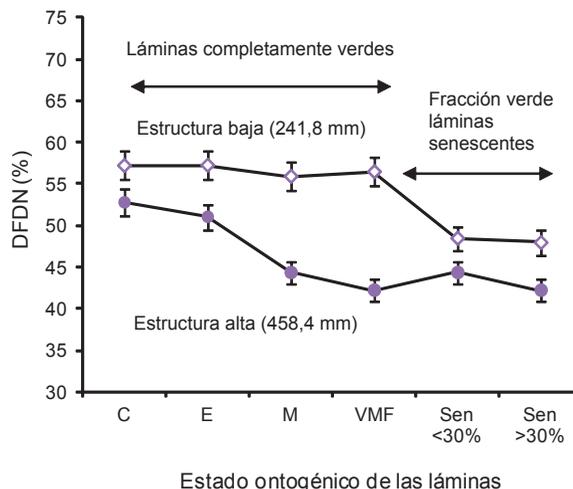


Figura 1. Digestibilidad de la FDN (DFDN) de láminas de pasturas de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) de diferente altura. \diamond : baja \bullet : alta. Cada punto representa el promedio (\pm ds) de tres generaciones consecutivas de hoja en el mismo estado ontogénico (C: en crecimiento, E: recién expandida, M: madura, fin de VMF y S<30% y S>30%: fracción verde de lámina senescente con menos o más de 30% de senescencia, respectivamente).

y generación de hojas. En G1 y G2 la DFDN disminuyó linealmente con el avance de los estados ontogénicos. La pendiente fue similar entre alturas de pastura, pero el intercepto fue un ~12% mayor en B que en A (65,8% vs 58,7%), indicando que las láminas de menor longitud emergieron con mayor DFDN que las más largas. En cambio en G3 la DFDN, que fue más baja que en las dos primeras generaciones (50-55%), hubo interacción con la edad. En B se mantuvo constante (54,4%) y en A disminuyó.

La DFDN disminuyó 0,024 unidades porcentuales/mm en G1 y G2 con el incremento del largo foliar, pero no mostró cambios en G3 que presentó el valor más bajo (52,1%). Según las ecuaciones mostradas para G1 y G2 (fig. 2), la DFDN promedio disminuiría de ~60% a ~50% con un aumento de longitud entre 100 a 500 mm.

DISCUSIÓN

El agropiro alargado es una especie muy difundida en suelos con severas limitantes edáficas de nuestro país que disminuye drásticamente su calidad con la acumulación de biomasa (Aello *et al.*, 1981; Di Marco *et al.*, 1982; Garcia-reña *et al.*, 1984; Gándara y Gómez, 1987). No obstante, bajo las condiciones de este experimento, mostró plasticidad fenotípica como ha sido señalado por Nelson y Moser (1994) en otras gramíneas. Es decir, modificó parámetros morfogénicos y de calidad forrajera como respuesta al régimen de defoliación mecánica aplicado.

En primer lugar, la altura de la pastura disminuyó 50% con el corte a 5 cm del suelo y una frecuencia de $\frac{1}{2}$ VMF. Ello es debido a que el corte bajo reduce la longitud de la

