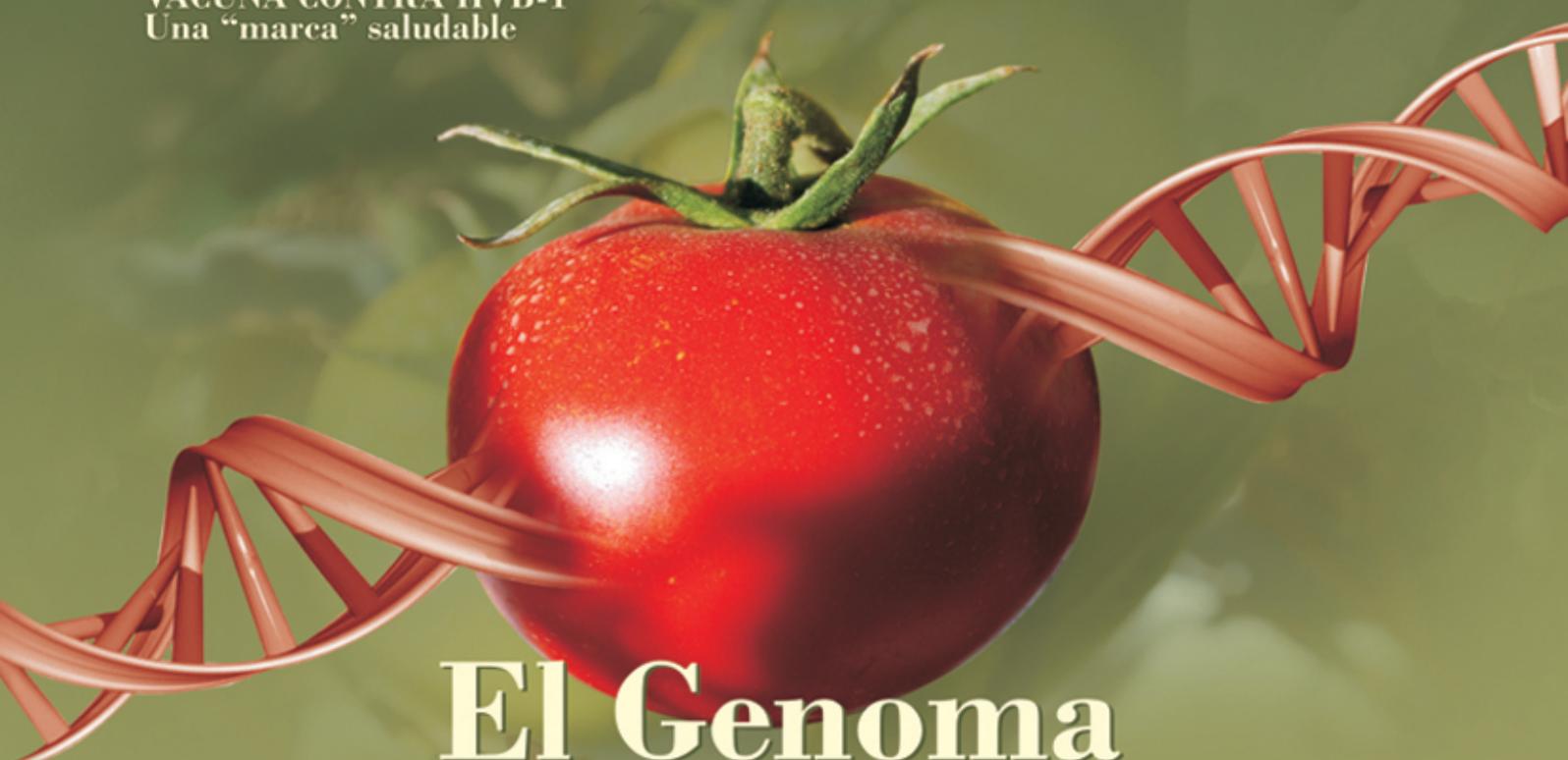


CONTROLAR LA FERTILIDAD EN VACAS
Biomateriales que regulan el ciclo

VACUNA CONTRA HVB-1
Una "marca" saludable



El Genoma del Tomate

Mejorar cultivos con información genética

Ediciones

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación



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

Institución Editora:
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
(INTA)

Cuatrimestral

Vol. 37 / N.º 1 /
Febrero 2010, Buenos Aires, Argentina

SEDE EDITORIAL

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

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)

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

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

info@graficalatina.com.ar

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL INTA

Presidente:

Ing. Agr. Carlos Casamiquela

Vicepresidente:

Ing. Agr. Luis Basterra

Consejeros Nacionales:

Méd. Vet. Daniel Gustavo Garello - MAGyP

Ing. Agr. Abel Rene Ferrero - 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. Néstor Oliveri

Directores Nacionales Asistentes:

DNA Sistema de Información, Comunicación y Calidad

Lic. Gabriel Delgado

DNA de Relaciones Institucionales

Dra. Ana Cipolla

DNA Planificación, Seguimiento y Evaluación

Dra. Susana Mirassou

DNA Organización y RR.HH.

Ing. Agr. Guillermo Semproní

DNA Administración

CPN Lic. Rosendo Tarsetti

Coordinadores nacionales:

CN de Transferencia y Extensión

Ing. Agr. Julio Catullo

CN de Investigación y Desarrollo

Dra. Norma Pensel

CN de Vinculación Tecnológica

Ing. Adolfo Luis Cerioni

COMITÉ EDITORIAL

Presidente:

Dr. Carlos Di Bella - INTA

Vocales:

Dr. Jorge Mariotti - INTA

Dr. Eduardo Baroni - UNL

Dr. Rafael Fernández - UNCuyo

Dr. Emilio Satorre - UBA

Dr. Carlos Scoppa - ANAV

STAFF

Dirección:

Dra. Norma Pensel

Lic. Máximo Bontempo

Coordinación editorial:

Lic. Felicitas Terreno

Producción Editorial:

Asesores técnicos y de contenido

Dr. Ricardo Sager

Ing. Agr. Cristian Zuchini

Ing. Agr. Mg. María E. Beget

Diseño y Edición:

Gráfica, Gerencia de Comunicación
e Imagen Institucional

Colaboración:

Gerencia de Procesos y Calidad



Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

Un aporte estratégico al conocimiento

El INTA es una organización científica y tecnológica tanto como de desarrollo social y cultural; transcurre por la inacabable frontera del conocimiento agropecuario y agroindustrial y por los vastos territorios de una nación heterogénea en ambientes y raíces culturales.

Así, trabajan de manera coordinada, tanto investigadores de primera línea y prestigio internacional, como extensionistas reconocidos por su trabajo de intervención en los ámbitos locales donde necesariamente termina-reinicia el ciclo de la innovación.

La Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA) es el órgano de comunicación científico-tecnológica del INTA, un espacio de interacción y de importancia estratégica para las comunidades de todas las disciplinas que conforman el mosaico del conocimiento agroindustrial argentino.

Hoy el INTA relanza este producto de su trabajo institucional con la convicción de que nunca es suficiente el esfuerzo por difundir el conocimiento y promover su utilización criteriosa para contribuir al desarrollo del país.

Al formato tradicional de la revista se ha agregado la publicación en el sitio Web del INTA con una página dinámica en la que se pueden visualizar los trabajos en inglés y en español, lo que internacionaliza su ámbito de distribución. Además, por primera vez en su historia, RIA cuenta con dos secciones (una que contiene artículos científicos y otra, notas de divulgación) que actúan como una herramienta más para acercar la institución a los productores.

De esta forma, el INTA da un paso más en pos de su misión por la cual se impulsa y vigoriza el desarrollo de la investigación y la extensión agropecuaria para el mejoramiento de la empresa agraria y la vida rural.

Alimentada por el trabajo de nuestro personal y con la colaboración de muchas instituciones que forman parte del Sistema Nacional de Ciencia y Técnica, pero también potenciada por las nuevas tecnologías de información y comunicación, la presente etapa de nuestra tradicional RIA tiene todo por ganar. Ganará en difusión, en participación y en calidad, pero lo más importante, ganará el INTA y ganará el país al demostrar que la potencia cultural de sus hombres y mujeres está a la altura de los países más avanzados.

Siendo nuestros principios rectores la competitividad, la salud ambiental y la equidad social, este espacio surge suficientemente amplio como para el tratamiento científico-tecnológico de las distintas temáticas relacionadas con el desarrollo del país, de la mano de los avances en el conocimiento y las aplicaciones agroindustriales.

El número 37 de la RIA que tiene en sus manos constituye entonces un renovado esfuerzo y entusiasmo que esperamos comparta con nosotros.

Tecnologías emergentes en ciencia

El clima cambia, el ambiente cambia, la sociedad cambia, la tecnología cambia y en consecuencia, nuestras expectativas así como nuestra visión del futuro también cambian. Quienes estamos involucrados en la generación de conocimiento y tecnología o en la gestión de las organizaciones que se dedican a ello, nos vemos en la necesidad permanente de anticiparnos a estos cambios.

Para ello utilizamos una terna de actividades estratégicas, la prospectiva, la planificación y la investigación social, instrumentos que permiten observar e integrar los posibles avances de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad para identificar conocimientos y tecnologías emergentes con capacidad para generar mayores beneficios económicos y sociales. En otras palabras, investigamos la realidad, "miramos" el futuro y organizamos una forma de crear algún estado deseable de los muchos posibles.

Dentro de este marco, una de las preocupaciones institucionales son las llamadas "tecnologías emergentes", aquellas que vienen surgiendo e instalándose como producto de la evolución y el enfoque del sistema global de ciencia, tecnología e innovación.

Hoy consideramos que las aplicaciones biotecnológicas, de las tecnologías de información y comunicación, y de la nanotecnología, son emergentes en el sector agroindustrial. Esto no quiere decir que sean radicalmente nuevas, sino que su velocidad de desarrollo y convergencia las convierte en generadoras permanentes de innovaciones de distinto tipo.

Por esto, además de prestar atención a estas disciplinas individualmente, estamos interesados en los cruces interdisciplinarios y más aún, en la forma en que esta emergencia cambia nuestras ideas básicas y nuestros enfoques para aportar a la ciencia y la tecnología de cara al futuro y fundamentalmente en pos de una mejora continua de la calidad de vida. Dado el objetivo del INTA enunciado es su Plan Estratégico Institucional 2005-2015 de "focalizar su acción dentro del campo de la innovación para fortalecer el desarrollo nacional, regional y territorial del Sistema Agropecuario, Agroalimentario y Agroindustrial", pensamos en las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para promover el conocimiento, además de brindar información; en la nanotecnología para agregar inteligencia a los productos y sistemas de producción, además de obtener mayor calidad; y en la biotecnología para aprovechar, expandir y conservar toda la biodiversidad heredada, conjuntamente con una mayor productividad.

Integrar las tecnologías emergentes a las disciplinas y especialidades tradicionales con una visión de futuro optimista y moderna del desarrollo territorial, requerirá de los mejores talentos y los mayores esfuerzos. La revista RIA es un espacio que intenta reflejar algunos de ellos. Un espacio interdisciplinario y abierto a toda la comunidad científico-tecnológica nacional, que asegura la diversidad de enfoques y culturas presentes en nuestro sistema de ciencia y tecnología, y que finalmente constituye una herramienta para la promoción de la innovación agropecuaria, agroalimentaria y agroindustrial de cara a los desafíos concurrentes planteados en las dimensiones social, productiva y ambiental.

Actualidad en I+D

Editoriales

04 Un aporte estratégico al conocimiento

RIA como espacio de interacción para el conocimiento agroindustrial argentino. Un valor para la sociedad.

04 Tecnologías emergentes en ciencia

Identificar capacidades para promover el conocimiento y así asegurar la diversidad de enfoques y culturas.



Notas

08 Científicos descifran el genoma del tomate

Grandes posibilidades para estudiar mecanismos genéticos y moleculares y mejorar la especie.



13 Vacuna "marcadora" contra el HVB-1

Una herramienta útil para diferenciar a los animales vacuna- dos de los infectados de manera natural.

16 Microcápsulas para controlar fertilidad

Tecnología para controlar y sincronizar ciclos hormonales en vacas. Inseminaciones artificiales eficientes.



Trabajos

Artículos

18 Persistencia de herbicidas en suelos

Gianelli, V.; Bedmar, F.; Y Monterubbianesi, M.G.

26 Nematodos gastrointestinales bovinos

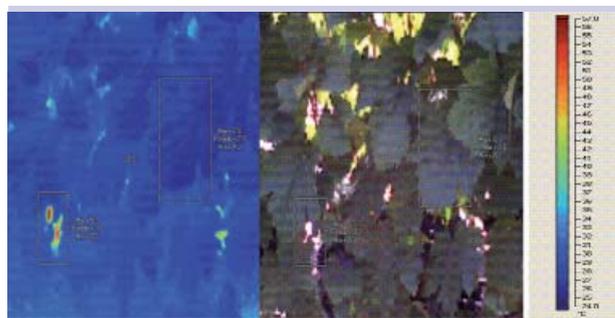
Suárez, V.H.; Miranda, A.O.; Arenas, S.M.; Schmidt, E.E.; Lambert, J.; Schieda, A.; Felice, G.; Imas, D.; Sola, E.; Pepa, H.; Bugnone, V.; Calandri, H.; Lordi, L.V.

37 Catequinas en cultivares de té

Prat Kricun, S.D.

46 Potencial hídrico

Vila H.; Hugalde I.; Di Filippo M.



54 Prototipo para intersembrar

Principi M.A.; Mattana R.R.; Cardinali O.P.; Colodro J.L.

62 Pastizales, agua y nitrógeno

Colabelli, M.R., Agnusdei, M.G.; Durand J.L.

75 Estaciones convencionales y automáticas

Gattinoni, N.; Boca, T.; Rebella, C.; Di Bella, C.

86 Nuevo cultivar tolerante a sequía

Griffa, S.; Ribotta, A.; Luna, C.; Bollati, G.; López Colomba, E.; Tommasino, E.; Carloni, E.; Quiroga, M.; Grunberg, K.



92 Sistema de conducción en duraznero

Valentini, G. H.; Arroyo, L. E.

99 Variabilidad de germoplasma en girasol

González, J.; Mancuso, N.; Ludueña, P.



Científicos descifran el genoma del tomate

Investigadores de diversos países secuenciaron el genoma del tomate cultivado. Este hallazgo será de utilidad para mejorar su sabor, nutrición y calidad mediante diversas estrategias de mejoramiento genético.

El equipo argentino, liderado por Fernando Carrari del INTA Castelar, secuenció el genoma de la mitocondria, molécula que representa el 0.05 por ciento del total. A su vez, también trabajó sobre la especie silvestre del tomate para aportar alelos exóticos que sirvan como fuente de diversidad que pueden ser utilizadas por los mejoradores.

“No sólo es necesario conservar la variabilidad, sino también utilizarla en beneficio de la producción local”, finalizó el investigador.

(Actualidad en I+D p. 08)



Vacuna “marcadora” contra el HVB-1

El INTA logró patentar una vacuna para combatir el Herpes Virus Bovino tipo 1, una importante enfermedad que puede producir pérdidas económicas y que afecta especialmente el tracto respiratorio de los animales. Mediante la remoción de la glicoproteína E (gE), los animales vacunados pueden diferenciarse de los no vacunados a partir de un simple análisis de suero, lo que permite, en un futuro, implementar campañas de erradicación y control.

Una vacuna marcadora es de gran utilidad porque la respuesta inmune no puede ser enmascarada por la respuesta a la infección natural y, al mismo tiempo, disminuye la probabilidad de transmisión.

(Actualidad en I+D p. 13)



Biomateriales para controlar fertilidad en vacas

Investigadores de la Universidad Nacional del Litoral crearon microcápsulas a partir de biomateriales que no dejan residuos en las vacas y permiten controlar la velocidad de liberación de hormonas. Esto les permite intervenir en el ciclo y, de esta forma, favorecer la eficiencia de las inseminaciones artificiales.

La investigación, que se lleva adelante en el Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química, fue premiada recientemente por la Bolsa de Comercio de Santa Fe en el certamen “Una apuesta al Tricentenario”.

Controlar el ciclo permite controlar el celo y lograr inseminaciones simultáneas que logren disminuir costos de pariciones y programar pasturas.

(Actualidad en I+D p. 16)

Persistencia de herbicidas en suelos

Imazapir es un herbicida de amplio espectro que se aplica en los cultivos de girasol y maíz Clearfield. Según los investigadores, presenta fuerte acción residual en el suelo. Para investigar su persistencia, aplicaron Imazapir en un cultivo de girasol presente en un suelo franco-arcilloso y realizaron bioensayos en cámara de crecimiento de trigo, colza, girasol y maíz (todos ellos no resistentes a herbicidas) y un ensayo a campo. Tras estas experiencias, concluyeron que la persistencia varió según el cultivo, dosis y variables analizadas. Los cultivos sembrados a campo no fueron afectados por la presencia de residuos en el suelo.

(Trabajos p. 18)

Nematodos gastrointestinales bovinos

Entre los problemas sanitarios de la ganadería, los nematodos gastrointestinales ocasionan graves pérdidas en la producción de carne bovina. Esta afección, llamada gastroenteritis verminosa (GEV), se presenta como una parasitosis de etiología mixta, que afecta principalmente a los terneros de engorde o la cría.

Los investigadores realizaron una encuesta en 350 establecimientos de ciclo completo y cría e internada para registrar los casos de GEV y las prácticas de control y manejo utilizadas por los ganaderos. Tras el análisis, se demostró el peso económico de los nematodos, un elevado uso de antihelmínticos y poca participación del veterinario en el control.

(Trabajos p. 26)

Catequinas en cultivares de té

El trabajo buscó determinar el contenido de materia seca de las siguientes catequinas: epigalocatequina-3-galato (EGCG), epigalocatequina (EGC), epicatequina (EC), catequina (C) y catequina galato (CG), en los cultivares de té elaborados como té negro.

Los contenidos se analizaron por variancia ($P < 0,05$); se estudiaron las diferencias entre cultivares y la población control, épocas e interacciones, y se concluyó que el cultivar CH 410 INTA presentó los mayores contenidos de EGCG, EGC, EC y C, con 1,30; 0,19; 0,29 y 0,11% respectivamente. Además, para CG el cultivar CH 318 INTA presentó el mayor contenido con 0,068%.

(Trabajos p. 37)

Potencial hídrico

El potencial hídrico foliar (Ψ_L) suele utilizarse para medir el estado hídrico de los cultivos. Generalmente se realiza mediante cámara de presión, método que resulta lento, destructivo, y poco práctico al usar un gran número de muestras.

La finalidad de la investigación fue desarrollar métodos para estimar el Ψ_L mediante sensores alternativos a la cámara de presión. Uno de ellos se basó en la reflectancia espectral, aunque requiere de análisis estadísticos para lograr estimar las variables de interés. Se probaron dos análisis: cálculo de índices a partir de los valores del espectro y análisis de Mínimos Cuadrados Parciales. (Trabajos p. 46)

Estaciones convencionales y automáticas

La información meteorológica resulta de gran utilidad en distintas disciplinas como la agronomía y la hidrología. La observación de variables y fenómenos meteorológicos se realiza a través de Estaciones Meteorológicas Convencionales (EMC) o Automáticas (EMA) que han tenido un amplio desarrollo en estos últimos años.

Los investigadores buscaron comparar la calidad de los datos provenientes de ambas estaciones a partir de la estimación de distintos parámetros estadísticos que resultaron similares, especialmente en la temperatura. Se destacó la importancia del intervalo de medición de la precipitación y se propuso extender el período de análisis para evaluar la generalidad de los resultados. (Trabajos p. 75)

Sistema de conducción en duraznero

Los autores evaluaron los efectos sobre el crecimiento y las características productivas de diferentes sistemas de conducción y densidades de plantación en un cultivar de duraznero. Los tratamientos utilizados fueron "Semipalmeta", "Vaso Denso" y "Líder Central".

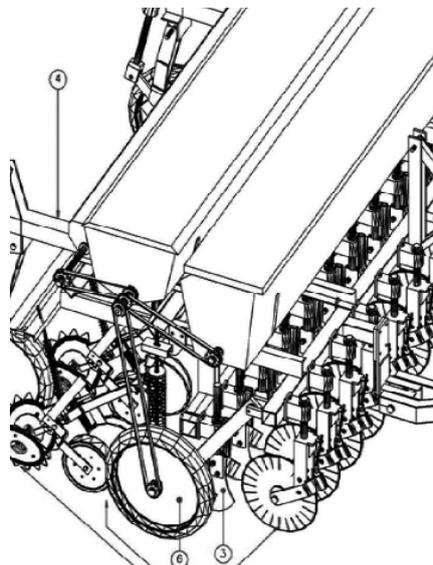
El crecimiento de las plantas y la eficiencia productiva resultaron afectados por la densidad de plantación. La tasa de incremento del diámetro de tronco disminuyó a través de las temporadas. Se obtuvo precocidad en la entrada en producción para los sistemas más densos. El peso promedio de los frutos resultó afectado por el tratamiento, el factor año y la interacción tratamiento x año (Trabajos p. 92)

Prototipo para interseembra

En el trabajo se comparó un prototipo de interseembra de pasturas diseñado por investigadores de la Universidad Nacional de Río Cuarto con una máquina para interseembra de pasturas reconocida y difundida en el mercado.

Con el nuevo equipo se buscó eliminar la compactación superficial producida por el pisoteo de los animales, mejorar la preparación de la cama de siembra y colocar el fósforo a mayor profundidad.

En los tres años de experimentación se pudo constatar a los 30 días de las siembras que existieron diferencias significativas en la eficiencia de implantación a favor del prototipo. (Trabajos p. 54)



Variabilidad de germoplasma en girasol

En el trabajo se analizaron los siguientes caracteres en 3 grupos de líneas de girasol: número de achenios por capítulo, peso de 100 achenios, porcentaje de pepita y aceite, altura de planta y número de días desde siembra a floración para evaluar la variabilidad del germoplasma entre grupos y las asociaciones entre caracteres dentro de cada uno de ellos para identificar su idiotipo y características diferenciales.

Así, se identificaron de 4 a 6 subgrupos caracterizados por los objetivos del mejoramiento y diferenciaron líneas independientes derivadas por selección indirecta. Este germoplasma podría incorporarse a diferentes "backgrounds" genéticos según objetivos de mejoramiento. (Trabajos p. 99)

Pastizales, agua y nitrógeno

Los investigadores analizaron el efecto de la disponibilidad hídrica y nitrogenada sobre el crecimiento primavero estival de forraje. Para ello, utilizaron un diseño en parcela dividida, aplicando el agua y el nitrógeno en dos niveles: natural y no limitante. El tratamiento no limitante respecto de la condición natural de ambos factores modificó la contribución de los grupos funcionales de especies del pastizal y triplicó la acumulación estival de forraje.