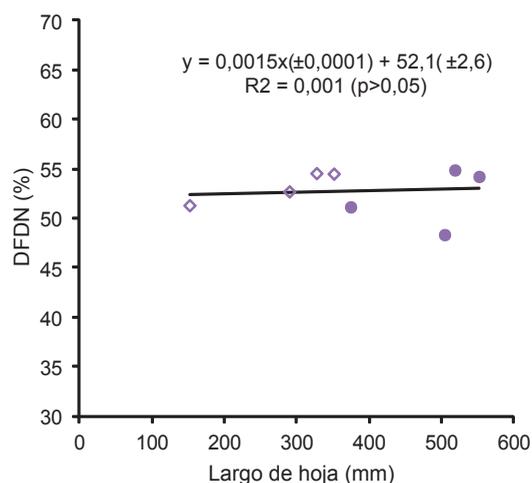
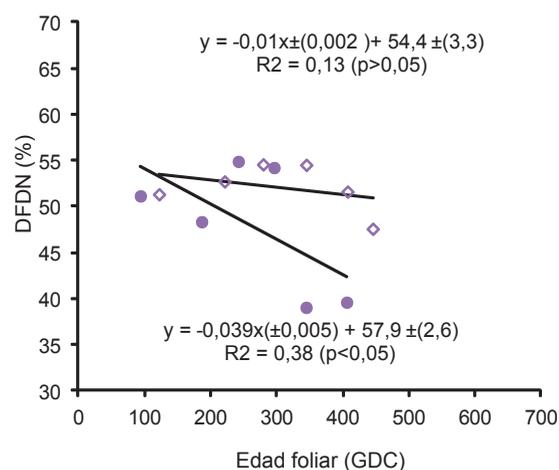
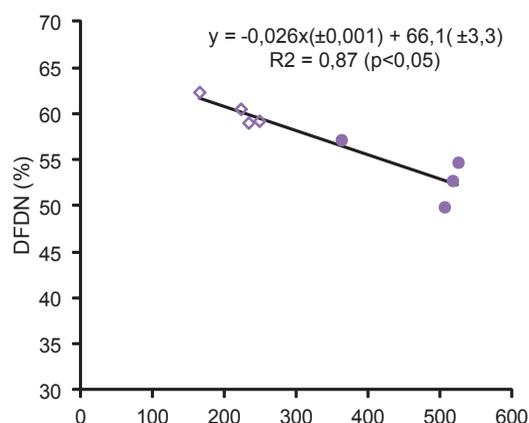
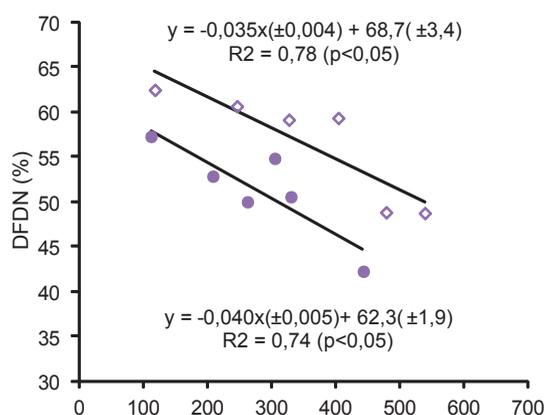
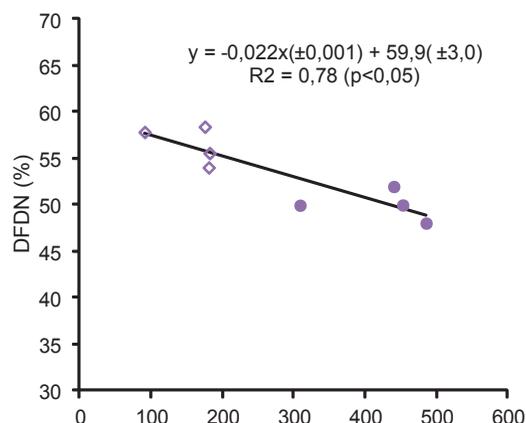
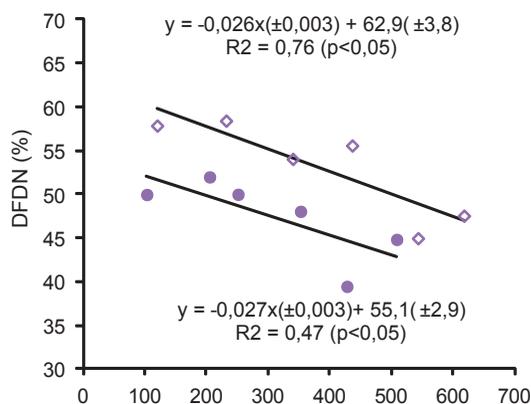


Figura 2. Digestibilidad de la FDN (DFDN) de láminas de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) con relación a la edad de la hoja. \diamond : estructura baja; \bullet : estructura alta. G1, G2 y G3: Generaciones consecutivas de hoja de un rebrote otoñal desde inicio del crecimiento hasta senescencia avanzada.

Figura 3. Digestibilidad de la FDN (DFDN) de láminas de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) con relación al largo de hoja. \diamond : estructura baja; \bullet : estructura alta. G1, G2 y G3: Generaciones consecutivas de hojas de un rebrote otoñal desde inicio del crecimiento hasta senescencia avanzada.

vaina y consecuentemente el tamaño de la zona de crecimiento dentro de la misma (Arredondo y Schnyder, 2003), lo que determina que las hojas sucesivas sean de menor

longitud (Wilson y Laidlaw, 1985 y Duru y Ducrocq, 2002). Esta respuesta fotomorfogénica explica la asociación entre largo de vaina y lámina previamente descrita en resul-

tados, la cual ha sido destacada previamente por Wilson (1976); Groot; Neuteboom (1997) y Duru; Ducroq (2000).

En segundo lugar, aumentó el ciclo de vida de las hojas (VMF) un 30%, lo cual muestra que el momento del comienzo de la senescencia no es estático. Este efecto no ha sido reportado en la bibliografía, en la cual está aceptado que la VMF expresada en tiempo térmico es relativamente constante bajo un amplio rango de condiciones ambientales y de manejo (Lemaire y Chapman, 1996). Los resultados aquí mostrados indican que la senescencia se adelanta en pasturas de estructura alta y se atrasa en la baja, lo cual puede estar asociado al grado de sombreado de las hojas del estrato inferior y/o a la calidad de la iluminación, que cambia la relación rojo/rojo lejano de la luz (Deregibus *et al.*, 1983).

En tercer lugar, la disminución de la altura de la pastura ocasionó un aumento del número de hojas vivas. Esto es esperable ya que aumentó la VMF y el número de hojas vivas por macollo está determinado por el cociente entre la VMF y el intervalo de aparición de hojas (Lemaire y Chapman, 1996). También podría esperarse, si bien no se midió en este experimento, un aumento del número de macollos en la estructura baja, ya que la disminución su peso (hojas más pequeñas) es compensado por un aumento de su número (Davies, 1988; Lemaire y Chapman, 1996).

Finalmente la altura de la pastura afectó la calidad de las láminas por medio de su incidencia en la DFDN, ya que el contenido de FDN se mantuvo relativamente estable en ambas estructuras de pasturas en un promedio de 52% (SE:1.6), independientemente del estado ontogénico. Esto es esperable debido a que la acumulación de pared celular (FDN) ocurre en la zona de maduración dentro de la vaina cuando la lámina aún no es visible (MacAdam y Nelson, 1987; Nelson, 1992). No obstante, el largo foliar tuvo un efecto de moderada importancia práctica, ya que según la ecuación previamente mostrada en resultados, la FDN aumentaría de 48,8% a 53,8% para un rango de longitud hoja entre 100 a 600 mm. Los resultados concuerdan con trabajos previos en otras especies templadas y megatérmicas (Agnusdei *et al.*, 2009; Avila *et al.*, 2009 y Insua *et al.*, 2012)

La DFDN aumentó aproximadamente 10% al disminuir la altura de la pastura y también disminuyó con el avance del estado ontogénico y con el aumento de la longitud de la hoja dentro de ambas alturas de pastura (fig. 3 y 4). Una vez que la lámina emergió su DFDN disminuyó durante la VMF con similar tasa en las generaciones 1 y 2. En la generación 3, en cambio, la DFDN se mantuvo constante en el nivel mínimo. Esta generación emergió con la DFDN más baja y fue más larga que las precedentes. Lo cual puede explicarse porque creció dentro de una vaina más larga. Por lo tanto, lleva a suponer que en la zona de maduración, ubicada en la base de la vaina, ocurren cambios en la pared celular de las láminas en formación que hacen que la hojas emerjan con menor DFDN. Esto puede interpretarse como una respuesta fotomorfogénica para dar mayor capacidad de sostén a los órganos foliares de mayor longitud. Entre los procesos que se mencionan en la bibliografía que tornan menos digestible la pared celular (<DFDN) se pueden citar los complejos que

se forman entre precursores fenólicos de la lignina, como el ácido ferulico y p-cumárico, con la hemicelulosa (Akin y Chesson, 1989; Jung y Allen, 1995).