Los cambios en productividad son discutidos en términos del impacto del suministro de agua y nitrógeno sobre la composición botánica, la radiación interceptada y la eficiencia de uso de la radiación. (Trabajos p. 62)

Nuevo cultivar tolerante a sequía

En la búsqueda de nuevos cultivares nacionales mejor adaptados a las restricciones edafo-climáticas presentes en el noroeste argentino (principalmente estrés por sequía y salinidad) un nuevo cultivar de buffelgrass, "Lucero INTA-PEMAN", se mostró promisorio y de considerable valor forrajero y en producción de semillas bajo estrés hídrico.

Luego de ser comparado morfológicamente con tres cultivares comerciales inscriptos, los investigadores llegaron a la conclusión de que "Lucero" fue el menos afectado por la baja disponibilidad de agua y tuvo un desempeño superior en el primer año de implantación y en el rebrote. (Trabajos p. 86)



DESCUBRIMIENTO MUNDIAL

Científicos secuencian el genoma del tomate

Un consorcio internacional, en el que participa el INTA y otras instituciones nacionales, logró identificar el código genético de este cultivo. El hallazgo permitirá implementar estrategias de mejoramiento para optimizar su sabor, nutrición y calidad.

Fernando Carrari – fcarrari@cni.inta.gov.ar

Investigadores de diversos países lograron secuenciar el **genoma del tomate**, uno de los cultivos más importantes del mundo y cuya producción nacional supera el millón de toneladas. “Si bien se encuentra disponible públicamente (en solgenomics.net), todavía **se trabaja para liberar una versión curada** que se seguirá estudiando para mejorar su precisión”, adelanta el jefe del grupo de genómica estructural y funcional de especies de Solanáceas del Instituto de Biotecnología del INTA Castelar, **Fernando Carrari**.

A partir del desciframiento del genoma de la especie domesticada *Solanum lycopersicum*, se podrán abrir innumerables oportunidades para el **estudio de mecanismos genéticos y moleculares** que determinan la nutrición, el sabor y la calidad de los frutos de este cultivo mediante estrategias de mejoramiento genético.

En la Argentina, las investigaciones se focalizan en “**rutas metabólicas** particulares del fruto y de otros órganos de la planta y en la **identificación de secuencias** asociadas al contenido vitamínico y de sólidos solubles”, indica Carrari.



El profesional lidera el grupo que representa a la Argentina en el Consorcio Internacional del Genoma del Tomate, que en su primera etapa estuvo encargado de dilucidar el de la **mitocondria**, una molécula subgenómica que representa aproximadamente el 0,05 por ciento del total de la especie (ver recuadro “El genoma”).

Según el investigador, el genoma está “completamente secuenciado”, aunque advirtió que “eso no quiere decir que esté ordenado”. Esto se encuentra relacionado con el porcentaje del genoma que en un principio se pensó secuenciar y el que efectivamente se secuenció. “Se obtuvo mucho **más información de la que originalmente se planificó**, por lo que probablemente lleve más tiempo ordenarla”, considera Carrari, quien a su vez destaca que el proyecto del “genoma humano comenzó en la década del 90 y aún hoy siguen liberándose versiones corregidas”.

“CONOCER LA ESTRUCTURA GENÓMICA DE LOS PROPIOS RECURSOS NATURALES ES LA INFORMACIÓN MÁS VALIOSA QUE PODAMOS TENER. ES NECESARIO CONSERVAR LA VARIABILIDAD Y UTILIZARLA EN BENEFICIO DE LA PRODUCCIÓN LOCAL” (FERNANDO CARRARI).

ESTUDIOS METABÓLICOS

Si bien el número de genes del tomate aún no está claro, algunos estudios indican que podrían ser unos **45 mil**. El grupo argentino estu-

A PARTIR DEL DESCIFRAMIENTO DEL GENOMA SE PODRÁN ABRIR NUMEROSAS OPORTUNIDADES PARA EL ESTUDIO DE MECANISMOS GENÉTICOS Y MOLECULARES QUE DETERMINEN LA NUTRICIÓN, EL SABOR Y LA CALIDAD DE LOS FRUTOS.



dió algunos cientos de ellos relacionados con el metabolismo de la planta en general y del fruto en particular.

“Nuestra intención es estudiar aquellos genes que, por su función predicha, tienen relación con el **metabolismo del fruto** en términos de aplicar este conocimiento al mejoramiento de la calidad, relacionada al tiempo de vida en estantería de los frutos, al sabor y al aroma”, explica el jefe de genómica estructural.

En el corto plazo, una vez que el grupo conozca los genes que codifican enzimas relacionadas con los sólidos solubles y el contenido vitamínico en el fruto, se podrían llegar a **seleccionar materiales** que porten alelos asociados a una **mejora en la calidad**.

Actualmente, el grupo de Carrari estudia la función y el rol de los genes en la **regulación de las vías metabólicas de interés** mediante técnicas de manipulación en los cultivares de experimentación. Una vez resuelto, se podrán buscar **variantes alélicas** en los cultivares que se utilizan actualmente. “Conocer estas variantes le proveerá al mejorador de herramientas para identificar un cultivar que pueda cumplir con los requerimientos más altos de calidad”. En este sentido, los investigado-

EL GENOMA

Cada organismo está compuesto por un genoma; un “manual de instrucciones” químico que indica a través de los genes, qué proteínas se producen, cuándo y dónde (lo que determina cómo el tomate crece y se desarrolla). Si fuera un libro tendría millones de páginas y sólo contendría cuatro letras: A, C, G y T (Adenina, Citosina, Guanina y Timina son las bases nitrogenadas que componen el ADN). La combinación de estas letras conforma las instrucciones (o genes) que hacen que un organismo funcione de una determinada manera.

Secuenciar el genoma, entonces, es descubrir la secuencia exacta en la que están ordenadas esas letras.

Previo al inicio de la secuenciación se realizó una proyección de la cantidad de genes que podría contener el genoma del tomate para programar cuánto tiempo demoraría y cuántos recursos se necesitarían. Entonces, se predijo que con averiguar un 60/70 por ciento se conseguiría lograr un panorama completo de lo que ocurría con este cultivo.

No obstante, a medida que surgieron nuevas tecnologías bioinformáticas, el Consorcio consideró mejor y más económico secuenciar todo.

res de Castelar trabajan en un proyecto conjunto con el INTA La Consulta, el Instituto de Biología Molecular de Rosario (perteneciente al CONICET) y la Universidad Nacional de Córdoba. En el Banco de Germoplasma ubicado en Mendoza, se buscan alelos que estén relacionados con esos aspectos.

EL CODIGO GENETICO

Un ser vivo está formado por billones de células.



Cada célula tiene la "formula completa" de cómo es cada organismo.

La información está guardada en "cápsulas": los cromosomas.

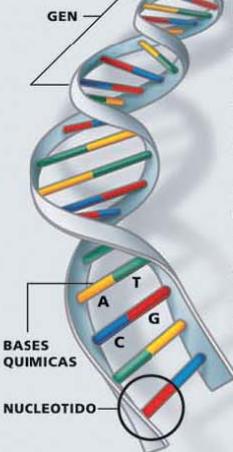
CROMOSOMA
Cada progenitor aporta la mitad de la información genética a su descendencia.

El código genético de cada individuo está "escrito" en la doble hélice del ADN (ácido desoxirribonucleico).

CADENA DE ADN
Si fuera posible estirar el ADN de una célula mediría unos 2 metros.

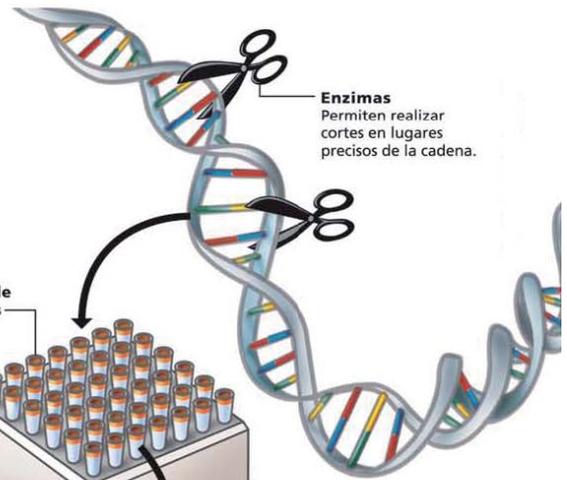
La matriz para que cada célula funcione de una manera determinada está "escrita" en los genes.

Cada gen está formado por una secuencia única de cuatro bases químicas: la adenina (A), la timina (T), la citosina (C) y la guanina (G).



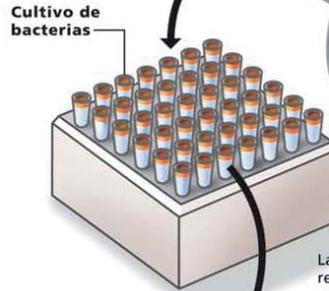
CÓMO SE DECODIFICA EL ADN

1 **FRACCIONAMIENTO**
Utilizando enzimas se realizan cortes químicos para obtener fragmentos cortos de ADN.



Enzimas
Permiten realizar cortes en lugares precisos de la cadena.

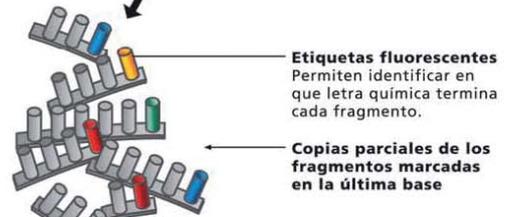
2 **AMPLIFICACION**
Los fragmentos de ADN se multiplican exponencialmente obteniéndose millones de copias.



Cultivo de bacterias

Las bacterias se reproducen rápidamente realizando copias del ADN que se les ha introducido.

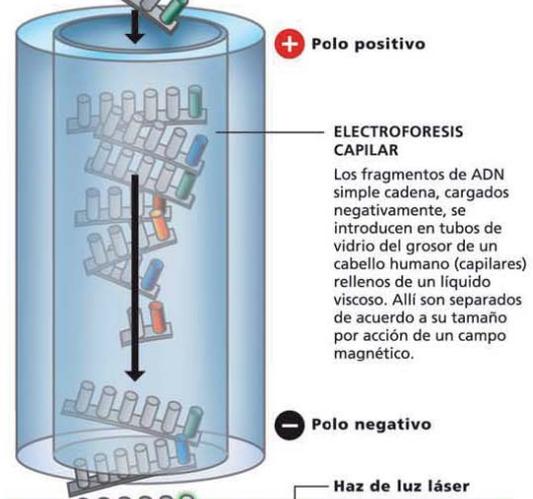
3 **ETIQUETADO**
Cada fragmento se amplifica por segunda vez agregando a la reacción una base química modificada que frena la extensión de la cadena.



Etiquetas fluorescentes
Permiten identificar en que letra química termina cada fragmento.

Copias parciales de los fragmentos marcadas en la última base

4 **CLASIFICACION**
Las copias marcadas en la última base se ordenan por tamaño mediante un proceso llamado electroforesis.



+ Polo positivo

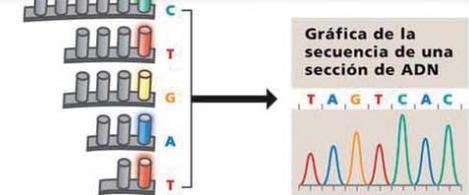
ELECTROFORESIS CAPILAR

Los fragmentos de ADN simple cadena, cargados negativamente, se introducen en tubos de vidrio del grosor de un cabello humano (capilares) rellenos de un líquido viscoso. Allí son separados de acuerdo a su tamaño por acción de un campo magnético.

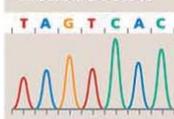
- Polo negativo

Haz de luz láser

5 **LECTURA**
La lectura de la secuencia se realiza iluminando el ADN a la salida del capilar con un láser que detecta la etiqueta fluorescente,



Gráfica de la secuencia de una sección de ADN



obteniendo así la secuencia de las bases químicas.

AL RESCATE DE VARIEDADES SILVESTRES

Si bien el **genoma que se secuenció** no pertenece a un cultivar que se utilice en la producción a campo, es considerado un **modelo de estudio**. En la década del 60 este cultivar fue ampliamente usado para la producción de híbridos comerciales pero, años más tarde, se desarrollaron otros con mejor *performance* agronómica y este cultivar se dejó de lado. No obstante, debido a la cantidad de información disponible, los miembros del consorcio decidieron utilizarlo como modelo.

En este sentido, existe la posibilidad de que se puedan rescatar cultivares utilizados actualmente en distintas regiones del país que se destacan por su sabor y contextura (uno de los casos más conocidos es el del tomate Platense). De esta forma, el INTA comenzó a **rescatar cultivares locales para poder catalogarlos** en colaboración con la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo.

Esto podría ocasionar un gran impacto tanto en términos de **costos de producción** (por ejemplo en el

SI BIEN EL NÚMERO DE GENES DEL TOMATE AÚN NO ESTÁ CLARO, ALGUNOS ESTUDIOS INDICAN QUE PODRÍA CONTAR CON UNOS 45 MIL. EL GRUPO ARGENTINO ESTUDIÓ CIENTOS DE ELLOS AL SECUENCIAR LA MITOCONDRIA.

costo de la semilla que actualmente se importa en su mayoría) como en la **calidad del producto**.

“Nos dimos cuenta que toda esta información suministrada a partir del consorcio del genoma nos podía servir para ir a buscar en esos cultivares toda la variabilidad que existe en ellos y que permitiera explicar su alta calidad o la razón por la cual los productores locales los siguen prefiriendo”, sostiene Carrari.

GENOMAS POR VENIR

Además, el grupo lidera un proyecto de **secuenciación del genoma de una especie de tomate silvestre** (*Solanum pennellii*) que no es comestible ni utilizado para la producción convencional, pero su desciframiento permitiría contar con un importante **reservorio de alelos exóticos**.

América del Sur posee la mayor diversidad de especies de tomate ya que este cultivo es originario de las tierras altas de las costas occidentales y fue cultivado de manera continua por las diversas culturas andinas¹ (ver recuadro “Un cultivo con historia”).

De hecho, en la actualidad **existen más de 2.300 especies diferentes de tomate en la región** y sólo dos laboratorios latinoamericanos participan de este consorcio: uno de la Universidad de Sao Pablo, Brasil, y el otro pertenece al INTA.

Son muy pocos los cultivares comerciales que portan alelos silvestres, pero si se logran conocer éstos a nivel genómico, entonces se podrían seleccionar aquellos que aporten características benéficas y utilizarlos como **fuentes de diversi-**

EL CONSORCIO

El Consorcio Internacional de Secuenciación del Tomate (SOL) está conformado por 13 países cuyos centros se encargan de secuenciar un porcentaje del genoma total de ese cultivo. El Instituto de Biotecnología del INTA Castelar fue quien secuenció el genoma de la mitocondria, debido a los potenciales usos que ese grupo le pueda dar al aplicar esos conocimientos a las especies nativas de este país.

El Consorcio se conformó en 2002 para aunar recursos humanos y materiales en el estudio de esta y otras especies Solanáceas (entre las que se incluye la papa, el pimiento y el tabaco).

A su vez, ese Instituto conforma un consorcio regional llamado LATSOL (cni.inta.gov.ar/lat-SOL) del que participan laboratorios latinoamericanos que trabajan en investigación con especies de Solanáceas que, a su vez, tiene un homólogo europeo llamado EU-SOL (www.eusol.net).

Si bien trabajan en una plataforma común, “cada consorcio tiene objetivos específicos que responden a intereses estratégicos regionales”, afirma el jefe del grupo de genómica estructural y funcional de especies de Solanáceas del INTA Castelar, Fernando Carrari.

“El armado de un consorcio como este lleva mucho tiempo y requiere una gran cantidad de gente, esfuerzo y coordinación”, concluye el investigador.



EN LA ACTUALIDAD EXISTEN MÁS DE 2.300 ESPECIES DIFERENTES DE TOMATE Y SÓLO DOS LABORATORIOS LATINOAMERICANOS PARTICIPAN DEL CONSORCIO: UNO EN BRASIL Y OTRO EN LA ARGENTINA.

UN CULTIVO CON HISTORIA

Numerosas versiones indican que el tomate se cultivaba en América del Sur desde el Siglo VII a.C. La palabra "tomate" proviene de la lengua azteca náhuatl, "tomatl".

Investigaciones indican que ésta y otras hortalizas fueron cultivadas desde hace más de 2.500 años por las culturas que vivieron próximas a la cordillera de Los Andes. De acuerdo a las creencias de algunos de esos pueblos, quienes presenciaban la ingestión de semillas de tomate eran bendecidos con poderes adivinatorios.

El tomate grande y grueso, una mutación de una fruta más lisa y pequeña, se originó y distribuyó por América Central. Luego de la conquista española, el cultivo fue trasladado a Europa, donde fue adaptado a ciertas regiones de ese continente.

dad para ser aprovechada en el mejoramiento de esta especie a partir de, por ejemplo, cruzamientos con las especies cultivadas.

Para ello, una de las maneras utilizadas por los mejoradores es la **introgresión de genes** en las que paulatinamente se incorporan alelos de especies silvestres al acervo genético de las cultivadas.

"Conocer la estructura genómica de los propios recursos naturales es la información más valiosa que podemos tener. **No sólo es necesario conservar la variabilidad, sino también utilizarla en beneficio de la producción local**", finaliza Carrari. ●

¹ Smith, Andrew F. (1994), The tomato in America : early history, culture, and cookery. University of South Carolina Press, Columbia, S.C, USA.

PATENTADA POR EL INTA

Vacuna “marcadora” contra el HVB-1

Investigadores del INTA trabajaron en el desarrollo de un producto que previene una enfermedad que provoca importantes pérdidas económicas y que permite diferenciar entre animales vacunados e infectados.

Ana María Sadir - asadir@cnia.inta.gov.ar

El INTA obtuvo la patente de invención de una vacuna marcadora contra el **Herpes Virus Bovino tipo 1 (HVB-1)** que permite diferenciar los animales infectados de los vacunados y, de esta forma, implementar **campañas de control y erradicación** de esa enfermedad que provoca pérdidas millonarias en la producción de carne y leche.

Esta vacuna se centra en la “**modificación del genoma viral**” por la extracción de uno de los genes que codifica para la glicoproteína E (gE), explica una de las desarrolladoras de la vacuna, Mariana Puntel, ex becaria del INTA Castelar, quien actualmente trabaja en el Instituto Nacional de Salud de los Estados Unidos e investiga la aplicación de terapias génicas en enfermedades humanas.

La idea fue **extraer la porción del ácido nucleico** que codifica para esta proteína para lograr la atenuación del virus, por una parte, y, a su vez, diferenciar un animal vacunado de uno que se infectó en algún momento de su vida. Esto se logra ya que el organismo no produce anticuerpos contra la glicoproteína que no está presente en el virus que compone la vacuna.

“SE PUEDE DISTINGUIR FÁCILMENTE UN ANIMAL VACUNADO DE UNO INFECTADO EN FUNCIÓN DE LA PRESENCIA O AUSENCIA DE ANTICUERPOS CONTRA LA GLICOPROTEÍNA E” (ANA MARÍA SADIR).

De esta forma, “se puede **distinguir fácilmente un animal vacunado de uno infectado** en función de la presencia o ausencia de anticuerpos contra esta proteína”, explica la ex directora del Centro de Investigación en Ciencias Veterinarias y Agronómicas (CICVyA) y responsable del logro, Ana María Sadir. Así, un simple análisis de suero (con un ELISA específico para gE) permite monitorear una campaña de control y erradicación de la enfermedad.

INGENIERÍA Y VACUNAS

A partir de la ingeniería genética, originada en 1973 luego de que los investigadores norteamericanos Stanley Cohen y Herbert Boyer produjeran el primer organismo recombinando partes de su ADN, se comenzaron a extraer partes de genomas virales para incorporar un

gen foráneo y lograr, de esta forma, la atenuación del virus.

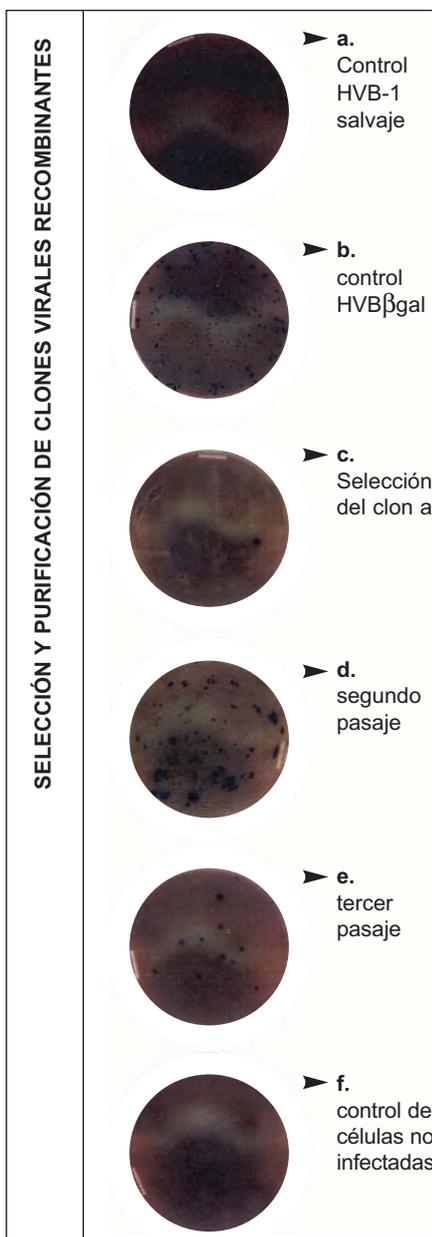
En este caso, una vacuna marcadora es de gran utilidad en los rodeos debido a que **la respuesta inmune no puede ser enmascarada** por la respuesta a la infección natural y, al mismo tiempo, disminuye la probabilidad de transmisión.

Según sostiene Sadir, “dado que **el uso de vacunas marcadoras no genera una respuesta inmune** que interfiera con el diagnóstico, posibilitaría el seguimiento seroepidemiológico de la infección en una población vacunada y la evaluación de la eficacia de las vacunas en condiciones de campo”.

La eliminación del gen gE permite identificar a los animales vacunados ya que éstos carecen de anticuerpos contra esa proteína “marcadora” que, al no ser expresada por el virus



EL PROCESO DE INFECCIÓN CON HVB COMPRENDE TRES DIFERENTES ESTADIOS: ENFERMEDAD AGUDA, LATENCIA Y REACTIVACIÓN. LOS VIRUS SON TRANSMITIDOS DIRECTA O INDIRECTAMENTE.



vacunal, genera una respuesta inmune diferencial que resulta en una **herramienta práctica al identificar animales infectados**.