La disminución de la DFDN con el aumento del largo foliar fue de 0,02 unidades por mm de incremento, con excepción de la generación 3. Los resultados de ambos tratamientos se ubicaron sobre una misma recta descendente con el aumento del largo foliar. Las láminas cortas se ubicaron en la porción superior de la línea y las láminas largas en su parte inferior. Ello indica que el aumento del largo foliar ocasionado por la competencia lumínica afecta negativamente la DFDN, como ha sido observado en otras especies (Groot; Neuteboom, 1997; Avila, 2009; Agnusdei, 2009).

Las variaciones en la DFDN comentadas determinaron la calidad del material ofrecido, con consecuencias sobre el consumo de materia seca y por lo tanto sobre la productividad animal (Oba y Allen; 1999). Dichos autores estiman que por cada unidad de incremento de la DFDN hay un aumento de 0,177 kg/día en el consumo de MS y de 0,230 kg/día en la productividad de leche.

CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que al avanzar el rebrote de una pastura vegetativa de agropiro la DFDN disminuye con la edad y el largo foliar, sin afectar el contenido de FDN. No obstante, el agropiro es una especie plástica que modificó su estructura y calidad nutritiva como respuesta al manejo. La defoliación con una frecuencia dentro del período de VMF y una intensidad que controló el alargamiento de las vainas redujo la altura de la pastura y aumentó la calidad de las láminas por dos vías. En forma directa, al mejorar la digestibilidad de la FDN sin afectar su contenido; e indirectamente, al retrasar la senescencia y aumentar el número de hojas vivas por macollo. Lo contrario también fue observado, es decir, la acumulación de biomasa que exceda el período de VMF de la especie implica la formación de hojas más largas de menor calidad, mayor desarrollo de las vainas, alta proporción de hojas en distintos grados de senescencia y material muerto y raleo de la pastura por pérdida de macollos.

BIBLIOGRAFÍA

- AELLO, M.S.; GÓMEZ, P.O.; DI MARCO, O.N.; MATINATA, L.V. 1981. El agropiro (*Agropyron elongatum*) como recurso forrajero invernal, bajo distintas condiciones de manejo. VI – Dinámica de la pastura durante la primera clausura otoñal. Rev. Arg. Prod. Anim. 10: 343-356.
- AGNUSDEI, M.G.; NENNING, F.R.; DI MARCO, O.N.; AELLO, M.S. 2009. Variaciones de calidad nutritiva durante el crecimiento vegetativo de gramíneas megatérmicas de diferente porte y longitud foliar (*Chloris gayana* y *Digitaria decumbens*). Rev. Arg. Prod. Anim. 29: 13-25.
- AKIN, D.E. ; CHESSON, A. 1989. Lignification as the major factor limiting forage feeding value especially in warm conditions. In: Proc. 16th Int. Grassl. Congr. Assoc. Francaise pour la Production Fourragere, Nice, France. pp. 1753–1760.