Combatir esta enfermedad e identificar a los bovinos portadores del BVH-1 permite evitar grandes pérdidas económicas y asegura el ingreso de productos nacionales a mercados europeos que exigen animales libres del virus.

En este sentido, Puntel recalca que “Europa había proyectado **erradicar la enfermedad para el 2011**, lo que se logró en algunos países, pero en un futuro probablemente la presencia de esta infección se transforme en una restricción para el mercado de nuestros animales”.

Hoy, Suecia, Finlandia, Noruega y Austria son considerados regiones libres del herpesvirus bovino tipo 1, por lo que el ingreso de animales infectados podría ocasionar “la enfermedad severa, abortos y disminución de producción lechera, lo que resulta en cuantiosas pérdidas económicas”, afirmó Sadir.

Así, la generación de esta vacuna en el país se transformó en una necesidad y compitió directamente con una que ya había sido creada en Europa. “Los resultados de la vacuna

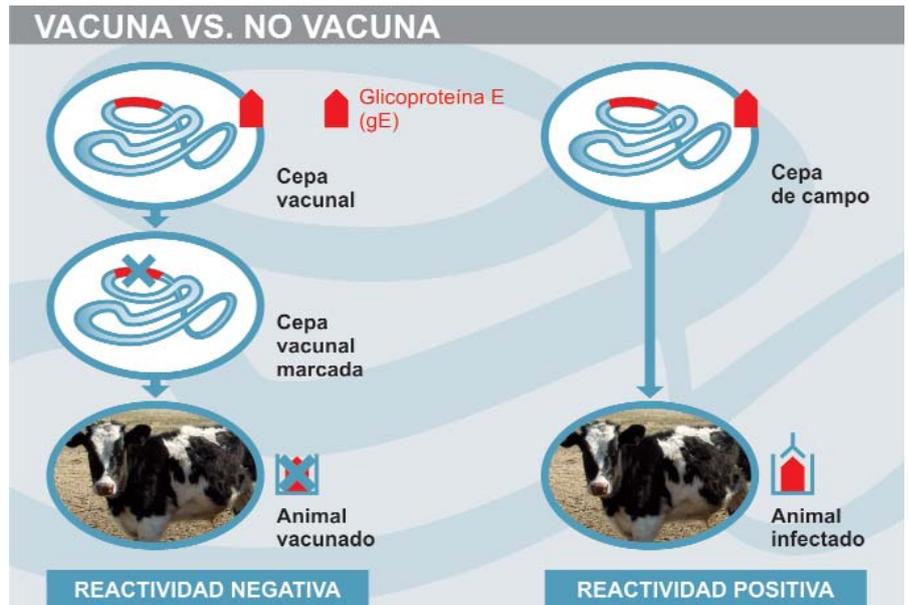
desarrollada por el INTA fueron sorprendentes; mucha gente que trabaja en el tema aseguró que superó las expectativas”, manifiesta Puntel, quien aclara que la clave del éxito se encontró en los **grados de protección** que posee y la seguridad en cuanto a la no reversión de la virulencia de la cepa viral modificada. “Al vacunar a los animales y someterlos a la infección, la cantidad de especímenes protegidos fue muy grande y su duración muy extensa”, explica.

LA ENFERMEDAD

El primer aislamiento del HVB-1 se realizó en 1956 a partir de casos de rinotraqueítis infecciosa en bovinos en los Estados Unidos. En este país, los primeros casos clínicos reportados datan del año 1980 y el primer aislamiento viral fue realizado en el INTA en 1982.

Según diversos estudios, la distribución de la infección es mundial y su incidencia varía de un país a otro (7,4 por ciento en China y 70 en Alemania Oriental), aunque en países con sistemas productivos como la Argentina oscilaban entre el 30 y el 40 por ciento en aquellos años. Datos más actuales de un relevamiento realizado por el INTA determi-

**“LOS RESULTADOS DE LA VACUNA DESARROLLADA POR EL INTA FUERON SORPRENDENTES; MUCHA GENTE QUE TRABAJA EN EL TEMA ASEGURÓ QUE SUPERÓ LAS EXPECTATIVAS”,
MARIANA PUNTEL**



naron una prevalencia del 21 al 56 por ciento en Corrientes, del 17 al 65 en La Rioja, del 7,6 en Pergamino, y del 70 al 82 en Olavarría.

El HVB-1 es un **patógeno viral neurotrópico** de alta prevalencia en bovinos que provoca rinitis, conjuntivitis y abortos, entre otros síntomas, y que ocasiona principalmente **infecciones respiratorias** debido al sinergismo que puede provocar con otros virus y bacterias coinfectantes. Luego de la infección, el virus se replica intensivamente en células del tracto respiratorio superior y posee una muy alta probabilidad de contagio durante el período agudo de la infección.

El proceso comprende **tres diferentes estadios**: enfermedad aguda, latencia y reactivación, y los virus son transmitidos directa o indirectamente. En el primer caso, a través de aerosol o por contacto de mucosas entre animales infectados y, en el segundo, por alimento, agua, o semen contaminados.

Luego de unas semanas, el ganado se recupera, aunque el virus se aloja en las neuronas y se mantiene latente de por vida. Una situación de estrés o una terapia con corticoides podría reactivar la enfermedad que puede ser altamente contagiosa para el rodeo circundante. ●

SINTOMATOLOGÍA DE LA ENFERMEDAD

En bovinos, la sintomatología del Herpes Virus Bovino tipo 1 (HVB-1) comienza luego de dos a seis días con fiebre, anorexia, aumento de la frecuencia respiratoria, tos, descarga nasal bilateral, traqueítis y depresión, a menudo acompañados de conjuntivitis y secreción ocular mucopurulenta.

La infección provoca una fuerte constricción bronquial que ocasiona el taponamiento de los conductos de las vías respiratorias inferiores con secreciones, lo que empeora de esta manera los mecanismos de defensa y favorece el alojamiento de infecciones bacterianas. En general, los animales se recuperan dentro de las dos semanas, excepto aquellos que hayan sufrido una superinfección bacteriana (lo que puede ocurrir en aproximadamente el 10 por ciento de los animales afectados).

Las infecciones del tracto genital generalmente son provocadas durante la práctica de inseminación artificial. En machos, los signos de infección están asociados a una reducción en la calidad del semen (baja movilidad y anomalías morfológicas de los espermatozoides), mientras que en las hembras, la infección puede provocar disturbios de la fertilidad. En este sentido, cuando la infección tiene lugar en un rebaño que incluye vacas preñadas, puede generar abortos entre las tres y las seis semanas posteriores a la infección.

A su vez, entre el quinto y el octavo mes de gestación, el 25 por ciento de ellas corre un alto riesgo de sufrirlas. Las madres suelen transmitir la infección durante o inmediatamente después del parto, directamente en el útero o bien por secreciones nasales contaminadas durante la limpieza de la cría. Además, en el momento del parto existe una inmunodepresión y, por lo tanto, altas probabilidades de reactivación del virus latente.

NUEVA TECNOLOGÍA

Microcápsulas para controlar fertilidad

El desarrollo de la UNL y el CONICET será de utilidad para controlar el celo de las vacas y favorecer, de esta manera, la efectividad de las inseminaciones artificiales. Así, el mejoramiento genético del ganado se lograría a partir de tiempos y costos mínimos.

Prensa UNL – prensa@unl.edu.ar

A partir de **biomateriales**, investigadores de la Universidad Nacional del Litoral (UNL) y el CONICET desarrollan cápsulas de hormonas muy pequeñas que pueden inyectarse en las vacas para controlar su **ciclo hormonal** y favorecer así la eficiencia de las **inseminaciones artificiales**. La membrana de las cápsulas, diseñada a partir de un material biocompatible, permite controlar la velocidad de liberación de las hormonas.

“Se trata de una tecnología innovadora en el país y que es acorde a lo que se está empezando a hacer en el resto del mundo”, señala **Ignacio Rintoul**, docente e investigador de la UNL y líder del proyecto.

Según detalla, el mayor beneficio que ofrece el sistema comparado con otros métodos disponibles para controlar los celos (como dispositivos intravaginales) es que, al inyectar las microcápsulas, el **procedimiento es ágil y requiere un solo paso**.

Además se puede **regular la dosis de acuerdo al tamaño** de cada vaca y no deja residuos en el animal ya que se libera el 100 por ciento de la hormona.

EL TRABAJO

La investigación, que se lleva adelante en el **Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química** (INTEC), fue premiada recientemente por la Bolsa de Comercio de Santa Fe (BCSF) en el certamen “Una apuesta al Tricentenario”.

“Desde el principio pensamos en tecnología aplicada a veterinaria, lo que significa que los **costos** que se pueden manejar son mucho menores que en salud humana”, puntualiza el experto.

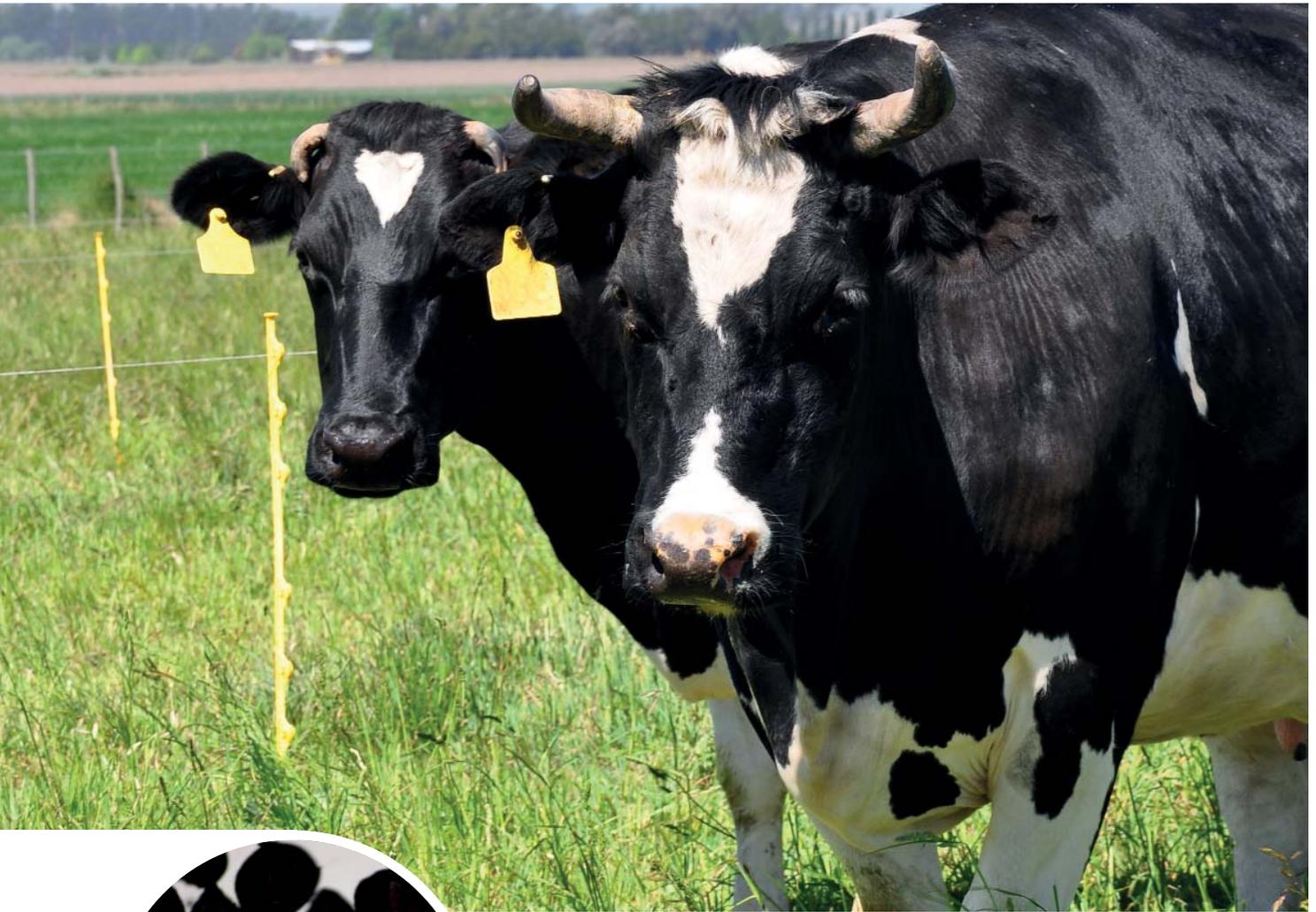
Disponer de un material económico y ampliamente disponible era el primer paso para ensayar la **nueva tecnología**.



“Trabajamos con un compuesto polimérico que permite **controlar la liberación de la hormona** en el cuerpo”, detalla.

Ahora, los investigadores sintetizan este material en el laboratorio y producen las cápsulas a pequeña escala luego de haber evaluado su funcionamiento en tejidos y fluidos artificiales que simulan el organismo animal, con muy buenos resultados.

“ES UNA TECNOLOGÍA INNOVADORA EN EL PAÍS ACORDE A LO QUE SE ESTÁ EMPEZANDO A HACER EN EL RESTO DEL MUNDO” (IGNACIO RINTOUL).



“Hasta el momento se hicieron pruebas *in vitro*. Lo que sigue ahora es diseñar cómo producir más cantidad de cápsulas para luego probarlas en animales”, explica Rintoul.

El trabajo se realiza con los aportes de la UNL, el CONICET, el Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina (IPCVA), la Fundación Nuevo Banco de Santa Fe y la BCSF.

REPRODUCCIÓN PROGRAMADA

Si bien el **90 por ciento** de la reproducción animal en el país ocurre sin intervención humana, cada vez existe un mayor interés por estrategias y tecnologías que ayuden a aumentar la producción de carne.

En este sentido, **controlar el celo** es una manera de sincronizar al ganado y lograr mejoramiento genético (utilizando semen seleccionado) mientras se minimizan los tiempos, y por lo tanto los costos, de la intervención de veterinarios.

Naturalmente, **las vacas no sincronizan sus celos**. “Es una estrategia de la especie para garantizar la supervivencia y lograr superar condiciones climáticas desfavorables”, explica.

El hecho de que las pariciones de los terneros se den en distintos tiempos implica que es muy costoso, y muchas veces imposible, darle la atención veterinaria óptima.

“Si se sincronizan los celos es posible hacer todas las **inseminaciones simultáneamente**, vacunar a los terneros y programar sus pasturas de manera mucho más eficiente”, destaca.●

NATURALMENTE, LAS VACAS NO SINCRONIZAN SUS CELOS. CONTROLARLO ES UNA MANERA DE SINCRONIZAR AL GANADO Y LOGRAR EL MEJORAMIENTO GENÉTICO.

Persistencia del herbicida imazapir en el suelo y efectos fitotóxicos sobre cultivos de invierno y de verano

GIANELLI, V. ¹ ; BEDMAR, F. ²; y MONTERUBBIANESI, M.G.²

RESUMEN

Imazapir es un herbicida de amplio espectro de control, perteneciente al grupo químico de las imidazolinonas. En Argentina es aplicado a gran escala en los cultivos de girasol y maíz *Clearfield*. Debido a su acción residual en el suelo, resulta de gran importancia determinar su persistencia fitotóxica. El objetivo de este trabajo fue determinar la persistencia fitotóxica sobre cultivos de invierno y de verano, de dos dosis de imazapir aplicado en un cultivo de girasol *Clearfield*. El ensayo se realizó en un suelo franco-arcilloso de Balcarce (Pcia. de Buenos Aires), siguiendo un diseño experimental en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en la aplicación de imazapir en dosis de 80 y 160 g de ingrediente activo (i.a)/ha, incluyéndose un testigo sin tratar. Luego de la cosecha del girasol (marzo de 2003), se obtuvieron muestras de suelo mensualmente. Posteriormente, se efectuó un bioensayo en cámara de crecimiento con trigo, colza, girasol y maíz no tolerantes. Paralelamente, se sembró a campo maíz y girasol no tolerantes a imidazolinonas y papa, determinándose el rendimiento. Los resultados fueron analizados mediante un análisis de la varianza ($p = 0.05$). La persistencia fitotóxica en el bioensayo siguió el orden trigo > colza > girasol = maíz. A campo, ninguno de los cultivos evaluados mostró efectos negativos, indicando que no existió efecto residual sobre ellos.

Palabras clave: imidazolinonas, bioensayo, residualidad, clearfield.

ABSTRACT

Imazapyr is an herbicide with broad-spectrum of control, belonging to the imidazolinone chemical family. In Argentina it is used on imidazolinone-tolerant corn and sunflower (Clearfield). Because of imazapyr possess high activity in soil, is very important to determine its persistence. The objective of this study was to determine the phytotoxic persistence of two doses of imazapyr applied on Clearfield sunflower, through of its phytotoxic effect on winter and summer crops. The experiment was performed in a clay loam soil of Balcarce (Bs.As. province). Treatments were arranged in a completely randomized design with four replications. Treatments consisted in spraying of imazapyr at 80 and 160 g of active ingredient (a.i)/ha, including a non-treated control. After sunflower harvest (march 2003), monthly samples of soil were collected. At the end of sampling, a bioassay with wheat, canola and non-tolerant sunflower and corn was done. Besides the bioassays, non-tolerant to imidazolinones corn, sunflower and potato were seeded on the field, and their yield was measured. Data were subjected to analysis of variance ($p = 0.5$). The phytotoxic persistence period followed the order wheat > canola > corn = sunflower. At field, no crop showed negative effect to the application of imazapyr, indicating no residual effect of imazapyr on them.

Key words: imidazolinone, bioassay, carryover, Clearfield.

1 Estación Experimental Agropecuaria, Balcarce. Ruta 226 Km 73,5. Balcarce. Correo electrónico: vgianelli@balcarce.inta.gov.ar

2 Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Correo electrónico: fbedmar@balcarce.inta.gov.ar

Recibido 03 de septiembre// Aceptado 26 de noviembre// Publicado online 15 de diciembre

INTRODUCCIÓN

La persistencia de un herbicida en el suelo puede definirse como el período de tiempo durante el cual permanece en forma activa en el mismo (Comfort *et al.*, 1994). Este proceso es extremadamente importante debido a que determina la longitud de tiempo que se encuentra en el ambiente, el período en que pueden esperarse efectos fitotóxicos sobre las malezas y el tiempo que debería esperarse para evitar daños a los cultivos subsecuentes en la rotación (Ashton y Mónaco, 1991). La persistencia de un herbicida en el suelo está regulada por una serie de complejos procesos entre los que se cuentan la degradación (descomposición química, microbiana y fotodescomposición), la retención (adsorción por los coloides del suelo) y el transporte (lixiviación, volatilización, escurrimiento superficial y absorción por las plantas) (Hance and Holly, 1990). Asimismo, la persistencia es influenciada por las condiciones del suelo (textura, contenido de materia orgánica, nutrientes, cationes y pH), del ambiente (temperatura, humedad y luz solar) y del plaguicida (solubilidad en agua, coeficiente de partición en adsorción, presión de vapor y naturaleza química) (Ashton y Mónaco, 1991; Hager *et al.*, 2000).

Imazapir es un herbicida de amplio espectro de control, perteneciente a la familia química de las imidazolinonas. Actualmente, en Argentina este herbicida se aplica a gran escala en los cultivos de girasol y maíz, gracias al desarrollo de la tecnología *Clearfield*, la cual introdujo la resistencia genética de los híbridos de estos cultivos a los herbicidas imidazolinonas mediante un proceso de selección genética natural no transgénica. Según los antecedentes, imazapir no es fácilmente degradado en el suelo y puede ser muy persistente, dependiendo del tipo de suelo, condiciones ambientales y de la dosis de aplicación (Mangels, 1991). Los rangos de vida media en el suelo (tiempo requerido para que el 50% del plaguicida original aplicado se descomponga en otros productos) oscilan entre 25 y 142 días, siendo más corta en suelos arenosos y con temperaturas elevadas (Vencill, 2002; Tu *et al.*, 2004). La persistencia de imazapir en el suelo es afectada principalmente por la degradación microbiana, no habiendo sido reportados otros mecanismos de degradación (Tu *et al.*, 2004).

Debido a que imazapir posee prolongada persistencia en el suelo, podría ocasionar problemas de fitotoxicidad en la secuencia de cultivos de la rotación, lo cual está relacionado en gran medida a la ocurrencia de lluvias entre la aplicación y siembra del próximo cultivo y a la especie sembrada (Istilar, 2002; Casafe, 2009).

Por lo expuesto, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la residualidad post-cosecha de imazapir aplicado en un cultivo de girasol *Clearfield* sobre algunos cultivos de invierno (trigo, colza) y de verano (girasol y maíz no *Clearfield*, y papa), sembrados en

el ciclo siguiente a campo y mediante el desarrollo de un bioensayo en cámara de crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en un suelo franco arcilloso (materia orgánica 4.7%, arcilla 29.6%, limo 41.3%, arena 29.2 % y pH 5.7) de Balcarce, Pcia. de Buenos Aires, Argentina, 37°45'S, 58°18'O. El experimento se estableció bajo un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El 25 de noviembre de 2002 se realizó la siembra de girasol *Clearfield*, con sistema de siembra convencional. Los tratamientos consistieron en la aplicación de imazapir, Arsenal, BASF Argentina, formulación comercial de Concentrado Soluble (SL) al 25% de ingrediente, en dosis simple y doble (80 y 160 g ia/ ha), incluyendo un testigo sin tratar. Los tratamientos se aplicaron el 20 de diciembre de 2002 cuando el girasol presentaba 4 hojas desarrolladas (V4), utilizando una mochila manual de presión constante (38 lb/pulg²), a base de CO₂ provista de pastillas Teejet 110015 VS tipo abanico plano desuniforme que arrojó un volumen de 162 litros/ha. A continuación de la cosecha del girasol (marzo de 2003), se realizaron un bioensayo en cámara de crecimiento y un ensayo a campo.

1. Bioensayo en cámara de crecimiento

Luego de la aplicación de los tratamientos (dosis normal, dosis doble y testigo), se realizaron muestreos del suelo previamente caracterizado, a los 104, 138, 168, 207, 235, 266 y 298 días desde la aplicación del herbicida (DDA), incluyendo los tres tratamientos. Las condiciones climáticas desde la aplicación y durante la extracción de las muestras se presentan en la figura 1.

Los muestreos se efectuaron con muestreador de suelo, a 12 cm de profundidad, realizándose 15 repiques por parcela. Las muestras se condujeron a freezer hasta su procesamiento. Al finalizar, los muestreos se descongelaron y se tamizaron con tamiz de 0.5 cm de malla. El suelo se ubicó en vasos de plástico (cantidad equivalente a aproximadamente 200 g de suelo seco) y en noviembre de 2003, se realizó la siembra de girasol "Morgan MG 50", maíz, "Asgrow 160 MG" (Bt), trigo "Baguette 10" y colza "Eclipse", disponiéndose 2, 2, 3 y 5 semillas respectivamente. Los vasos se condujeron a cámara de crecimiento bajo condiciones controladas de temperatura (20°C noche y 25°C día), humedad (50%) y luz (fotoperíodo 14 h) y se realizó riego superficialmente manteniendo el suelo a 80% de capacidad de campo. Cuando las plantas alcanzaron un estado de crecimiento establecido (tabla 1) se realizaron determinaciones de altura y peso seco de la parte aérea de las mismas. Para la determinación del peso seco, previamente se cortaron las plantas y se condujeron a estufa a 60°C durante 72 horas.

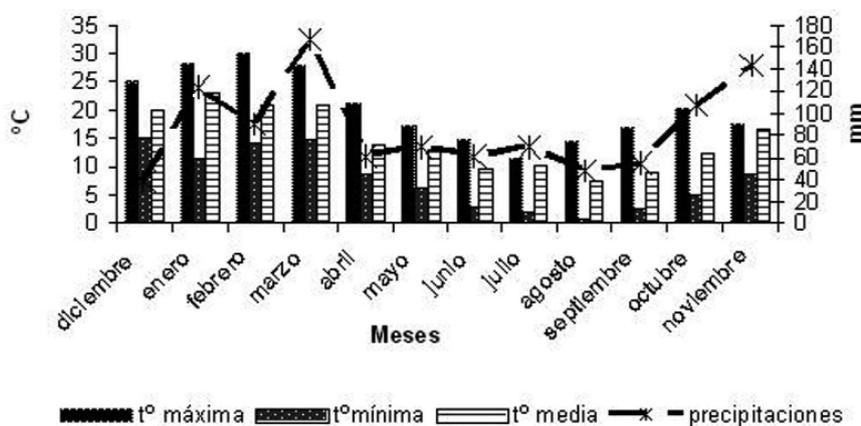


Figura 1. Precipitaciones, temperaturas máxima, media y mínima durante el período aplicación-extracción de muestras (Información agrometeorológica correspondiente a la base de datos diarios de precipitaciones, temperatura máxima, mínima y media de la EEA INTA Balcarce).

Especie	Estado de crecimiento	Medición de altura
Girasol	1er par hojas verdaderas (V ₁)	Desde la superficie del suelo hasta el meristema
Maíz	1era hoja puntiaguda (V ₁)	Desde la superficie del suelo hasta la lígula de la 1era hoja puntiaguda
Trigo	2 hojas (Zadoks,12)	Desde la superficie del suelo hasta la lígula de la 2da hoja
Colza	3 hojas(V3)	Desde la superficie del suelo hasta el meristema

Tabla 1. Estado de crecimiento para la determinación de la altura y el corte de las plantas de girasol, maíz, trigo y colza.

Los datos se analizaron a través de un análisis de la varianza, mediante el programa SAS, considerándose un diseño en bloques completos al azar en parcelas divididas y 4 repeticiones. La parcela principal correspondió al factor tratamiento con tres niveles: dosis normal, doble y testigo. En la subparcela se consideraron las fechas correspondientes a los DDA. Para cada cultivo se analizó la interacción entre los tratamientos y los DDA. En los casos en que no existió interacción se analizaron los efectos principales de los tratamientos y de los DDA. Las comparaciones entre medias se realizaron en base a Mínima Diferencia Significativa (MDS) al 5%.

2. Ensayo a campo

En el mismo lote referido al comienzo, se realizó la siembra de maíz y girasol no *Clearfield* y papa. Las fechas

de siembra y cultivares se muestran en la tabla 2. En pre-emergencia de los cultivos se aplicaron herbicidas a fin de evitar que la competencia de las malezas enmascarara los posibles efectos de los residuos de imazapir en el suelo. Los herbicidas y dosis aplicadas fueron: 1) girasol: acetoclor + flurocloridona (1.08 + 0.3 kg i.a./ha), 2) maíz: acetoclor + atrazina (2.25 + 1.25 kg i.a./ha), 3) papa: s-metolaclo + metribuzin (0.96 + 0.72 kg i.a./ha).

Se realizaron observaciones de fitotoxicidad hasta la cosecha y posteriormente se determinó el número de plantas y de espigas, rendimiento y humedad en maíz; número de plantas, rendimiento y humedad en girasol y peso de papa semilla (< 60 gr, recibo (> 60g) y total, en el cultivo de papa. Para el análisis de los datos se realizó un análisis de la varianza y se efectuó la comparación entre medias en base a MDS al 5% en cada cultivo y para cada una de las variables evaluadas.

Cultivo	Cultivar/Varietal	Fecha de siembra	Fecha de cosecha
Girasol	Morgan MG 50	30 de octubre de 2003	23/03/2004
Maíz	Asgrow 160 MG	23 de octubre de 2003	20/05/2004
Papa	Kennebec e Innovator	06 de noviembre de 2003	17/03/2004

Tabla 2. Cultivos, cultivares, fecha de siembra y cosecha del ensayo a campo.

RESULTADOS

1. Bioensayo

1.1 Colza

Para la variable altura relativa, la interacción entre las dosis y los DDA no resultó significativa ($p=0.111$). Tampoco se detectaron efectos de los tratamientos, mientras que sí se obtuvieron diferencias altamente significativas entre los DDA ($p<0.001$). Independientemente de la dosis, la altura se redujo hasta los 138 DDA (33-37% con respecto al testigo). A los 168 DDA y en los muestreos subsiguientes se alcanzaron valores cercanos al 100% del testigo (figura 2). En el caso del peso seco relativo, se detectó interacción significativa entre los tratamientos y los DDA ($p=0.048$). Para ambas dosis se encontraron diferencias significativas entre los DDA, observándose una reducción hasta los 207 DDA en la dosis normal y hasta los 138 DDA en la dosis doble. Sólo a los 168 DDA se hallaron diferencias significativas entre dosis para la variable peso seco relativo, observándose que la dosis doble alcanzó valores superiores a la dosis normal (figura 3).

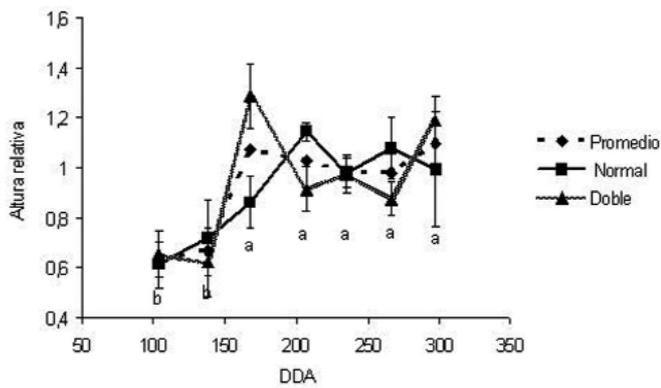


Figura 2. Evolución de la altura relativa (promedio +/- error estándar) de colza sembrada en suelo tratado previamente con dosis normal y doble de imazapir.

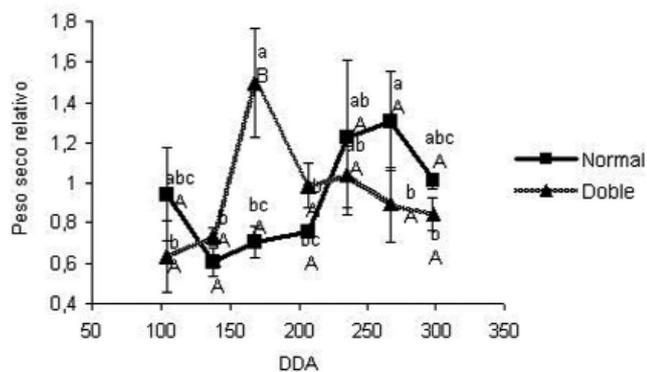


Figura 3. Evolución del peso seco relativo (promedio +/- error estándar) de colza sembrada en suelo tratado previamente con dosis normal y doble de imazapir. Dentro de cada dosis letras minúsculas iguales indican diferencias no significativas (MDS, $P>0.05$). Dentro de cada fecha de muestreo letras mayúsculas iguales indican diferencias no significativas (MDS, $P>0.05$).

1.2. Girasol

Considerando la altura relativa, no se encontró interacción significativa entre los tratamientos y los DDA ($p=0.274$), como así tampoco se detectaron efectos de los tratamientos ni de los DDA ($p=0.898$). En todas las fechas de muestreo, los valores fueron muy cercanos al 100% del testigo (figura 4).

El análisis para el peso seco relativo, indicó interacción significativa entre los tratamientos y los DDA ($p=0,018$). Se observó mayor reducción del peso seco con la dosis doble hasta los 138 DDA, respecto de la dosis normal. La dosis doble no registró diferencias significativas entre los DDA, mientras que en la dosis normal se encontraron diferencias entre las fechas de muestreo, observándose valores superiores al 100% del testigo hasta los 138 DDA y luego una tendencia a estabilizarse entre el 90 y 100% del testigo (figura 5).

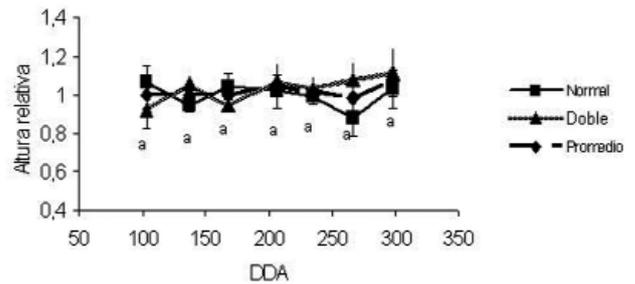


Figura 4. Evolución de la altura relativa (promedio +/- error estándar) de girasol sembrado en suelo tratado previamente con dosis normal y doble de imazapir.

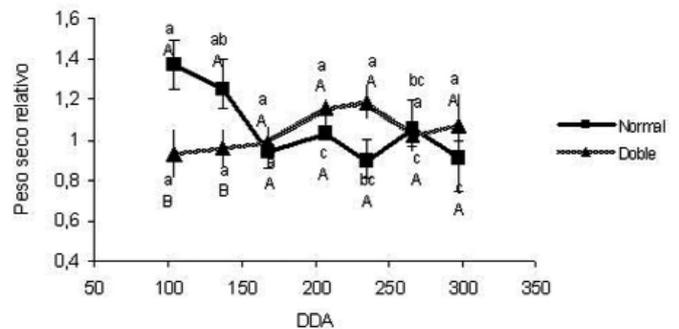


Figura 5. Evolución del peso seco relativo (promedio +/- error estándar) de girasol sembrado en suelo tratado previamente con dosis normal y doble de imazapir. Dentro de cada dosis letras minúsculas iguales indican diferencias no significativas (MDS, $P>0.05$). Dentro de cada fecha de muestreo letras mayúsculas iguales indican diferencias no significativas (MDS, $P>0.05$).

1.3. Maíz

No se detectó interacción entre los tratamientos y los DDA para la altura relativa ($p=0,961$) ni para el peso seco relativo ($p=0,274$). Tampoco se detectó efecto de los tratamientos ni de los DDA ($p= 0,660$), registrándose en todas las fechas de muestreo valores próximos al 100% del testigo (figuras 6 y 7).

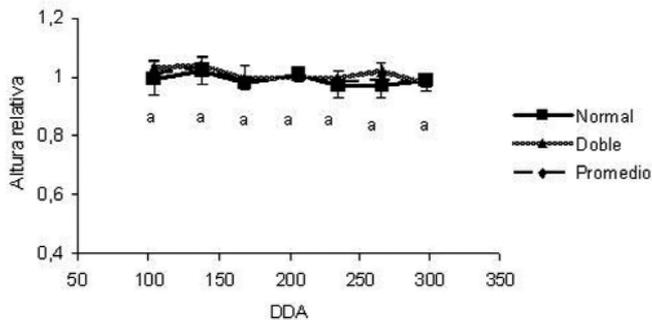


Figura 6. Evolución de la altura relativa (promedio +/- error estándar) de maíz sembrado en suelo tratado con dosis normal y doble de imazapir.

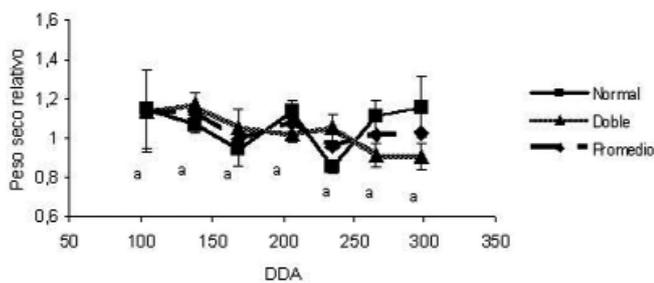


Figura 7. Evolución del peso relativo (promedio +/- error estándar) de maíz sembrado en suelo tratado con dosis normal y doble de imazapir.

1.4. Trigo

Para la altura relativa se halló interacción significativa entre los tratamientos y los DDA ($p= 0,001$). En ambas dosis se registró una reducción por un periodo de 266 DDA en la dosis normal y de 138 DDA en la dosis doble. Se observó mayor reducción inicial de la altura con la dosis doble hasta los 168 DDA con respecto a la dosis normal (figura 8). Respecto al peso seco relativo no se detectó interacción significativa entre los tratamientos y los DDA ($p=0,904$). No se comprobó efecto de los tratamientos, mientras que sí se encontró efecto de los DDA ($p=0,059$). En ambos tratamientos se observó una reducción en el peso seco del orden del 25 y 53% con respecto al testigo hasta los 138 DDA. En las fechas siguientes, el peso seco relativo se vio incrementado significativamente, sin embargo, en ninguna de ellas se lograron alcanzar valores equivalentes al 100% del testigo (figura 9).

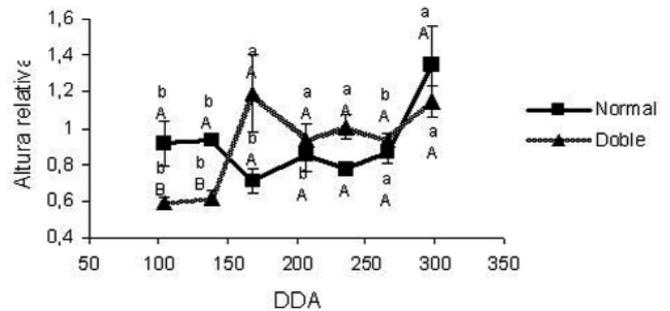


Figura 8. Evolución de la altura relativa (promedio +/- error estándar) de trigo sembrado en suelo tratado previamente con dosis normal y doble de imazapir. Dentro de cada dosis letras minúsculas iguales indican diferencias no significativas (MDS, $P>0,05$). Dentro de cada fecha de muestreo letras mayúsculas iguales indican diferencias no significativas (MDS, $P>0,05$).

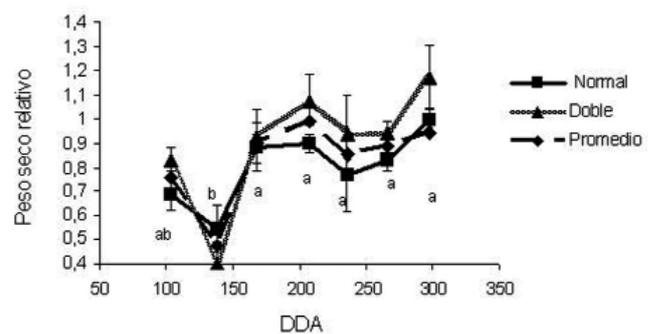


Figura 9. Evolución del peso relativo (promedio +/- error estándar) de trigo sembrado en suelo tratado con dosis normal y doble de imazapir.

2. Experimentos a campo

No se observaron efectos fitotóxicos de imazapir sobre los cultivos a lo largo de su ciclo. Coincidentemente, el rendimiento de los cultivos no fue afectado por ninguna de las dosis evaluadas ($p > 0,05$), indicando que no existieron efectos residuales del herbicida sobre estos cultivos. En cuanto a las restantes variables analizadas, tampoco se registraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos químicos y el testigo, excepto en la variedad de papa Kennebec en la cual se hallaron diferencias significativas en las tres variables evaluadas debido a que las parcelas tratadas superaron al testigo. En la tabla 3 se presentan los valores medios obtenidos para las variables evaluadas en Girasol y Maíz y en la tabla 4, el rendimiento promedio de semilla, recibo y total en papa variedades Innovator y Kennebec.

Tratamiento	Girasol		Maíz		
	Número de plantas (N°/ha)	Rendimiento (Kg/ha)	Número de plantas (N.°/ha)	Número de espigas (N.°/ha)	Rendimiento (Kg/ha)
Testigo	66861 a	2143 a	73052 a	69264 a	7550 a
Dosis normal	68961 a	2438 a	71429 a	70454 a	8716 a
Dosis doble	57143 a	2511 a	72728 a	69805 a	9073 a

Letras iguales indican diferencias no significativas (MDS, $p > 0.05$)

Tabla 3. Valores medios obtenidos para las variables evaluadas en Girasol y Maíz.

Tratamiento	Variedad Innovator			Variedad Kennebec		
	Semilla	Recibo	Total	Semilla	Recibo	Total
Testigo	1671 a	15953 a	17625 a	976 b	20757 b	21734 b
Dosis normal	1742 a	18031 a	19773 a	1726 a	23460 ab	25188 a
Dosis doble	1812 a	19289 a	21102 a	1093 a	26179 a	27273 a

Letras iguales indican diferencias no significativas (MDS, $p > 0.05$)

Tabla 4. Rendimiento promedio de semilla, recibo y total en papa variedades Innovator y Kennebec (Kg/ha).

DISCUSIÓN

Los períodos de residualidad oscilaron entre 138 y 266 DDA para trigo y desde 138 hasta 207 DDA para colza, mientras que en girasol y maíz no se detectó efecto residual. Estos datos demuestran que el trigo fue la especie más sensible, seguido por la colza y ubicándose en último lugar el girasol y el maíz. Ulbrich, Souza y Shaner (2005), determinaron que el maíz fue más sensible que el trigo, mientras que Alister y Kogan (2004) reportaron una situación inversa, manifestando que el maíz fue el cultivo más tolerante a imazapir. Los valores de residualidad determinados en este trabajo son muy superiores a lo encontrado por Ulbrich *et al.*, (2005) en trigo, quienes obtuvieron un período de 91 y 97 días en un ensayo a campo.

Para girasol y maíz no se encontraron reducciones en el crecimiento en ninguna de las fechas de muestreo, y tampoco se obtuvieron variaciones entre dosis. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Alister y Kogan (2004), si bien Bovey y Senseman (1998) encontraron que en maíz, imazapir fue fitotóxico doce meses después de su aplicación.

Larina *et al.*, (2004) demostraron que la persistencia depende del contenido de materia orgánica, pH y de las condiciones hidrotermales. Varios investigadores (Wehtje *et al.*, 1987; Mangels, 1991; Tu *et al.*, 2004) determinaron que la adsorción se incrementa con un elevado contenido de materia orgánica en el suelo y cuando el pH decrece. En el presente trabajo, los valores de materia orgánica

relativamente elevada (4.7%) y de pH relativamente bajo (5.7), explicarían los períodos de persistencia menos prolongados determinados. Sin embargo, Ulbrich *et al.* (2005) establecieron mayor vida media en un suelo con mayor contenido de arcilla y pH más bajo y El Azzouzi *et al.*, (1998) al considerar un suelo laterítico y un suelo orgánico reportaron mayor persistencia en éste último.

En el presente trabajo la aplicación de imazapir se realizó en época estival. Por este motivo, se esperarían mayores tasas de degradación y por ende períodos residuales más cortos por la ocurrencia de mayores temperaturas en comparación a los períodos determinados previamente por otros autores.

Otro factor a considerar son las precipitaciones, ya que un déficit hídrico no permitiría obtener apropiadas condiciones en el suelo para la degradación microbiana (Alister y Kogan, 2004). Para los cultivos de trigo y colza, las precipitaciones tuvieron gran importancia en definir la residualidad, siendo necesarios entre 484,6 y 732,4 mm para trigo y 484,6 y 635,2 mm para colza. Por tal motivo, las condiciones climáticas post-aplicación serían trascendentes incrementando los períodos de residualidad en las especies sensibles como trigo y colza, mientras que el maíz y el girasol no tolerantes no se vieron afectados, siendo las precipitaciones acumuladas al momento del primer muestreo de 423,3 mm.

Por otra parte, la residualidad puede variar con la dosis de aplicación. No obstante, Wang *et al.*, (2005) demostraron que el aumento de la dosis no incrementaba la persistencia, en concordancia con Alister y Kogan (2004) y coincidentemente con este ensayo, donde los cultivos más sensibles (trigo y colza) fueron más afectados por la dosis normal en comparación con la doble.

Un aspecto a considerar, es que en este trabajo se evaluaron los primeros 12 cm de profundidad del suelo, por lo que los resultados podrían diferir si se tuviera en cuenta un perfil más profundo. En tal sentido, Mc Dowell *et al.*, (1997) encontraron residuos a 25 cm de profundidad después de 3 meses desde la aplicación. Tal situación podría ser riesgosa si se considera que las raíces de cultivos sensibles podrían alcanzar capas subsuperficiales con presencia de residuos de imazapir como producto del proceso de lixiviación.

En los cultivos sembrados a campo los rendimientos de las parcelas aplicadas previamente con imazapir fueron superiores al testigo, indicando que no existieron efectos residuales del herbicida. Asimismo, ninguna de las variables analizadas en cada cultivo mostró efectos negativos. Estos resultados concuerdan con lo observado por Alister y Kogan (2004) en maíz, careciéndose de antecedentes con respecto a los restantes cultivos. Las precipitaciones acumuladas desde la aplicación del herbicida hasta la siembra de los cultivos oscilaron entre 883 y 893 mm. De esta forma se podría inferir que las condiciones climáticas habrían sido favorables para la degradación del herbicida en el suelo y que sería factible la siembra de estos cultivos al año siguiente de la aplicación de imazapir bajo las condiciones de este experimento.