- ARREDONDO, J.T.; SCHNYDER, H. 2003. Components of leaf elongation rate and their relationship to specific leaf area in contrasting grasses. *New Phytologist*. 158:305–314.
- AVILA, R.E.; DI MARCO, O.N.; AGNUSDEI, M.G.; MAYORAL, C. 2009. 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.
- CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M.J. ed. *Grasslands for Our World*. SIR Publishing, Wellington. pp. 55-64.
- DAVIES, A. 1988. The regrowth of the grass sward. In: Jones M.B.; Lazenby, A. eds. *The Grass Crop: The Physiological Basis of Production*. Chapman and Hall, London. pp. 129-169.
- DEREGIBUS, V.A.; SANCHEZ, R.A.; CASAL, J.J. 1983. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* sp. *Plant Physiology*. 72: 900-912.
- DI MARCO, O.N.; AELLO, M.S.; GÓMEZ, P.O.; GUTIÉRREZ, C. 1982. El agropiro (*Agropyron elongatum*) como recurso forrajero invernal, bajo distintas condiciones de manejo. IV – Dinámica de la pastura durante la segunda clausura otoñal. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 2: 11-36.
- DURU, M.; DUCROCQ, H. 2000. Growth and senescence of the successive leaves on a cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regimen. *Ann. Bot.* 85: 645–653.
- DURU, M.; DUCROCQ, H. 2002. A model of lamina digestibility of orchardgrass as influenced by nitrogen and defoliation. *Crop Science* 42: 214 – 223.
- GÁNDARA, F.R.; GÓMEZ, P.O. 1987. El agropiro (*Agropyron elongatum*) como recurso forrajero invernal, bajo distintas condiciones de manejo. V. Valor alimenticio invernal de dos pasturas de agropiro diferidas de otoño. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 7: 147-161.
- GARCIARENA, D.A.; CHIFFLET de VERDE, S.; COCIMANO, M.; OVEJERO, F.; DI MARCO, O.; SAINT MIQUEU, E.; COLOMBO, I. 1984. Digestibilidad *in vivo* del agropiro. Predicción por índices fecales. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 4: 141-149.
- 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). En prensa RIA 2012.
- 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.
- LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; de MORAES, A.; CARVALHO, P.C. de F.; NABINGER, C. *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. CAB International. pp. 265-287.
- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. eds. *The ecology and management of grazing system*. CAB International. pp. 3-36.
- MAC ADAM, J.W.; NELSON, C.J. 1987. Specific leaf weight in zones of cell division, elongation and maturation in tall fescue leaf blades. *Annals of Botany* 59: 369–376.
- MAZZANTI, A.; CASTAÑO, J.; SEVILLA, G.H.; ORBEA, J.R. 1992. Características agronómicas de especies y cultivares de gramíneas y leguminosas forrajeras adaptadas al sudeste de la provincia de Buenos Aires. Manual de descripción. CERBAS. INTA. Pp. 32-33.
- NELSON, C.J.; MOSER, L.E. 1994. **Plant factors affecting forage quality**, In: G. C. Fahey, Jr. et al. (ed.) *Forage quality, evaluation and utilization*. ASA, Madison, WI. USA, pp. 115-154.
- NELSON, C.J. 1992. Physiology of leaf growth of grasses. In: Proc 14th European Grassland Federation, Lahti, Finland. pp 175-179.
- OBA, M.; ALLEN, M. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82: 589-596.
- SAS. 2001. SAS/STAT® User's guide (Release 8.0). SAS Inst. Inc., Cary, NC
- VAN SOEST, P.; ROBERTSON, J.; LEWIS, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- WILSON, J.R. 1976. Variations of leaf characteristics with level of insertion on a grass tiller. I. Development rate, chemical composition and quality. and dry matter digestibility. *Aust. J. Agric. Res.* 27: 343–354.
- WILSON, R.E.; LAIDLAW, A.S. 1985. The role of the sheath tube in the development of expanding leaves in perennial ryegrass. *Ann Appl Biol* 106: 385-391.

Lista de evaluadores 2012 (RIA, Vol. 38)

Los directores y el Comité Editorial de la Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA) agradecen el acompañamiento de los siguientes profesionales. Su colaboración es de vital importancia para que la publicación goce de la más alta calidad y prestigio internacional en las disciplinas que publica.

Abelardo de la Vega	Gustavo Schrauf	Mónica Zimmermann
Adrian Andriulo	Hector Del Valle	Mónica Balzarini
Adriana Saluso	Hermann Restrepo	Natalia Damiani
Agustín Grimoldi	Herminda Reinoso	Nora Pasquini
Alberto Flores	Hugo Alvarez	Norberto Gariglio
Alejandro David Gascón	Hugo Gutierrez	Oscar Pozzolo
Alfredo Calzolari	Jorge Frana	Pablo Aceñolaza
Alicia Ávila	Jorge Mario Marchetti	Pablo Eduardo Abbate
Alicia Fabrizio Iorio	Jorge Nisi	Pablo Fernando Loyola
Alicia Morant	Jorge Omar Schneider	Patricia Kandus
Ana María Canal	José Corronca	Patricio Ros
Andrés Bravo Oviedo	José García Ruiz	Pedro Fernández
Andrés Linares	José Miguel Basualdo	Pedro Gundel
Antonio Prativiera	Juan Pablo D'Amico	Pedro Insausti
Carlos A Sala	Juan Pedro Bouvet	Piedad Cristiano
Carlos Borbón	Junne Thomas	Ricardo Maich
Carmen Campos	Laura Dalla Fontana	Roberto Benech Arnold
Clara Linardelli	Laura Yahdjian	Roberto Fernandez
Claudia González	Lidia Giuffre	Rodolfo Mendoza
Concepción Arjona	Lisandro Blanco	Rodrigo Vergara
Daniel Diéguez	Luciana Gherman	Rosa Elvira Inés Medina de Días
Daniel Kirschbaum	Marcelo Diego Martinotti	Rosana Giménez
Diego E. Gurvich	Maria Adelaida Correa	Rubén Pilatti
Diego Steinaker	Maria Alejandra Maine	Sandra Guerrero
Diego Wassner	Maria Eugenia Beget	Santiago Verón
Ernesto Viglizzo	Maria G. Pacheco	Sergio Garrán
Federico Grings	María Inés Moyano	Silvia Mundo
Federico Letorneau	Maria Semmartín	Silvia Ratto de Miguez
Fernando Castaño	María Teresa Defagó	Silvia Van den Bosch
Flavio H. Gutiérrez Boem	Mariana Pocovi,	Susana Del Toro
Francisco Rubén La Rossa	Mario Castiglioni	Victoria Marchesini
Gabriel Rua	Matías Daniel Maggi	Virginia Lopez
Gabriela Posse	Maximiliano Eiza	William Batista
Georgia Ouzounidou	Miguel Cantamutto	Yanina Torres
German Baldi	Miguel E. Schmalko	
Gervasio Piñeiro	Mónica Agnusdei	