CONCLUSIONES

La persistencia fitotóxica de imazapir varió según el cultivo, dosis empleada y variable analizada. En el bioensayo, los períodos de residualidad siguieron el orden trigo > colza > girasol = maíz. No existió efecto de la dosis sobre el girasol y maíz, mientras que en trigo y colza se observaron algunas diferencias de sensibilidad entre la dosis normal y la doble dependiendo de la variable evaluada y el momento de muestreo. Luego de la aplicación de imazapir sobre girasol tolerante, el trigo requirió un período mínimo de aplicación-siembra de entre 5 y 9 meses y de 500 a 730 mm de lluvias distribuidos durante el período y la colza de 5 a 7 meses y de 500 a 635 mm de precipitaciones. El girasol y maíz no *Clearfield* no presentaron período de residualidad alguno. En el ensayo a campo, el girasol y maíz no tolerantes a imidazolinonas, así como la papa, no fueron afectados por la presencia de residuos de imazapir en el suelo. Sería recomendable que los futuros estudios que aborden esta problemática, tengan en cuenta la posible presencia de residuos de imazapir en las capas de suelo subsuperficiales, lo cual permitiría determinar efectos fitotóxicos que podrían producirse en etapas avanzadas de los cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

- ALISTER, C. and KOGAN, M. 2004. Efficacy of imidazolinone herbicides to imidazolinone-resistant maize and their carryover effect on rotational crops. *Crop protection*. 24 (4): 375-379.
- ASHTON, F.M. and MONACO, T. 1991. *Weed science. Principles and Practices*. 3º ed. A Wiley-interscience

publication. John Wiley & Sons, inc. New York. Chichester. Brisbane. Toronto. Singapore. 466 p.

BOVEY, R.W. and SENSEMAN, S.A. 1998. Response of food and forage crops to soil - applied imazapyr. *Weed science*. 46: 614-617.

CASAFE, 2009. Guía de Productos Fitosanitarios para la República Argentina. Cámara de sanidad agropecuaria y fertilizantes. 12° ed. 1600 p.

COMFORT, S.D.; SHEA, P.J.; ROETH, F.W. 1994. Understanding pesticides and water quality in Nebraska. Nebraska Co-operative Extension EC 94-135, USA. 16p.

EL AZZOUZI, M., DACHOUR, A., BOUHAOUSS, A. and FERHAT, M. 1998. Study on the behaviour of imazapyr in two Moroccan soils. *Weed Research*. 38: 217-220.

HAGER, A., SPRAGUE, C. and MC GLAMERY, M. 2000. Factors affecting herbicide persistence. *Agricultural pest management handbook*. Illinois. 323-326.

HANCE, R.J. and HOLLY, K. 1990. *Weed control handbook principles*. 8° ed. Blackwell scientific publications. Oxford London Edinburgh. Boston Melbourne. 582 p.

Información agrometeorológica. Base de datos diarios de precipitaciones, temperatura máxima, mínima y media. INTA Balcarce, Argentina (<http://www.intabalcarce.org/>). Verificado: 07/08/2010).

ISTILART, 2002. Residualidad de imidazolinonas sobre cereales de invierno. INTA, Argentina (<http://www.inta.gov.ar>). Verificado: 04/08/2010).

LARINA, G.E. and SPIRIDOV, Y.Y. 2004. The effect of physicochemical properties and the hidrothermal regime

of soil on the detoxification of imidazolinone herbicide. Russia research Institute of phytopathology, Russian Academy of Agricultural Sciences.

MANGELS, G. 1991. Behaviour of the imidazolinone herbicides in soil-a review of the literature. In: Shaner, D.L. and O'Conner, S.L. eds. *The Imidazolinone Herbicides*. Boca Raton, FL: CRC press. pp. 191-209.

MC DOWELL, R.W., CONDRON, L.M., MAIN, B.E. and DASTGHEIB, F. 1997. Dissipation of imazapyr, flumetsulam and thifensulfuron in soil. *Weed Research*. 37: 381-389.

TU, H. 2004. *Weed Control Methods Handbook*, the Nature Conservancy. (<http://tncweeds.ucdavis.edu> . Verificado:11/07/2010).

ULBRICH, A.V., SOUZA, R. and SHANER, D.L. 2005. Persistence and carryover effect of imazapic and imazapyr in Brazilian cropping systems. *Weed Technology*. 19 (4): 986-991.

VENCILL, W.K. 2002. *Herbicide Handbook*. WSSA. Weed Science Society of America Champaign. Illinois. 493p. 8.° ed. USA, Lauvience.

WANG, X., WANG, H. and FAN, D. 2005. Persistence and metabolismo of imazapyr in four typical soils of Zhejiang Province (China). *Internacional Journal of Environmental and Analitical chemistry*. Taylor & Francis. 85(2): 99-109.

WEHTJE, G., DICKENS, R., WILCUT, J.W. and HAJEK, B.F. 1987. Sorption and mobility of sulfometuron and imazapyr in five Alabama soils. *Weed science*. 35: 858-864.

Incidencia y control de los nematodos gastrointestinales bovinos en el este de la provincia de La Pampa, Argentina

SUÁREZ, V.H. ¹; MIRANDA, A.O. ¹; ARENAS, S.M. ¹; SCHMIDT, E.E. ²; LAMBERT, J. ³; SCHIEDA, A. ³; FELICE, G. ¹; IMAS, D. ³; SOLA, E. ³; PEPA, H. ³; BUGNONE, V.³; CALANDRI, H. ³; LORDI, L.V. ³.

RESUMEN

Se efectuó una encuesta transversal en 350 establecimientos de ciclo completo y cría (CC) e invernada (IN) bovina, ubicados el este de la provincia de La Pampa con la finalidad de registrar los casos de gastroenteritis verminosa (GEV) y las prácticas de control y manejo utilizadas por los ganaderos. Las muestras fueron tomadas al azar a partir de 3 estratos de acuerdo al número de existencias bovinas: productores con más de 900 (G), de entre 900-500 (M) y de 500 a 300 (P) bovinos. El 33 % de los productores encuestados declaró haber tenido casos clínicos de GEV con una morbilidad y mortalidad del 11.2% y 0.42% respectivamente. Se registraron más casos de GEV ($P < 0.004$, X^2 8.33) en rodeos de CC (37%) que en los de IN (21%) con un riesgo relativo (RR) 1.77 (95%; IC 1.18 - 2.74), pero no se registraron diferencias entre estratos. El 94% de los encuestados utiliza avermectinas (AVM) como droga única (71%) o combinada con benzimidazoles (BZD, 20%) o levamisol (3%) y el 6% utiliza BZD únicamente. A mayor número de ganado (G: 32%, M: 21%, P: 15%) la proporción del uso de las otras drogas además de AVM se incrementa ($P < 0.005$, X^2 7.80). El 95.2% se suministran en forma inyectable ya sea en forma única (82.6%) o combinados con orales (16.5%) o intrarruminales (0.9%). Se realizan en promedio 2,42 tratamientos anuales, siendo los productores G y los sistemas de IN (2.7 trat.), los que más ($P < 0.01$) tratamientos aplican. El 35% desparasita a su hacienda dos veces al año en el otoño (entre marzo y julio) y a fines de invierno-primavera (entre agosto y octubre), mientras que el 16% lo hace una sola vez entre febrero y abril, y otro 12% trata dos veces desde fines de verano a principios de invierno. El 18% de los encuestados (G: 24%, M: 18%; P 13%) previene pérdidas por GEV mediante un estrategia de tratamientos fijos en el tiempo. Un 60% de los productores consultan al veterinario, pero sólo el 29% realiza diagnóstico coprológico (hpg), existiendo diferencias ($P < 0.001$) entre estratos: G: 41%, M: 26%; P 19%. El 12% (CC 10%; IN 16%) hace un seguimiento de las infestaciones parasitarias a través de hpg y dosifica de acuerdo a ese monitoreo por indicación del asesor. El 94% de los encuestados opinó que la GEV es un problema de mayor importancia y el 30% expresó que era su principal problema sanitario, ya sea sólo la GEV (55%) o junto a otras patologías. El presente trabajo demuestra el peso económico de los PGI en la competitividad de los sistemas de la región. También se observa un elevado uso de antihelmínticos, principalmente avermectinas y poca participación del veterinario en la planificación del control. Se observa una tendencia a medida que las explotaciones son más grandes o en la invernada a darle más importancia al control, al uso de antihelmínticos y a la participación profesional.

Palabras clave: Nematodos gastrointestinales, Bovinos, Encuesta, Control, La Pampa

1 INTA EEA Anguil, CC11, 6326 Anguil (La Pampa), correo electrónico: vsuarez@correo.inta.gov.ar

2 Facultad de ciencias Veterinarias, UNLPam, calle 5 esq. 116, Gral. Pico, La Pampa.

3 Ministerio de la Producción, Gobierno de La Pampa, Luro y Corrientes, Santa Rosa, La Pampa.

Recibido 05 de agosto// Aceptado 15 de noviembre// Publicado online 15 de diciembre

ABSTRACT

A survey were carried out to known the cattle gastrointestinal parasites (GIP) cases and anthelmintics and techniques utilized to control GIP on 350 fattening (F) and cow-calf-fattening (CF) productive systems in the east of La Pampa Province. Farms were stratified into three categories on the basis of herd size (more than 900 (G), between 900-500 (M) and less than 500 (P) bovines) and a random sample selected from each strata. The 33% of owners herds have been GIP clinic cases and a morbidity and mortality of 11.2% y 0.42% respectively. CF (37%) farmers declare more ($P < 0.004$, X^2 8.33) GIP cases than F (21%) and a RR 1.77 (95%; IC 1.18 - 2.74) was calculated, nevertheless no differences between strata were registered. Ninety four percent of the owners use avermectins (AVM) alone (71%) or combined with benzimidazol (BZD, 20%) or levamisol (3%) and 6% use BZD alone. AVM combination with other compounds was increased ($P < 0.005$, X^2 7.80) with herd size (G: 32%, M: 21%, P: 15%). The injection (95.2%) predominated as delivery method, alone (82.6%) or with oral (16.5%) or intraruminal (0.9%) BZD. Farmers treat 2.42 average times during the year, and G and IN herds treat significantly ($P < 0.01$) more year times. The 35% of the owners deworm two times: during autumn (between March and July) and late winter-spring (between August-October), whereas the 16% deworm once between February and April and the 12% twice, from late summer to early winter. Only the 18% of the farmers (G: 24%, M: 18%; P 13%) prevent worm losses by means of strategic treatments. The 60% of the farmers consult the veterinary, however only the 29% use the egg counts as diagnostic method and statistic differences ($P < 0.001$) between strata (G: 41%, M: 26%; P 19%) were observed. The egg counts were used as monitor method to worm treatment decision by the 12% of the farmers (CF 10%; F 16%). Farmers (94%) report that GIP was an important health problem for theirs herds and 30% express that was the principal problem (55%) alone or with other pathologies. The present results show the economic importance of GIP for cattle systems in this region, but also show a high anthelmintic (mainly AVM) use and little veterinary control participation. Trends to improve the control measures and to increase the use of drugs and veterinary services in the great G and F herds were observed.

Key words: Gastrointestinal nematodes, Cattle, Survey, Control, La Pampa

INTRODUCCIÓN

Dentro de los problemas sanitarios de la ganadería de la provincia de La Pampa, los nematodos gastrointestinales (NGI) deben ser tenidos en cuenta ya que ocasionan graves pérdidas en la producción de carne bovina. Esta afección, llamada gastroenteritis verminosa (GEV) se presenta como una parasitosis de etiología mixta, donde los principales géneros de nematodos gastrointestinales que la provocan en la región pampeana y centro del país son *Ostertagia*, *Cooperia*, *Trichostrongylus* y *Haemonchus* (Suárez, 1990).

Los terneros de engorde o la recría son las categorías más afectadas y las mayores pérdidas ocurren después del destete durante el primer otoño-invierno de pastoreo, con pérdidas subclínicas en la ganancia de peso que van del 9 al 22%, y que representan unos 18 a 44 kg al año de edad al llegar la primavera (Suárez, 1995). Luego, ya en novillitos o vaquillonas de sobreaño sólo se observan pérdidas subclínicas en aquellos planteos pastoriles intensivos o con restricciones alimenticias, a partir de mediados de verano con pérdidas en la ganancia de peso del orden

del 7 al 11% (15-23 kg) según datos previos de Suárez *et al.* (1999). Esta poca eficiencia de conversión de pasto a carne es el efecto más frecuente y se debe a la depresión del consumo, que puede alcanzar valores del 18 y 25% (Parkins y Holmes, 1989; Rossanigo *et al.*, 1988; Suárez *et al.*, 1997), además, de acuerdo a la gravedad del caso, de afectar el desarrollo óseo y muscular (Entrocasso, 1987; Suárez *et al.*, 1991). También, entre otros problemas que provoca, se hallan aquellos relacionados con la salud que pueden terminar con casos de muerte. Estos casos, aunque impactantes, son poco frecuentes, no pasando la mortandad del 3% por lo general. También con menor frecuencia se pueden registrar signos clínicos en animales que pasan los 18 meses de edad al final del verano, causados por desinhibición de *Ostertagia*, sumados a infestaciones posteriores (Suárez, 1995).

El conocimiento y la estimación de casos ocurridos anualmente serían de utilidad para poder evaluar la magnitud de esta afección a nivel regional y llevar a cabo acciones tendientes a un mejor control que conduzcan a una mejor eficiencia en la producción de carne.

Por otro lado, la competitividad de la producción de carne en base a pasto no podría ser concebida sin el control de los PGI. Esta necesidad de los productores de carne junto con la sucesiva disponibilidad, durante los últimos 15 años, de antihelmínticos cada vez más eficaces, simples de dosificar y baratos, motivó casi con seguridad la adopción de éstos últimos como principal herramienta de los productores para controlar los vermes. Este uso masivo de drogas como casi único recurso para controlar los nematodos probablemente aceleró la selección de poblaciones de nematodos resistentes (Anziani *et al.*, 2004). En el oeste de la región pampeana ha sido descripta una alta prevalencia (64%) de resistencia antihelmíntica frente a las avermectinas y benzimidazoles (Suárez y Cristel, 2006).

El conocimiento del manejo ganadero, el tipo de dosificación, los antihelmínticos u otras prácticas utilizadas en el control de la gastroenteritis verminosa de los bovinos en el este de La Pampa son necesarios, pues éstas prácticas, además de beneficiar la productividad, pueden generar residuos en los productos vacunos y en el medio ambiente creando la posibilidad de generar futuras barreras no arancelarias para el comercio exterior, o pueden acelerar aún más la aparición de resistencia antihelmíntica. Además, estos conocimientos son importantes para los organismos oficiales en la formulación de proyectos de investigación y transferencia o para fijar políticas ganaderas para la industria en la for-

mulación de productos, formas de dosificación y estimar los alcances de mercado, etc.

Debido a estos motivos se realizó una encuesta dirigida a los ganaderos del este de La Pampa para obtener información básica respecto a la incidencia y el control de los nematodos gastrointestinales bovinos en la producción de carne bovina.

MATERIALES Y MÉTODOS

La encuesta fue realizada por personal de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Anguil y de la Subsecretaría de Asuntos Agrarios de la provincia de La Pampa entre mayo y julio del 2004. Las encuestas se realizaron en la zona este de La Pampa, en los departamentos de Atreucó, Catrilló, Capital, Quemú-Quemú, Conhelo, Maracó, Trenel, Rancul, Realicó y Chapaleufú, cuya actividad ganadera principal es ciclo completo, con establecimientos que realizan internada y en menor medida cría. Además de la respuesta de los productores, las explotaciones se dividieron en dos grupos, de acuerdo a la proporción de animales adultos (vacas y toros) o jóvenes y el engorde que poseían: en ciclo completo y cría (CC > 9% de adultos) o internada (IN > 95% categorías jóvenes). Las explotaciones agropecuarias se agruparon de acuerdo a la cantidad de animales, conformándose 3 estratos: 1.º estrato (P) productores con 300 a 500 cab., 2.º estrato (M) con aquellos productores que poseen de 500 a 900 cab. y 3.º estrato (G) con aquellos de más de 900 cabezas. La cantidad de establecimientos a encuestar por departamento y estrato será proporcional al tamaño de estos y se establecerá, para estimar la probabilidad de ocurrencia, un nivel de confianza del 5% (Cochran, 1997).

La encuesta relevó datos de la explotación tales como número de bovinos, hectáreas ganaderas, actividad principal y datos sobre los nematodos gastrointestinales (NGI) en particular. Estos comprendieron si tuvieron casos de gastroenteritis verminosa, y las metodologías de control y antihelmínticos utilizados.

Para los casos de gastroenteritis verminosa, se registró la presencia o ausencia de casos en los últimos dos años, de ser positiva la respuesta la morbilidad, mortalidad y gravedad de los casos, categoría, raza de los afectados y en que época del año y tipo de potrero en el que ocurrieron los casos.

También se recabó información sobre la rutina en cuanto a frecuencia de tratamientos, época de trata-

mientos, categorías tratadas, vía de dosificación y tipo de antihelmínticos usados. La vía de dosificación se clasificó en inyectable, oral o intrarruminal y/o sus combinaciones a lo largo del ciclo productivo. Los antihelmínticos se dividieron en avermectinas, benzimidazoles y levamisol o sus combinaciones en el trascurso de la recría o engorde. Al referirse al término "combinación" se dice que una práctica o droga se aplica en un momento y luego a lo largo del año se aplica otra en otro momento, siempre en formas separadas.

Se pidió información acerca si consultaba al asesor veterinario, si realizaba diagnóstico a través del conteo de huevos en materia fecal (hpg) y si tenía un plan estratégico de control de NGI y si llevaba a cabo un seguimiento de los vermes a través de hpg.

Se solicitó también información sobre la importancia que le asignaba a los NGI y qué enfermedades consideraba de mayor importancia en su explotación.

Para el análisis estadístico se utilizaron, en primera instancia, técnicas descriptivas y medidas de asociación como riesgo relativo (RR) de acuerdo a factores como número de ganado establecimientos con más (A) o menos (B) de 610 bovinos, sistemas de producción (CC o IN) o carga animal. También se realizó un análisis factorial de correspondencia múltiple (Dagnelli, 1975) utilizando el programa estadístico STAT-ITCF (1988) para comprender con mayor precisión la relación entre los factores documentados.

RESULTADOS

Se encuestaron un total de 350 establecimientos ganaderos que sumaron en total 250.841 ha (promedio: 717 ha) y una existencia de 327.920 vacunos (promedio: 937 cabezas). El 63% de los sistemas bovinos estaba dedicado al ciclo completo, el 33 % a la invernada y sólo el 4% a la cría. La figura 1 muestra la ubicación de los departamentos y de los establecimientos muestreados de acuerdo al porcentaje de categorías bovinas jóvenes.

Casos de gastroenteritis verminosa (GEV): 113 propietarios (33%) declararon haber tenido casos clínicos de GEV de leves o moderados (28%) a graves (5%), estos se hallan posicionados en todos los departamentos muestreados (fig. 2). En los casos leves el promedio de morbilidad alcanzó el 8.3% de la tropa afectada y en los graves el 27.9%, aunque en estos últimos además en promedio los productores declararon haber sufrido un 2.1% de mortalidad. Los casos involucran las cate-

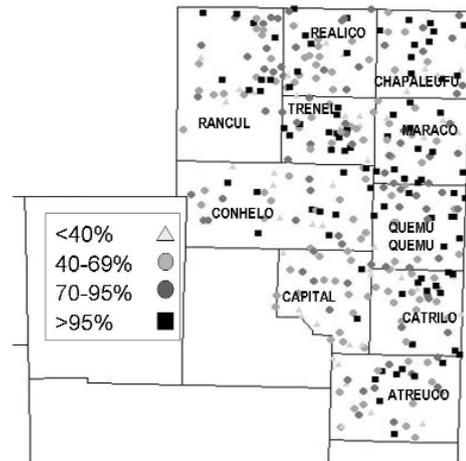


Figura 1. Porcentaje de animales jóvenes (terneros/as, recría, novillos y vaquillonas) a partir de las encuestas realizadas en los departamentos: Atreucó, Catrilo, Capital, Quemú-Quemú, Conhelo, Maracó, Trenel, Rancul, Realicó y Chapaleufú.

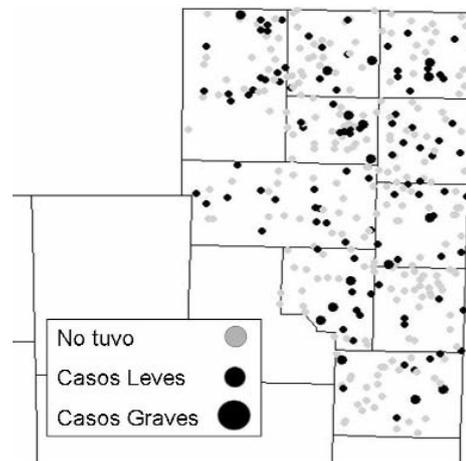


Figura 2. Casos de gastroenteritis verminosa declarados en la encuesta.

gorías jóvenes como terneros (59%) únicamente o terneros y novillitos o vaquillonas (35%). Sólo el 6% de los encuestados declaró haber tenido casos leves de GEV en animales como novillos o vacas, además de los más jóvenes. En la mayor parte de los casos se trata de bovinos de razas británicas o sus cruza (95%), aunque en un 5% de los casos involucraban animales con sangre cebú. Los problemas se produjeron en el 87% de los casos desde abril a principios de octubre, aunque de este período el 40% se ubicó de junio a agosto. En el período que va desde mediados de enero a marzo un 5% de propietarios declararon tener problemas. El 66% de los casos se produjo sobre pasturas implantadas,

implantadas, mientras que el 26% y 8% restante sobre verdeos o rastrojos y sobre pastizal natural respectivamente. En estos casos declarados el 58% de los productores usaba pastoreo rotativo. Al discriminar por sistema productivo, se registraron más casos de GEV ($P < 0.004$, χ^2 8.33) declarados en los rodeos de CC (37%) que en los de IN (21%) con un RR 1.77 (95%; IC 1.18 - 2.74), pero no se registraron diferencias por tamaño de rodeo de establecimientos. El cuadro 1 indica las

características de los casos de GEV de acuerdo a estratos y sistemas muestreados.

Prácticas de control de los nematodos: El cuadro 2 muestra los antihelmínticos utilizados, la frecuencia de tratamientos anuales y las características de los tratamientos. Se registraron 3 principios activos empleados para el control de los nematodos: avermectinas (AVM), benzimidazoles (BZD) y levamisol (LVM). Más del 95% de los

Estratos	Casos positivos	Morb. media (%)	Mort. media (%)	Categorías afectadas (%)	Época del año (%)	Tipo de potrero (%)
Prod. G n: 112 cab. >901 cab. 1.70 cab/ha	31 28 %	12.1	0.38	Ternero: 43 Ternero y novillito/ reposición: 46 Novillito/reposición y novillo/vaquillonas: 7 Vacas y/o toros: 4	mar-jun: 31 jun-ago: 42 ago-oct: 19 otros: 8	Pastura: 60 Verdeo-rastrojo: 36 Pastura-verdeo: 4
Prod. M n: 120 cab. >501 cab. 1.57 cab/ha	42 35 %	9.8	0.57	Ternero: 68 Ternero y novillito/ reposición: 25 Novillito/reposición y novillo/vaquillonas: 4 Vacas y/o toros: 3	mar-jun: 32 jun-ago: 39 ago-oct: 13 otros: 16	Pastura: 59 Verdeo-Rastrojo: 29 Pastura-verdeo: 6 Pastura natural: 6
Prod. P n: 118 cab. <500 cab. 1.57 cab/ha	40 34 %	12.1	0.30	Ternero: 59 Ternero y novillito/ reposición: 30 Novillito/reposición y novillo/vaquillonas: 7 Vacas y/o toros: 4	mar-jun: 40 jun-ago: 40 ago-oct: 9 otros: 11	Pastura: 68 Verdeo-Rastrojo: 16 Pastura-verdeo: 3 Pastura natural: 13
IN n: 109 cab. 1.58 cab/ha	23 21 %	10.4	0.23	Ternero: 59 Ternero y novillito/ reposición: 36 Novillito/reposición y novillo/vaquillonas: 5	mar-jun: 32 jun-ago: 45 ago-oct: 14 otros: 9	Pastura: 56 Verdeo-Rastrojo: 22 Pastura-verdeo: 11 Pastura natural: 11
CC n: 241 cab. 1.44 cab/ha	90 37%	11.1	0.50	Ternero: 59 Ternero y novillito/ reposición: 31 Novillito/reposición y novillo/vaquillonas: 6 Vacas y/o toros: 4	mar-jun: 46 jun-ago: 38 ago-oct: 12 otros: 14	Pastura: 62 Verdeo-Rastrojo: 27 Pastura-verdeo: 3 Pastura natural: 8

Cuadro 1: Casos de gastroenteritis verminosa declarados por los productores encuestados de acuerdo al número de existencias (productores de más de 900 cabezas: G, de más de 500 cab.: M y de menos de 500 cabezas: P) y tipo de sistema productivo (Invernada: IN y Ciclo completo y cría: CC)

Morb.: morbilidad; Mort.: mortalidad

Estratos	Droga utilizada (%)	Modo de aplicación (%)	N.º de dosis medias	Frecuencia de tratamientos (%)	Plan de control estratégico (%)
Prod. G n: 112 cab. >901 cab 1.7 cab/ha	AVM sola: 60 AVM + BZD + LVM: 32 BZD sólo: 8	Inyectable: 74 Inyectable+oral +intrarruminal: 23 Oral: 4	2.74	≤ 1 trat.: 13 2 trat.: 35 3 trat.: 29 ≥ 4 trat.: 23	Si: 24
Prod. M n: 120 cab. >501 cab 1.57 cab/ha	AVM sola: 75 AVM + BZD + LVM: 21 BZD sólo: 5	Inyectable: 85 Inyectable+oral +intrarruminal: 11 Oral: 3	2.46	≤ 1 trat.: 15 2 trat.: 44 3 trat.: 25 ≥ 4 trat.: 16	Si: 18
Prod. P n: 118 cab. <500 cab 1.57 cab/ha	AVM sola: 79 AVM + BZD + LVM: 15 BZD sólo: 6	Inyectable: 88 Inyectable+oral +intrarruminal: 7 Oral: 4	2.08	≤ 1 trat.: 24 2 trat.: 50 3 trat.: 18 ≥ 4 trat.: 8	Si: 13
IN n: 109 cab. 1.58 cab/ha	AVM sola: 72 AVM + BZD + LVM: 24 BZD sólo: 4	Inyectable: 81 Inyectable+oral +intrarruminal: 17 Oral: 2	2.70	≤ 1 trat.: 13 2 trat.: 33 3 trat.: 31 ≥ 4 trat.: 23	Si: 23
CC n: 241 cab. 1.44 cab/ha	AVM sola: 71 AVM + BZD + LVM: 22 BZD sólo: 7	Inyectable: 83 Inyectable+oral +intrarruminal: 12 Oral: 5	2.31	≤ 1 trat.: 18 2 trat.: 50 3 trat.: 20 ≥ 4 trat.: 12	Si: 16

Cuadro 2: Antihelmínticos aplicados, modo y frecuencia de utilización de acuerdo a lo declarado por los productores encuestados según número de existencias (productores de más de 900 cabezas: G, de más de 500 cab.: M y de menos de 500 cabezas: P) y tipo de sistema productivo (Invernada: IN y Ciclo completo y cría: CC)

AVM: avermectina; BZD: benzimidazol; LVM: levamisol; trat: tratamiento

productores pudo indicar qué antihelmíntico usaba. Entre éstos, el 94% utiliza avermectinas como droga única (71%) o combinada con otros principios activos que son aplicados en alguna otra oportunidad a través del año. El 53% utiliza ivermectinas (IVM) solas y el 12% doramectina generalmente combinada a lo largo del año con AVM o BZD. Nadie declaró aplicar moxidectina o abamectina. Los BZD se utilizaron mayormente combinados (20%) (principalmente con AVM), aunque un 6% de los propietarios los aplica en forma exclusiva.

El ricobendazol inyectable generalmente combinado es aplicado en el 8% de los campos encuestados. LVM inyectable es usado combinado con otros principios activos a lo largo del año en sólo el 3% de los rodeos. Se observaron diferencias entre productores de más (A) de 610 bovinos con respecto al resto de inferior número de existencias (B), ya que los A (29%) combinaron en mayor porcentaje las AVM con otras drogas (BZD y LVM) que los productores B (15%). Al ver por estratos (cuadro 2) se observa que a mayor número de ganado,

el uso de otras drogas además de AVM se incrementa. El 32% de los productores de más de 900 cabezas combina las AVM con otras drogas.

La forma de aplicación inyectable (95.2%) fue mayoritaria, aunque en forma diferencial por tamaño de rodeo ($P < 0.002$, X^2 10.1), ya que respectivamente un 23%, 11% y 7% de los productores G, M y P declaró combinarla en otros momentos del año con antihelmínticos orales o intrarruminales (lechosos). Sólo el 3.8% usó productos orales exclusivamente y el 0.9% intrarruminales combinados.

Los productores aplicaron en promedio 2.42 ± 1.1 tratamientos en el año, con un rango que fue desde uno (16%) a ocho (0.6%) dosificaciones. Sólo el 0.6% no aplicó antihelmínticos (cuadro 2). En la IN (2.7 trat./año promedio) se dosificó significativamente ($P < 0.001$) más que en el CC (2.3 trat./año promedio), donde respectivamente el 54% y el 31% de los invernadores y los de ciclo completo dosificaron entre 3 o más veces al año ($P < 0.001$, X^2 16.1) a su hacienda. Esta diferencia ($P < 0.001$, X^2 10.5) también se observó a favor de los productores A, donde un 45% trató más de 3 veces al año, en tanto que entre los B sólo lo hicieron un 28%. La distribución espacial de la frecuencia de tratamientos se halla descrita en la figura 3.

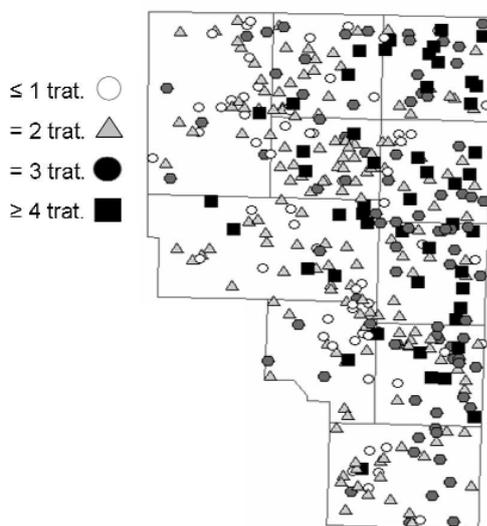


Figura 3. Número de tratamientos antihelmínticos anuales aplicados en los rodeos de acuerdo a lo declarado por los productores.

En cuanto a las categorías tratadas en el CC el 10% de los encuestados dosificaba las vacas y toros y el 1% sólo los toros. Además, en los campos de CC sólo el

15% dosificaba además de novillitos y terneros a los novillos, mientras que en los de IN el 47% desparasitaba también los novillos.

En cuanto al período y distribución de los tratamientos, un porcentaje importante de productores (35%) desparasita a su hacienda dos veces al año en el otoño (entre marzo y julio) y a fines de invierno-primavera (entre agosto y octubre), mientras que el 16% lo hace una sola vez entre febrero y abril, y otro 12% trata 2 veces desde fines de verano a principios de invierno. En la IN (33%) se trata con más frecuencia ($P < 0.001$, X^2 18.9) que en el CC (11%) cada 3 meses, mientras que en el CC los tratamientos en otoño y fin de invierno-primavera ($P < 0.02$, X^2 6.6) son más frecuentes que en la IN (25%), es decir, tratamientos aplicados entre marzo-junio y entre agosto-octubre.

En cuanto a la planificación del control, el 18% de los encuestados (CC 16%; IN 23%) previene posibles pérdidas de ganancia de peso mediante una estrategia de tratamientos fijos en el tiempo, registrándose entre productores A (22%) una mayor proporción ($P < 0.04$, X^2 4.28) de esta práctica que entre los B (13%). En el cuadro 2 se observa cómo a medida que el número de hacienda es mayor los productores aplican una estrategia de control.

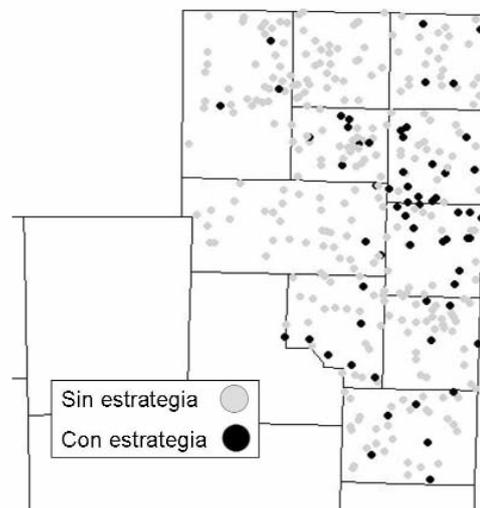


Figura 4. Productores que declararon tener una estrategia de control planificado

Aunque al observar la figura 4, la mayor parte de los productores que hacen un control estratégico se hallan en los departamentos de Maracó y Quemú Quemú.

Diagnóstico, asesoramiento profesional e importancia asignada a los nematodos: En cuanto a las consultas al veterinario (cuadro 3), un 60% de los productores respondieron afirmativamente, mientras que a pesar de esto, sólo el 29% (IN 33%; CC 27%) realiza al menos una vez al año un diagnóstico coprológico de conteo de huevos de nematodos por gramo de heces (hpg), aunque entre los productores A (36%) el hpg es significativamente ($P < 0.001$, X^2 9.7) más empleado que entre los B (21%), observándose a través de los estratos un incremento en su empleo a medida que el rodeo es más grande (cuadro 3). La figura 5 muestra la representación espacial en cuanto al empleo del hpg, observándose una tendencia a mayor empleo en Maracó, Quemú Quemú y Atreucó. Sólo el 12% (CC 10%; IN 16%) hace un seguimiento de las infestaciones parasitarias a través de hpg y dosifica de acuerdo a ese monitoreo por indicación del asesor. En este punto se registraron únicamente diferencias significativas ($P < 0.03$, X^2 5.1) entre los productores de más (A 16%) y de menos (B 8%) de 610 animales y también entre estratos.

Por otro lado, al preguntar sobre que importancia que le daban los productores a las parasitosis internas, el 94% de los encuestados opinó que los nematodos son un problema importante en la producción de carne bovina. Y en el mismo sentido (cuadro 3), al requerir sobre cuál era el problema sanitario más importante de su establecimiento, el 30% se expresó a favor de los PGI como único problema (55%) o como principal problema junto con otras patologías de diferente etiología. Sólo se observó una tendencia entre productores de más de 900 cabezas (41%) o entre los invernadores (35%) a atribuirle más importancia a los nematodos que entre los de menor número de cabezas (29%) o aquellos de ciclo completo (CC 26%). La figura 6 señala lo declarado por los productores en cuanto al problema sanitario más importante en su establecimiento, mostrando que la importancia se incrementa con excepción de Atreucó, hacia el Noreste.

Estratos	Principal problema: los PGI	Consulta al veterinario	Hace hpg	Dosifica de acuerdo a un seguimiento diagnóstico con hpg
Prod. G >900 cab	41%	62%	41%	19%
Prod. M >500 cab	28%	62%	26%	12%
Prod. P <500 cab	31%	57%	19%	6%
IN	35%	66%	33%	16%
CC	26%	58%	27%	10%

Cuadro 3: Empleo del diagnóstico coprológico (hpg) e importancia asignada a los PGI de acuerdo a lo declarado por los productores encuestados según número de existencias (productores de más de 900 cabezas: G, de más de 500 cab.: M, y de menos de 500 cabezas: P) y tipo de sistema productivo (Invernada: IN y Ciclo completo y cría: CC)

AVM: avermectina; BZD: benzimidazol; LVM: levamisol; trat: tratamiento

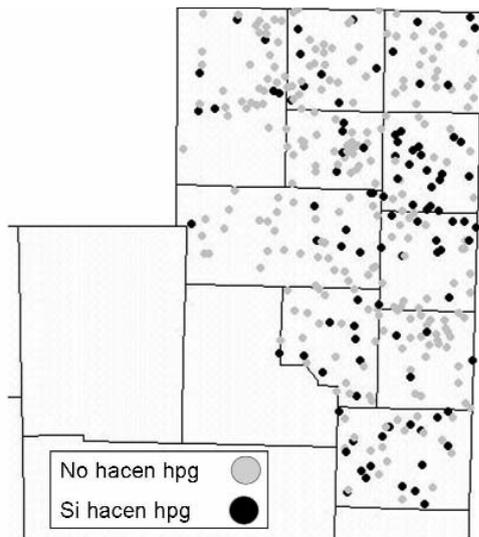


Figura 5. Productores que utilizan el hpg como herramienta de diagnóstico.

DISCUSIÓN

Los casos declarados de GEV demuestran la importancia que esta afección tiene en esta región, que es la que mayormente convierte pasto en carne en la provincia de La Pampa. Ya que si el 33% declaró haber tenido, aunque mayormente leves (28%), casos clínicos de GEV, se puede estimar una pérdida productiva en la ganancia de peso vivo del orden de no menos del 20% solamente en esos rodeos, sin contar con las pérdidas en calidad de res (Suárez, 1995). Además, a esta pérdida se le podrían sumar otras que seguramente ocurren en el resto de los rodeos (67%), donde los PGI han pasado desapercibidos al presentar un cuadro subclínico, que según observaciones realizadas en la región (Suárez y Busetti, 2000) las pérdidas subclínicas en la ganancia de peso vivo se hallan en el orden del 7-15%. De acuerdo a los resultados obtenidos, en los sistemas de invernada hay menos presentación de casos, probablemente relacionado a una mayor preocupación puesta en el control de los parásitos ya sea a través de un mayor empleo de antihelmínticos o de estrategias de control. Esta tendencia se observa también entre productores con mayor número de existencias. Otra respuesta podría estar ligada a que en la invernada hay un mejor control al ingreso de la hacienda, que en los campos de ciclo completo no siempre la invernada está totalmente separada de la recría y esto facilitaría la contaminación de potreros con categorías más susceptibles o complicaría las medidas de control. El incremento de la presencia de resistencia antihelmíntica en rodeos de la región sería también una alarma en cuanto a pérdidas productivas debido a una pérdida de eficacia de las drogas como ha sido comunicado en algunos establecimientos de Córdoba y Buenos Aires (Anziani y Fiel, 2004) donde hubo presentación de signos clínicos y muertes de

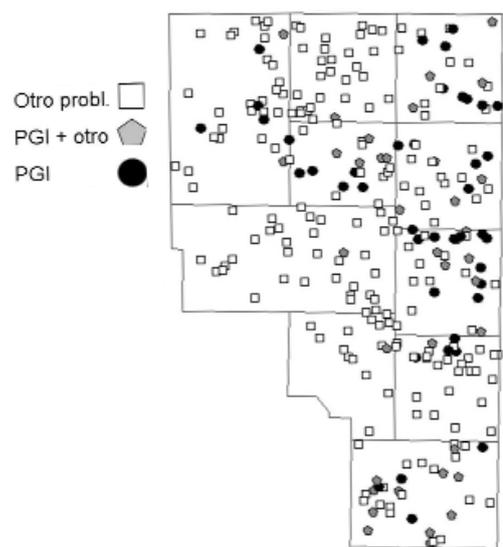


Figura 6. Problema sanitario más importante del rodeo de acuerdo a la opinión de los encuestados: -Parásito gastrointestinal (PGI) - PGI junto a uno o dos problemas mas (PGI+otra) - Otro problema sanitario

bovinos (3.7%) por infestaciones mixtas a pesar de la aplicación de avermectinas y benzimidazoles.

En cuanto a las prácticas de control, los presentes resultados muestran con precisión el elevado uso de las avermectinas (96%) en la región, además de la frecuencia en que son utilizados los antihelmínticos. Sólo se observa una ligera baja en la utilización de AVM en forma única por parte de los establecimientos grandes a favor de combinarla con un mayor uso de BZD a lo largo del ciclo de engorde. Esta masiva administración de AVM (mayormente ivermectina) podría generar en el corto plazo un problema de resistencia no sólo frente a Cooperia, sino también frente a otros géneros de nematodos y comprometer sensiblemente la sustentabilidad del control de los vermes ya que las drogas no son insumos renovables y actualmente la industria no tiene entre sus metas invertir en desarrollo de nuevas drogas antihelmínticas para el ganado. Una encuesta sobre prevalencia de resistencia antihelmíntica en bovinos en el oeste de la región pampeana mostró una asociación significativa entre 3 o más aplicaciones de antihelmínticos y rodeos con resistencia antihelmíntica (Suárez y Cristel, 2006). Por otro lado, los estudios sobre el efecto prolongado de los residuos de las lactosomas macrocíclicas sobre la fauna coprófila que participa en la degradación de las excretas bovinas en los sistemas pastoriles demuestran la toxicidad y el impacto negativo de estos residuos en el ambiente (Herd, 1995; Suárez, 2002). Esto además de incidir en el negativamente en la sustentabilidad del ambiente podría, sumado a los residuos en productos como la carne, incidir en un futuro no muy lejano en el comercio exterior de los productos derivados. Es de considerar como en este sentido, de los 350 productores

encuestados, ninguno declaró usar moxidectina, la cual según estudios previos demuestra ser mucho más amigable con el medio ambiente (Doherty *et al*, 1994; Suárez *et al.*, 2003).

En cuanto a la forma de dosificación, los productores usan en forma masiva (95.2%) la vía inyectable de fácil administración, la cual involucra mayormente AVM, posiblemente debido a su amplio espectro, acción prolongada, inocuidad y además por los bajos costos que en los últimos años han tenido las formulaciones genéricas. También los presentes resultados muestran a pesar de sus formulaciones inyectables, el reducido empleo en los rodeos del ricobendazole (8%) y del levamisol (3%). En cuanto a las otras formas de dosificación, los antihelmínticos orales (16.5%) son poco utilizados y aún menos los intrarruminales (0.9%). Ningún productor aplica formulaciones a partir de derrame dorsal (pour on) a diferencia de otros países como Nueva Zelanda donde es la forma de aplicación de más utilización.

En cuanto al régimen de tratamientos, en la mayor parte (35%) de los rodeos se aplican 2 tratamientos al año (otoño y fines invierno o primavera), los cuales están alejados de lograr un buen control de los vermes, ya que una eficaz reducción de las cargas parasitarias en los terneros al inicio del otoño dependerá del manejo forrajero y de la contaminación de las pasturas (Suárez, 1994). Generalmente en los sistemas intensivos hace falta más de un tratamiento durante el otoño. Por otro lado, el tratamiento al inicio de la primavera muchas veces no alcanza para prevenir las pérdidas de peso por los nematodos y el desarrollo invernal de los terneros que no es compensable en el tiempo y conlleva un deterioro posterior en la conformación de las reses (Suárez, 1995). En el sentido inverso, un 17% de los productores (principalmente los que poseen más ganado) desparasita su hacienda 4 o más veces por año. Esta práctica de acuerdo al manejo de campo, tampoco siempre va en el sentido de los patrones epidemiológicos y, en muchos casos, ese número de aplicaciones no sería necesario. El 18% de los productores (mayormente aquellos con mayor número de existencias) aplican un régimen de tratamientos fijos, pero no todos poseen una estrategia racional que plantee el control de acuerdo a los patrones epidemiológicos (Suárez, 1994) de los PGI en la región y así prevenir posibles pérdidas productivas.

En cuanto a la participación del veterinario en el asesoramiento y el diagnóstico a pesar de que un porcentaje alto de productores respondió que consultaban al profesional, en los hechos sólo un 29% (en mayor proporción productores grandes: 41%) utilizaban sus servicios a través del hpg y aún en menor medida (12%) a través de una intervención en los rodeos mediante un monitoreo diagnóstico en base al hpg y tratando en base a resultados. Esto muestra cómo, a pesar de que los productores le asignan una importancia alta a los PGI, el control de

los mismos recae mayormente en la aplicación de fármacos con poca participación profesional. Sin embargo, la encuesta demuestra que los productores grandes y los invernadores le otorgan más importancia a esta afección, planifican en mayor medida el control y utilizan más el apoyo veterinario. Probablemente, en parte esto se podría explicar por una menor incidencia en los costos por la escala productiva o por un mejor acceso a la información o cultura de este tipo de productores.

CONCLUSIONES

El presente trabajo demuestra el peso económico de los PGI en la competitividad de los sistemas de la región no sólo por los casos declarados y sus consecuencias en la producción de carne, sino también por el gasto originado en el consumo de antihelmínticos y otras medidas tendientes al control.

Por otro lado, se muestra el elevado uso de antihelmínticos, principalmente avermectinas con el potencial riesgo de afectar la sustentabilidad de los sistemas al acelerar, por un lado, la selección de poblaciones de vermes resistentes y de originar, por el otro, efectos nocivos en el ambiente o posibilitar restricciones comerciales por residuos.