Presencia de zearalenona en pasturas del este de Chaco

Salvat, A.E.; Balbuena, O.; Ricca, A.; Comerio, R.M.; Rosello Brajovich, J.E.; Rojas, D.; Berretta, M.F.; Delssin, E.; Bedascarrasbure, E.; Salerno, J.C.

Análisis de polimorfismo de nucleótido simple en el gen *FASN* y su relación con características de producción en pollos

Marrube, G.; Rozen, F.M.B.; Pinto, G.B.; Fassa, V.; Pacienza, N.; Demarco, A.N.; Romano, E.G.; Fain Binda, V.; Canet, Z.; Melo, J.E.

Distribución de la calidad del trigo pan argentino utilizando mapas del sistema de información geográfica

Salomón, N.; Aldalur, B.; Cuniberti, M.; Miranda, R.

Efecto de la intensidad y época de realización del raleo sobre el rendimiento y la calidad de fruto en el cultivo de cerezos

Cittadini, E.D.; Balul, Y.J.; Romano, G.S.; Pugh, A.B.

Cebos molusquicidas y molusquicidas líquidos para el control de *Deroceras reticulatum* (Pulmonata: Stylomatophora), plaga en el cultivo de colza

Garavano, M.E.; Manetti, P.L.; López, A.N.; Clemente, N.L.; Salvio, C.; Faberi, A.J.

Comportamiento de diferentes cultivares de trigo a Wheat Streak Mosaic Virus (WSMV) y High Plains Virus (HPV) mediante infección artificial con el vector *Aceria tosichella* Keifer, bajo condiciones de campo

Dumón, A.D.; Argüello Caro, E.B.; Alemandri, V.M.; Mattio, M.F.; Donaire, G.; Alberione, E.; Bainotti, C.T.; Rodríguez, S.M.; Truol, G.

Uso del nitrógeno y calidad industrial en cultivares argentinos de trigo pan (*Triticum aestivum* L.)

Lerner, S.E.; Arrigoni, A.C.; Arata, A.F.

Inventario de metano entérico de los sistemas de producción de carne para San Luis en el año 2009

Guzmán, M.L.; Sager, R.L.

Abundancia de trébol rojo y trébol blanco en pasturas del centro y norte de la provincia de Buenos Aires

Barletta, P.; Camarasa, J.; Carta, H.; De Andrés, A.; Méndez, D.; O'Gorman, J.M.; Ojuez, C.; Pérez, G.; Scheneiter, O.; Varea, I.

Calidad de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) en estado vegetativo en relación con la edad y longitud de las hojas

Di Marco, O.N.; Harkes, H.; Agnusdei, M.G.

Di Marco, O.N.; Harkes, H.; Agnusdei, M.G.

Calidad de agropiro alargado

(*Thinopyrum ponticum*) en estado vegetativo en relación con la edad

de las hojas

en la provincia de Buenos Aires

en el centro y norte de la provincia de Buenos Aires



Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Rivadavia 1439 (C1033AAE) - Buenos Aires