Finalmente, a pesar de la importancia que los productores otorgan a los PGI, de la presente encuesta no se extrae una participación importante del profesional en el control de los PGI, y son escasas las estrategias de control que toman en cuenta los patrones epidemiológicos de la enfermedad, surgiendo como necesidad la extensión de cómo planificar y poner en práctica las metodologías de control más adecuadas para cada sistema o rodeo. También se observa una tendencia a medida que las explotaciones son más grandes o en los planteos de invernada a darle más importancia al control, al uso de antihelmínticos y a la participación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la desinteresada colaboración de los productores y veterinarios por la información suministrada, y al Ministerio de la Producción del Gobierno de la provincia de La Pampa y a la EEA Anguil por la financiación del estudio.

REFERENCIAS

ANZIANI, O.S., FIEL, C.A. 2004. Estado actual de la resistencia antihelmíntica (nematodos gastrointestinales) en bovinos de la Argentina. *Vet. Arg.* XXI, 202: 122-133

ANZIANI O.S, SUÁREZ V.H., GUGLIELMONE A.A., WARNKE, O., GRANDE H., G.C. COLES, G.C. 2004.

Resistance to benzimidazole and macrocyclic lactone anthelmintics in cattle nematodes in Argentina. *Vet Parasitol.*, 122: 303-306

COCHRAN, W.G. 1997. Técnicas de muestreo. CECSA, México DF.

DAGNELLI, P. 1975. Analyse statistique a plusieur variables. Ed. Les presses Agronomiques de Gembloux. A.S.B.L. Belgique 362 p.

DOHERTY W.M., N.P. STEWART, R.M. COBB, AND P.J. KEIRAN, 1994: In vitro comparison of the larvicidal activity of moxidectin and abamectin against *Onthophagus gazella* (F.) (Coleoptera: Scarabaeidae) and *Haematobia irritans exigua* De Meijere (Diptera: Muscidae). *J. Aust. Entomol. Soc.* 33, 71-74.

ENTROCASSO, C.M., 1987. Economic impact of gastrointestinal verminosis in the temperate climate areas of South America, with special reference to Argentina. In: W.H.D. Leaning and J. Guerrero (Editors), The economic impact of parasitism in cattle. Proceedings of the MSD AGVET Symposium, Montreal, Canada, pp. 53-58.

HERD, R., 1995: Endectocidal drugs: Ecological risks and counter-measures. *Int. J. Parasitol.* 25, 875-885.

PARKINS, J.J. AND HOLMES P.H., 1989. Effects of gastrointestinal helminth parasites on ruminant nutrition. *Nutrition Research Reviews*, 2: 227-246.

ROSSANIGO, C. E., AVILA, J. D., SAGER, R. L., VASQUEZ, R. AND POLI, M.A. 1988. Efecto de las cargas de helmintos gastrointestinales sobre el consumo y digestibilidad en terneros de destete. *Rev. Med. Vet. (Bs. As.)*, 68, 4: 202-208.

STAT-ITCF. 1988. Manuel d' utilisation. Institut Technique des Céréales et des Fourrages, Paris 238 p.

SUÁREZ, V.H. 1990. Inhibition patterns and seasonal availability of nematode for beef cattle grazing on Argentina's Western Pampas. *International Journal Parasitology*, 20, 1031-1036

SUÁREZ, V.H. 1994. Las parasitosis internas del bovino en la región Semiárida y Subhúmeda Pampeana

¿Como controlarlas? *Boletín de Divulgación Técnica (INTA-Anguila)*, 47, 38 p.

SUÁREZ, V.H. 1995. Las parasitosis internas del bovino en la región Semiárida y Subhúmeda Pampeana ¿Cuáles son, qué producen? *Boletín de Divulgación Técnica (INTA-Anguila)*, 45, 27 p.

SUÁREZ V.H 2002, Helminthic control on grazing ruminants and environmental risks in South America, *Vet. Res.*, 33: 563-573

SUÁREZ V.H., BEDOTTI O.D., LARREA S., BUSETTI M.R, GARRIZ C.A 1991 Effect of an integrated control programme with ivermectin on growth carcass and nematode infection on beef cattle in Argentina's Western Pampas. *Research in Veterinary Science*, 50: 195-199

SUÁREZ V.H., LORENZO R.M., BUSETTI M.R. y BABINEC F.J. 1997. Resistencia y tolerancia de bovinos Aberdeen Angus, Santa Gertrudis y sus cruizas frente a los nematodos gastrointestinales. *Veterinaria Argentina*, XIV, N.º139: 606-617.

SUÁREZ, V.H., LORENZO, R.M., BUSETTI, M.R., SANTUCHO G.M. 1999. Physiological and parasitological responses to nematode infections of fattening cattle in the western pampas of Argentina. *Vet. Parasitol.*, 81: 137-148

SUÁREZ V.H. y BUSETTI M.R. 2000. Efecto de tratamientos intensivos previos en novillos expuestos naturalmente a nematodos gastrointestinales en la segunda parte del engorde. *Rev. Med. Vet.*, 81, 2: 110-113.

SUÁREZ, V.H , LIFSCHITZ, A.L., SALLOVITZ, J.M., LANUSSE, C.E. 2003. Effects of ivermectin and doramectin faecal residues on the invertebrate colonization of cattle dung. *J. App. Entomol.*, 127 (8), 481-488

SUÁREZ V.H., CRISTEL, S.L., 2006. Anthelmintic resistance in cattle nematode in the western Pampeana Region of Argentina. *Vet. Parasitol.*, en prensa

Contenido de catequinas en cultivares argentinos de té (*Camellia sinensis*), elaborados como té negro

PRAT KRICUN, S. D.¹

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo determinar el contenido de materia seca de las siguientes catequinas, epigalocatequina-3-galato (EGCG), epigalocatequina (EGC), epicatequina (EC), catequina (C) y catequina galato (CG), en los cultivares de té CH 14 INTA, CH 112 INTA, CH 318 INTA, CH 410 INTA y CH 732 INTA elaborados como té negro, durante tres épocas de zafra. Se empleó un sistema de extracción acuosa y la determinación de los compuestos se efectuó por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), con elución isocrática.

Los contenidos de catequinas se analizaron por análisis de variancia ($P < 0,05$), se estudiaron las diferencias entre cultivares y la población control, épocas e interacciones. Se compararon las medias entre cultivares y la población control por medio de la prueba de Comparación Múltiple ($P < 0,05$). Los resultados obtenidos permiten establecer que el contenido total promedio de todas las catequinas analizadas, alcanzó a 1,53 de materia seca (%). EGCG fue la catequina con más alta concentración, alcanzado un promedio $1,10\% \pm 0,13$, no registrando diferencias significativas entre cultivares. EGC alcanzó un segundo nivel con una concentración de $0,16\% \pm 0,03$. Para EC, C y CG las concentraciones fueron de $0,16\% \pm 0,06$; $0,06\% \pm 0,016$ y $0,04\% \pm 0,009$, respectivamente.

Entre los cultivares se presentaron diferencias significativas respecto al resto, el cultivar CH 410 INTA presentó los mayores contenidos de EGCG, EGC, EC y C, con 1,30; 0,19; 0,29 y 0,11% respectivamente; para CG el cultivar CH 318 INTA presenta el mayor contenido con 0,068%.

Entre las épocas de zafra, se registraron diferencias significativas, con los mayores contenidos promedio al inicio de zafra para todas las catequinas analizadas. Sus contenidos para EGCG, EGC, EC, C y CG, fueron 1,47; 0,22; 0,27; 0,13 y 0,063% respectivamente.

Palabras clave: Té negro, polifenoles, catequinas, HPLC.

¹ Ing. Agr. Mgter. EEA Cerro Azul-INTA. C. C. 101, 3315 Leandro N. Alem, Misiones, Argentina. e-mail: pkricun@cerro.inta.gov.ar

ABSTRACT

The present project was conducted with the objective of evaluation the content of the following catechins, epigallocatechin-3-gallate (EGCG), epigallocatechin (EGC), epicatechin (EC), catechin (C) and catechin gallate (CG), in the tea cultivar CH 14 INTA, CH 112 INTA, CH 318 INTA, CH 410 INTA and CH 732 INTA elaborated as black tea, during three harvest times. A system of water extraction was used and the determination was made by high performance liquid chromatography (HPLC), with isocratic elution.

The catechin contents were analyzed by analysis of variance ($P < 0.05$), the differences were studied among cultivars and the population control, times and interactions. The means were compared among cultivars and the population control by Multiple Range Test ($P < 0.05$). The obtained results allow to establish the following conclusions.

The total average content of all the analyzed catechins, reaching at 1.53 of dry matter (%). EGCG was the catechins with higher concentration, reaching at an average of $1.10\% \pm 0.13$, not registering significant differences among cultivars. EGC reached a second level with a concentration of $0.16\% \pm 0.03$. For EC, C and CG the concentrations were $0.16\% \pm 0.06$; $0.06\% \pm 0.016$ and $0.04\% \pm 0.009$, respectively.

Among the cultivars they presented significant differences, cultivar CH 410 INTA present the biggest contents in EGCG, EGC, EC and C, with 1.30; 0.19; 0.29 and 0.11% respectively; for CG cultivar CH 318 INTA presents the biggest content with 0.068%.

For the harvest times, they registered significant differences, with the biggest contents average to the beginning for all the analyzed catechins. Their contents for EGCG, EGC, EC, C and CG, were 1.47; 0.22; 0.27; 0.13 and 0.063% respectively.

Key words: Black tea, polyphenols, catechins, HPLC.

INTRODUCCIÓN

La región tealera argentina está comprendida entre los 54° y 56° W, 26° y 28° S, constituyéndose en la más austral del mundo, con aproximadamente 45.000 ha en su momento de máxima expansión (1976-77) de las cuales 41.850 ha (93%), se encontraban en la provincia de Misiones y 3.150 ha (7%) en la provincia de Corrientes (De Bernardi y Prat Kricun, 2002; International Tea Committee, 2005).

El clima es subtropical húmedo, isohídrico, las precipitaciones van de los 1800 a 2200 mm anuales. Con estas condiciones el cultivo desarrolla su período de zafra entre los meses de octubre a mayo. Durante el período otoño-invernal, por disminución de las temperaturas medias y la heliofanía diaria, inicia un periodo de receso fisiológico que se aprovecha para la realización de las podas anuales, periódicas y de formación.

El cultivo se realiza a altitudes de 150 a 550 m, en suelos de los ordenes alfisoles y ultisoles con buena aptitud productiva, que si bien en general responden a sus necesidades, presentan limitaciones nutricionales posteriores, que deben ser corregidas por medio de la fertilización en función a su estado nutricional y nivel de extracción.

Las modernas plantaciones se efectúan (Hampton, 1992; Obanda *et al.*, 1992; Prat Kricun y Belingheri,

2003) empleando cultivares clonales, seleccionados por su homogeneidad, rendimiento, calidad de taza y adaptabilidad ambiental. El método de propagación por semilla es cada vez menos empleado en el país, si bien resulta más económico, su uniformidad productiva y cualitativa son bajas debida a la alta heterogeneidad genética.

La cosecha se extiende en promedio entre 7 a 8 meses, su inicio y fin está estrechamente ligado a las heladas tardías y tempranas, respectivamente. La recolección es mecanizada, con intervalos de 12 a 30 días. El nivel de recolección coincide con el despunte o "tipping", según el tipo de poda que se haya realizado, partiendo de este nivel correspondiente a la primera recolección después del despunte, se debe elevar el nivel de recolección 1 a 3 cm, cada 2 a 4 recolecciones y así sucesivamente hasta concluir la campaña con la poda liviana. Durante la recolección, la materia prima debe conservarse sana, entera, no compactada y aireada. Debe conservar su color verde y aroma típico, evitando la exposición directa al sol, contacto con tierra, malezas o cualquier otro contaminante. Su transporte a la planta elaboradora debe realizarse de forma rápida e higiénica en envases o contenedores adecuados (EEA Cerro Azul, 1996).

Las podas anuales o de producción, tienen como objetivo mantener la altura de la planta entre 50 a 100 cm y promover el desarrollo de tallos productivos, a partir de las yemas adventicias presentes en la ramazón. La poda

de rebaje, fuerte o periódica se efectúa en ciclos de 4 a 6 años, con los objetivos de reducir la altura de la planta, aumentar la relación masa foliar/madera, reemplazar las ramas muertas o dañadas y recuperar los rendimientos en un nuevo ciclo. La poda de renovación, rejuvenecimiento o recepado se efectúa cada 30 a 35 años con un corte a nivel del suelo del eje o los ejes principales de la planta, con el objetivo renovar completamente el esqueleto de la planta.

La manufactura se efectúa como té negro sobre el 98,5% de la materia prima, exportándose del total de té seco un 95% con destino principal a EEUU, Chile, Inglaterra, Holanda y Alemania (International Tea Committee, 2005). El proceso comprende las típicas etapas de marchitado, enulado, fermentado, secado, clasificación, mezcla y envasado; existen diversidades entre las diferentes plantas en los sistemas de enulado, secado y clasificación (Werkhoven, 1974; EEA Cerro Azul, 1996; Jose, 2001; Prat Kricun, 2003).

Es importante conocer la composición química del brote y de las hojas, por las reacciones que estos compuestos sufren durante sus diferentes procesos de manufactura, así como la importante contribución de los mismos a las características de astringencia, color, brillo, pungencia, flavor y propiedades estimulantes propias del producto (Herath *et al.*, 1993). Además de los componentes normales de cualquier tejido vegetal como hidratos de carbono, lípidos, proteínas y minerales, encontramos otros constituyentes como los polifenoles en cantidades tales que distinguen al té de otros vegetales (EEA Cerro Azul, 1996; Laurens *et al.*, 1998; Tocklai Exp. St., 2003b). Estos están presentes en los jugos celulares y sufren una serie de cambios químicos cuando la hoja es desintegrada durante la manufactura. Son derivados del ácido gálico y las catequinas. Los métodos de análisis químicos tradicionales y la cromatografía, permiten separar más de una docena de diferentes compuestos, con configuración química basada en la catequina y el ácido gálico. No todos ellos están presentes en forma natural en la hoja de té; algunas de ellas son formas isoméricas producidas durante el proceso de extracción y análisis. Las 6 que se reconocen en los trabajos a campo son: epigalocatequina-3-galato (EGCG), epigalocatequina (EGC), epicatequina-3-galato (ECG), epicatequina (EC), galocatequina (GC) y catequina(C). Si bien el rol de los polifenoles en general y las catequinas en particular está asociado a la resistencia a plagas y enfermedades, su función en té es estudiada con detenimiento en función a las tolerancias y resistencias en nuevos cultivares (Punyasiri *et al.*, 2000). Con respecto a sus propiedades biológicas cuando se consumen, se absorben intestinalmente (Dashwood, 1999, 2002) y rápidamente se metabolizan, para formar compuestos metilados, glucuronizados y sulfatados. Se ha encontrado que puede ocurrir el metabolismo por bacterias, que normalmente colonizan el colon. EGCG representa del 10-50% de las catequinas totales y parece ser la más poderosa de las catequinas; su actividad antioxidante es aproximadamente 25-100 veces más potente que las vitaminas C y E. Los más importantes efectos

biomédicos son la protección contra el cáncer y las enfermedades cardiovasculares (Flores *et al.*, 2003). En los trabajos experimentales, la actividad preventiva del té, se documentó bien para los tumores en diferentes órganos. En los humanos, se informó que el té es protector contra tumores en pulmón, tracto gastrointestinal e hígado, además previene la salud bucal (Udagama *et al.*, 2000).

La investigación ha mostrado que el té es antiaterogénico reduciendo colesterol y triglicéridos (Vinson *et al.*, 1998); reduce coágulos sanguíneos, refuerza la función inmune, la pérdida de peso y es anticancerígeno (Yang *et al.*, 1997). Teóricamente, la alta actividad antioxidante del té, lo hace beneficioso protegiendo el cuerpo del daño oxidativo, debido a los radicales libres. Las enfermedades que están asociadas con el daño por radicales libres incluyen cáncer, enfermedades cardíacas, función inmune suprimida y el envejecimiento acelerado.

Una gran cantidad de evidencia científica indica los beneficios de beber té, por su amplia gama de propiedades medicinales (Tocklai Exp. St., 2003a). Así, el té se presenta por su esfera de acción, como el quimiopreventivo más práctico, incluido en una dieta saludable para protección de los consumidores en general, reduciendo el riesgo de diferentes tipos de cáncer. La Asociación de Investigación de té (TRA), en Tocklai (India) en la colaboración con el Instituto Indio de Biología Química (IICB), en Kolkata ha llevado a cabo los estudios sobre diferentes aspectos de salud y consumo de té negro. En estos estudios, se examinó la influencia de té en su conjunto y sus distintos componentes aislados. Los resultados indicaron lo siguiente:

*La administración regular de dosis bajas de extracto de té negro (0.002-0.2%) reduce significativamente los niveles de colesterol total en ratas.

*Las proporciones normales de extracto de té negro reducen significativamente los niveles del triglicéridos.

*El nivel de HDL (lípidos de alta densidad) aumentó, sin embargo, su nivel no resultó significativo.

*Los niveles de VHDL (lípidos de muy alta densidad) y LDL (lípidos de baja densidad) mostraron una disminución ligera pero el efecto no era significativo.

Así, los resultados indicaron que la administración permanente de té negro en animales, es capaz de reducir el colesterol total y triglicéridos a niveles saludables. Los flavonoides del té previenen oxidación del colesterol LDL.

La determinación del contenido de antioxidantes en té, constituyen parámetros con efectos sobre la salud de los consumidores (Cheng, 1999). Determinarlos en los cultivares difundidos, su relación con los tés comunes originados en plantaciones de semilla y su variación a lo largo del período de zafra tealera (Jose, 2001), permitirá a la actividad negociar su producto, con un conocimiento más profundo de sus cualidades.

La adopción rutinaria de la determinación de catequinas en té negro, permitirá mejorar las ventajas competitivas del té argentino como un producto de calidad no sólo valorado por su buen color y adaptabilidad a las mezclas.

El objetivo del presente proyecto es determinar el contenido de catequinas de los cultivares comerciales más difundidos en la región tealera argentina, elaborados como té negro.

MATERIALES

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

PROCESAMIENTO

Las muestras de brotes verdes sin clasificar, fueron en promedio de 500 g; su micromanufactura se inició con un marchitado en forma natural hasta un porcentaje de marchitado del 60 a 65% (^{ec.1}), por un período de 18 a 21 horas posteriores a la recolección. (^{ec.1}) *Porcentaje de marchitado* = (*Peso marchitado* / *Peso fresco*) x 100.

El brote marchito fue enlulado en 2 pasos sucesivos, por una micro enluladora Rotorvane (6,5 cm diámetro x 22 cm de longitud). Luego el material enlulado fue desagregado en forma manual para facilitar su "fermentación", por medio de un tamiz de alambre y distribuido en una capa de uniforme de 2 cm ± 0,5 sobre una bandeja de aluminio. Las bandejas con el material enlulado fueron llevadas a sala de fermentado, con una humedad relativa de 95 a 100% y una temperatura de 23,8 °C ± 1,6; por un tiempo de 60 a 90 minutos hasta alcanzar un color marrón habano y su aroma característico. Luego el material fermentado fue distribuido en una fina capa, sobre una bandeja de madera con fondo de alambre tejido de fina malla. Cada bandeja fue introducida a un microsecadero eléctrico con aire forzado, a una temperatura de 100 °C ± 2 por un tiempo de 25 a 30 minutos, hasta alcanzar una humedad del 3 al 5% y su típico color negro. Cada muestra fue envasada en bolsas multipliegos de aluminio, etiquetada y conservada en cámara frigorífica a -18 °C ± 2.

Determinación de catequinas

Se procesa cada muestra en un molinillo de café, se determina su contenido de humedad (ISO 1572) y posteriormente se pesan 1,5 g de la misma. Se adicionan 90 mL de agua destilada estéril apirógena en ebullición a los 1,5 g de la muestra, en un vaso de precipitado de 250 mL. Se lleva a un baño de agua a 80°C por 10 minutos, con agitación periódica. La solución se enfría en refrigerador a 4°C, por 5 minutos. Se filtra luego con succión a través de un embudo buchner de 12 cm, con un papel de filtro Whatman N.º1 y se recoge el filtrado en un kitasato de 250 mL (Obando *et al.*, 1996). Se transfiere mediante una pipeta automática, 1 mL del filtrado obtenido a un tubo de ensayo de 10 mL, se diluye con agua apirógena 1:2. Estas soluciones se emplean para la determinación por HPLC.

Se utilizó un cromatógrafo líquido Shimadzu LC 6A, equipado con un integrador CR3 A y un detector UV Shimadzu SPD-6A (195-350nm), calibrado a 280 nm (Shimadzu Corp., 2001). Se utilizó una columna fase reversa Lichrospher RP18 5 Micrón, de 250 mm x 4 mm. La fase móvil A fue 95,45: 4,5: 0,05 (H₂O apirógena / acetonitrilo (HPLC)/ ácido fosfórico), la fase móvil B fue 49,45: 50: 0,05 (H₂O apirógena / acetonitrilo (HPLC)/ ácido fosfórico) (Goto, T. *et al.*, 1996). La fase móvil de trabajo fue A/B (70:30). Flujo 1.0 mL/minuto. Temperatura 25°C ± 1. Inyección 5 µL. Intervalo entre muestras 5 minutos. Para la curva de calibración se utilizaron las misma fase móvil A/B (70:30), con los estándares provistos por Sigma Chemical Co. (St.Louis, Mo) de epigalocatequina-3-galato (EGCG):(E-4143), epigalocatequina (EGC):(E-3768), epicatequina (EC): E-4018), catequina (C): C-0567), catequina galato (CG): C-0692) y cafeína: (C-8960). Estos fueron disueltos en una solución 95/5, agua/metanol (HPLC), en las siguientes concentraciones EGCG 300 mg L⁻¹, EGC 850 mg L⁻¹, EC 250 mg L⁻¹, C 200 mg L⁻¹, CG 250 mg L⁻¹ y cafeína 200 mg L⁻¹.

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

Los contenidos de catequinas y cafeína se analizaron por variancia (P<0,05), se estudiaron las diferencias entre cultivares y población control, épocas e interacciones. Se compararon las medias entre cultivares y población control por medio de la prueba de comparación múltiple (P<0,05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según puede observarse en la curva de calibración de los estándares (figura 1), la misma responde según el

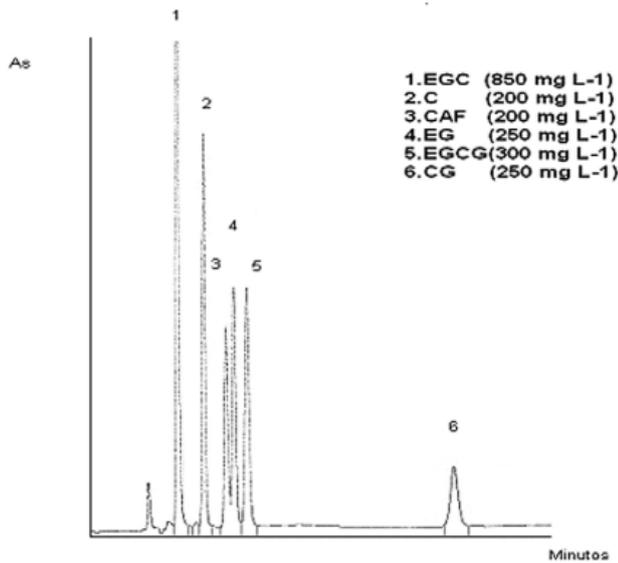


Figura 1. Cromatograma de la mezcla de estándares.

orden de aparición de cada compuesto y tiempo de retención a los determinados por Goto, T. *et al.* (1996). No obstante, corresponder el cromatograma a una elución isocrática con fase móvil A/B (70:30), no presenta mayores diferencias con la elución con gradiente. Esta última para 8 catequinas y cafeína, se inició con A/B (90:10) por 5 minutos, momento en que la fase B se incrementó linealmente a 30% en 3 minutos, luego se mantuvo por 2 minutos, se incrementó linealmente la fase B a 80% por 5 minutos y se mantuvo la composición final A/B(20:80), por otros 5 minutos.

Seis ejemplos de cromatogramas de catequinas y cafeína obtenidos de los diferentes cultivares se observan en las figuras 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

Si bien los cromatogramas permiten diferenciar y determinar la concentración de cada uno de los compuestos, se observa cierto solapamiento entre las áreas por tratarse de una elución isocrática. Dicho resultado, además del tipo de elución y las otras catequinas presentes, obedece a otros nuevos compuestos que se generan durante el

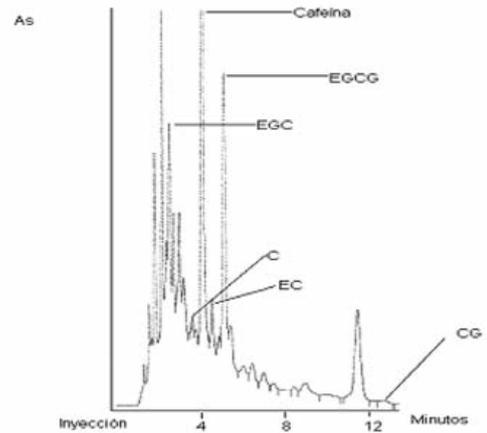


Figura 3. Cultivar CH 112 INTA, inicio de zafra.

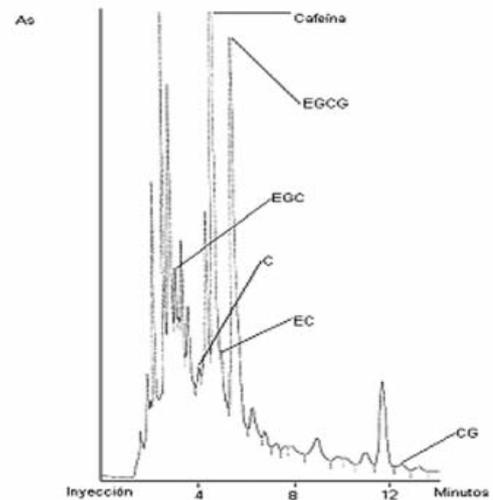


Figura 4. Cultivar CH 318 INTA, plena zafra.

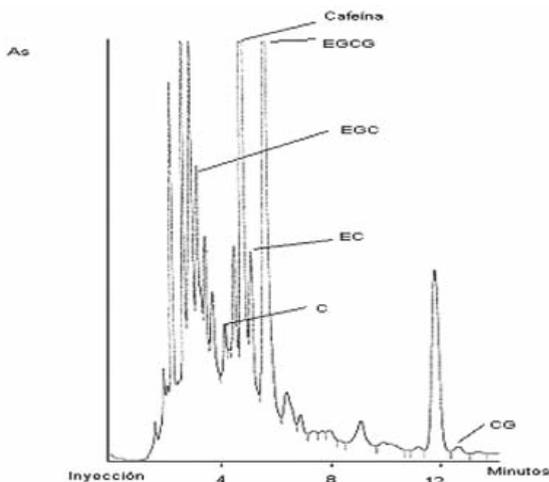


Figura 2. Cultivar CH 14 INTA, inicio de zafra.

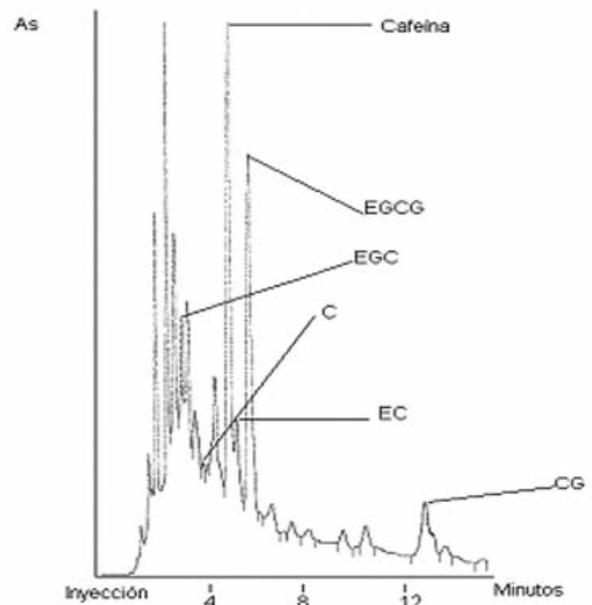


Figura 5. Cultivar CH 410 INTA, plena zafra.

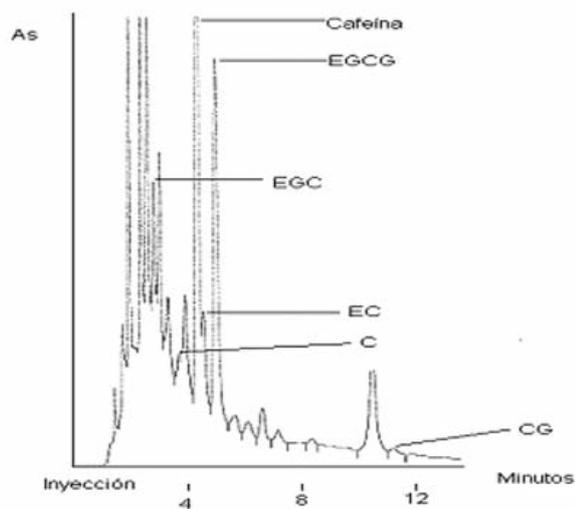


Figura 6. Cultivar CH 732 INTA, fin de zafra.

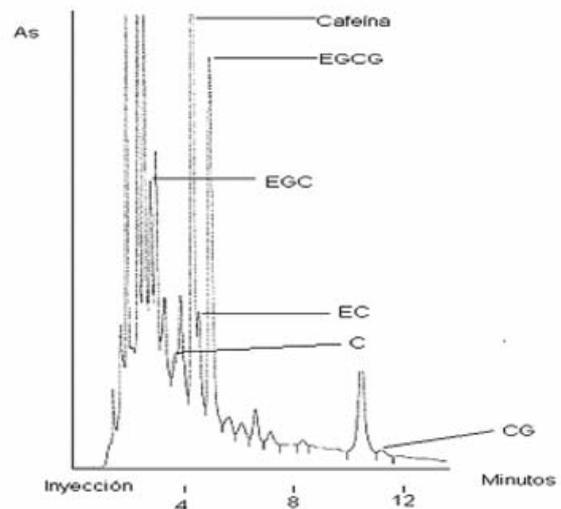


Figura 7. Población Larraburu, fin de zafra.

proceso de "fermentación" o pardeamiento enzimático. Según Obanda *et al.* (1996) y Obanda y Owuor (1997), entre las catequinas se encuentran epicatequina galato (EGC), epicatequina 3,5 digalato (EGCG), epigalocatequina 3,5digalato (EGCGG), epicatequina-3-(3"-O-metil)galato (ECmetilG) y epigalocatequina-3-(3"-O-metil)galato (EGCmetilG), por efecto del proceso y posterior secado encontramos ácido gálico, ácido teaflávic, bis-flavonoles, teaflavinas (TF1, TF2, TF3 y TF4) responsables de la viveza y brillo y las tearrubiginas responsables del color (Jose, M.S., 2001 y Saijo, *et al.*, 2001).

Los picos dominantes de las áreas corresponden a cafeína y EGCG. La cafeína con una concentración levemente superior, se destaca marcadamente en los cromatogramas (fig. 2 a 7). El EGC se ubica en un tercer nivel, en tanto que EC y C los picos y áreas son pequeños,

incluso EC en algunas muestras no fue detectado. En tanto que la catequina CG generada por conversión térmica (Saijo y Takeda, 1999), fue detectada en muy bajos niveles e incluso no detectada. Las determinaciones promedio por triplicado del contenido de catequinas y cafeína, por cultivar en las diferentes épocas de zafra se observan en las tablas 1 y 2.

Se observa una gran variabilidad en el contenido de catequinas no oxidadas presentes entre los distintos cultivares, alcanzado un valor total promedio de 1,53 de materia seca (%). Si se considera que en la presente evaluación se han considerado las catequinas más importantes, este valor promedio resulta significativamente inferior a los determinados en India y Kenia (Obanda *et al.*, 1996; Obanda y Owuor, 1997 y Tocklai Exp. St., 2003b), donde alcanzaba valores promedio de

Cultivar	EGCG	EGC	EC	C	CG	Cafeína
CH 14	1,1172 c	0,1690b	0,1332 c	0,0578 c	0,0341 d	0,6831 d
CH 112	0,7973 d	0,0962d	0,0267 d	0,0333 d	0,0292 d	0,7298 cd
CH 318	1,2190 bc	0,1329c	0,1165 c	0,0280d	0,0684 a	0,8621 a
CH 410	1,3001 ab	0,1901 ab	0,2941 a	0,1132 a	0,0375 cd	0,6848 d
CH 732	0,8096 d	0,1601 bc	0,2130b	0,0820 b	0,0484 b	0,7693 bc
Población Larraburu	1,3683 a	0,2237 a	0,2140b	0,0790b	0,0460 bc	0,8013 b
Promedio	1,1020	0,1620	0,1662	0,0655	0,0409	0,7551
LSD(P<0,05)	0,1310	0,0343	0,0611	0,0156	0,0092	0,0538
CV (%)	12,10	21,58	37,41	24,47	14,23	7,25

(*) Contenidos con igual letra, por columnas no indican diferencias estadísticamente significativas entre cultivares. CV: Coeficiente de variación.

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

Época	EGCG	EGC	EC	C	CG	Cafeína
Inicio	1,4768 a	0,2279 a	0,2794 a	0,1380 a	0,0635 a	0,8291 a
Plena	0,8092 c	0,1239 b	0,1026 b	0,0280 b	0,0411 b	0,7308 b
Fin	1,2020 b	0,1342 b	0,1169 b	0,0307 b	0,0274 c	0,7055 b
Promedio	1,1024	0,1620	0,1663	0,0656	0,0440	0,7551
LSD(P<0,05)	0,0927	0,0243	0,0432	0,0111	0,0066	0,0380
CV (%)	12,10	21,58	37,41	24,47	14,23	7,25

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

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

3 a 6,67% y 1,6 a 10,8%, respectivamente. Diferencias motivadas posiblemente por variables genéticas y ambientales, sistema de manejo, recolección y proceso de elaboración.

Dentro del proceso de la elaboración, se debe destacar la operación de enrollado de tipo continuo rotorvane empleado en esta investigación, que se diferencia del proceso discontinuo u ortodoxo, el continuo CTC o sus combinaciones por obtener una mayor ruptura de células, consecuentemente una "fermentación" más completa, menos catequinas no oxidadas y sus derivados como teaflavinas y en particular tearrubiginas. Éstas son las responsables del color y se generan en un proceso de polimerización no enzimático, en función del tiempo hasta llegar al secado. El color ha sido una de las características más reconocidas de los tés argentinos, ya que en mezcla con otros tés de superior aroma y sabor, se obtiene un producto final de equilibradas características, con una materia prima de menor costo. Además, esta característica es también muy apreciada para la preparación de té frío en máquinas expendedoras, obteniéndose y producto final de buen color sin depósitos. La transformación final en tearrubiginas por efecto del enérgico enrollado, el prolongado tiempo de "fermentación" y sumado al bajo nivel de catequinas no oxidadas detectadas en la presente investigación, explicaría en parte esta particular característica del té negro argentino.

Para EGCG la población Larraburu y el cultivar CH 410 INTA presentan los mayores contenidos (tabla 1), con diferencias estadísticamente significativas del resto de los cultivares, con la excepción del cultivar CH 318 INTA respecto de CH 410 INTA. El contenido promedio de 1,10%, resulta inferior al registrado en Kenia (Obanda *et al.*, 1996), con 1,67%. Para EGC la población Larraburu y el cultivar CH 410 INTA presentan los mayores conteni-

dos medios, superiores estadísticamente al resto de los cultivares para la población Larraburu; su contenido promedio de 0,16%, resulta significativamente menor al té negro de Kenia (Obanda *et al.*, 1996), con 1,26%. Para EC y C con valores promedio de 0,16 y 0,06% respectivamente, resultan inferiores a los registrados en Kenia (Obanda *et al.*, 1996), cuyos promedios alcanzan valores marcadamente superiores con niveles de 2,17 y 0,55%, respectivamente. El valor promedio de CG de 0,04%, indica la mínima relevancia de esta catequina. La cafeína presenta sus mayores niveles en el cultivar CH 318 INTA, con diferencias estadísticamente significativas del resto de los cultivares. El valor promedio de 0,75%, considerando el sistema de extracción acuosa, resulta muy bajo respecto a los contenidos totales de los tés negros de India (Tocklai Exp. Station, 2003), que alcanzan valores promedio de 3%.

Se observa entre las diferentes épocas de zafra diferencias estadísticamente significativas en el contenido de todos los compuestos analizados, con su mayor nivel en el inicio de la zafra (tabla 2). Para todas las catequinas se observa para plena y fin de zafra, una reducción considerable de su concentración, con la excepción de EGCG que sufre una fuerte declinación en plena zafra, para recuperarse a fin de la misma pero sin llegar a los niveles originales. La concentración de cafeína soluble, si bien resulta significativamente superior con el inicio de la zafra, su reducción alcanza para las otras épocas sólo del 12 al 15%.

CONCLUSIONES:

Se analizó el contenido de las siguientes catequinas, epigallocatequina-3-galato (EGCG), epigallocatequina

(EGC), epicatequina (EC), catequina(C) y catequina galato (CG), en los cultivares de té CH 14 INTA, CH 112 INTA, CH 318 INTA, CH 410 INTA y CH 732 INTA elaborados como té negro, durante tres épocas de zafra. Se empleó un sistema de extracción acuosa y la determinación se efectuó por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), con elución isocrática. Los resultados obtenidos permiten establecer las siguientes conclusiones.

*El contenido total promedio de todas las catequinas analizadas, alcanzó a 1,53 de materia seca (%).

*EGCG fue la catequina con más alta concentración, alcanzado un promedio de $1,10\% \pm 0,13$, no registrando diferencias significativas entre cultivares.

*EGC alcanzó un segundo nivel con una concentración de $0,16\% \pm 0,03$, sin diferencias significativas por origen varietal.

*Para EC, C y CG las concentraciones fueron de $0,16\% \pm 0,06$; $0,06\% \pm 0,016$ y $0,04\% \pm 0,009$, respectivamente.

*Entre los cultivares que presentaron diferencias significativas respecto al resto, el cultivar CH 410 INTA presentó los mayores contenidos de EGCG, EGC, EC y C, con 1,30; 0,19; 0,29 y 0,11% respectivamente; para CG el cultivar CH 318 INTA presenta el mayor contenido con 0,068%.

*Para las épocas de zafra, se registraron diferencias significativas en té negro, con los mayores contenidos promedio al inicio de zafra para todas las catequinas analizadas. Sus contenidos para CGCG, EGC, EC, C y CG, fueron 1,47; 0,22; 0,27; 0,13 y 0,063% respectivamente.

AGRADECIMIENTOS

Al personal técnico y de apoyo de la EEA Cerro Azul del INTA, por su colaboración para la realización del presente trabajo; en particular al Sr. Justo Díaz Fernández,

por su aporte en todas las tareas de recolección y manufactura de las muestras y al Ing. Químico Darío Ferreira, integrante del Laboratorio Central de la FCEQyN (UNaM), por su apoyo, voluntad, paciencia y profesionalidad durante el desarrollo de los trabajos en laboratorio. A la Asociación Cooperadora de la EEA Misiones, por su apoyo financiero y a las autoridades de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (UNaM), por facilitar sus instalaciones y equipamientos.

REFERENCIAS

CHENG, T.O. 1999. Antioxidants in wine and tea. *Journal of the Royal Society of Medicine* 92(3): pp. 157.

DASHWOOD, R.H. 1999. Tea and cancer. The Linus Pauling Institute, Estados Unidos (<http://lpi.oregonstate.edu/sp-su99/tea.html> , verificado 14/02/04).

DASHWOOD, R. H. 2002. Tea flavonoids. Linus Pauling Institute, Estados Unidos. (<http://lpi.oregonstate.edu/infocenter/phytochemicals/teaflav/>, verificado 14/02/04).

DE BERNARDI, L. A.; PRAT KRICUN, S. D. 2002. Cadena alimentaria del té "Camellia sinensis". Diagnóstico de la región tealera. Secretaría ed Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, Argentina. (www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/infusion/te/Diagnosticote-01.pdf, verificado 16/02/04).

EEA CERRO AZUL 1996. 1.º Curso de capacitación en producción de té. EEA Cerro Azul-INTA, pp.125.

FLORES, K. Z.; GÁLVEZ, A.; URBINA, C. A. 2003. El Consumo de té negro revierte las disfunciones endoteliales en pacientes con insuficiencia arterial coronaria. Programa de Farmacología Molecular y Clínica - ICBM, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Chile (<http://farmafitolab.med.uchile.cl/Obst/Download/Disert2003/Consumodeteydisfuncionvascular.ppt>, verificado

25/02/2004).

HAMPTON, M.G. 1992. Production of black tea. En Tea: cultivation to consumption. Willson, K.C. & Clifford, M.N. ed., Chapman & Hall, London, U.K., pp. 459-510.

HERATH, N.L.; PUNYASIRI, P.A.N.; de SILVA, M.J. 1993. Correlation of major flavanols of some tea clones with quality of Tea. Sri Lanka Journal of Tea Science 62(1): 4-10, Sri Lanka.

INTERNATIONAL TEA COMMITTEE. 2005. Annual Bulletin of Statistics 2004. Ed. International Tea Committee, London, U.K., pp.158.

JOSE, M. S. F. 2001. Made tea quality in relation to seasonal variations of theflavin (TF). Tea Research Foundation (Central Africa) Quarterly Newsletter 144, 21-27.

OBANDA, M.; OWUOR, P.O.; NJUGUNA, C.K. 1992. The impact of clonal variation of total polyphenols content and polyphenol oxidase activity of fresh tea shoots on plain black tea quality parameters. Tea 13(2): 129-133, Kenya.

OBANDA, M.; OWUOR, P.O.; TAYLOR, S.J. 1996. Chemical composition of some kenyan black teas and their probable benefits to human health. Tea 17(1): 20-26, Kenya.

OBANDA, M.; OWUOR, P.O. 1997. Advances in the understanding of the formation of non-volatile quality constituents during black tea fermentation process. Tea 18(2): 194-204, Kenya.

PRAT KRICUN, S. D. 2003. Té: Procesos de Elaboración INTA, Argentina. (www.inta.gov.ar/cerroazul/investiga/yerba_mate/te_proc.htm, verificado 16/04/04).

PRAT KRICUN, S. D.; BELINGHERI, L. D. 2003. Comportamiento productivo y calidad de clones de té en

cuatro localidades del nordeste argentino. EEA Cerro Azul, Informe Técnico 83, pp.16.

PUNYASIRI, N.; JAYASUNDARA, J.; ABEYSINGHE, ISB. 2000 Role of polyphenols in the tea plant. Tea Research Institute Update 5(2), pp.1.

SHIMADZU CORPORATION. 2001 Application to food analysis (N.º18). Analysis of tea. Shimadzu Application News. High Performance Liquid Chromatography N.º L212. pp.2.

TOCKLAI EXP. ST. 2003. Tea and human healthy. Tea Research Association, India. ([Http://www.tocklai.org/about_tea/tea_health.htm](http://www.tocklai.org/about_tea/tea_health.htm) , verificado 14/02/04).

TOCKLAI EXP. ST. 2003. Tea chemistry. Tea Research Association, India. (<http://www.tocklai.org/tea-chem/index.htm>, verificado 14/02/04).

UDAGAMA, U.R.N.; SENANAYAKA, M.R.D.M; PANAGODA, G.J.; AMARAKOON, AMT. 2000. Tea drinking and oral health: Effect of black tea on oral Candida albicans isolates. Tea Research Institute Update 5(1), pp. 3.

VINSON, J.A.; DABBAGH, Y.A. 1998. Tea phenols: antioxidant effectiveness of teas, Tea components, tea fractions and their binding with lipoproteins. Nutrition Research Newsletter 18(6): 1067-1075.

WERKHOVEN, J. 1974. Tea processing. FAO Agricultural Services, Bulletin N°26, FAO, Rome. pp. 196.

YANG, C. S.; LEE, M.; CHEN, L.; YANG, G. 1997. Polyphenols as inhibitors of carcinogenesis. Environmental Health Perspectives 105 (Suppl 4): 971-976.

Estimación de potencial hídrico en vid por medio de medidas termográficas y espectrales

VILA H1,2.; HUGALDE I¹.; DI FILIPPO M¹.

RESUMEN

El potencial hídrico foliar (Ψ_L) es una variable frecuentemente utilizada para medir el estado hídrico de los cultivos. Su medición con cámara de presión es lenta, lo que impide tomar un gran número de muestras. El objetivo del trabajo fue evaluar métodos alternativos para estimar el Ψ_L mediante sensores remotos. Uno de los métodos utilizados fue el de la reflectancia espectral. Esta técnica requiere de análisis estadísticos para poder estimar las variables de interés. Se probaron dos análisis, el cálculo de índices a partir de los valores del espectro y el análisis de Mínimos Cuadrados Parciales (PLS). El otro método probado fue la termografía que registra las Temperaturas de la Canopia (TC), que se relacionan con su estado hídrico. Los datos termométricos sirvieron para construir dos modelos de regresión que estimaron Ψ_L . Uno de los modelos fue una regresión simple con TC vs. Ψ_L ; el otro fue una regresión múltiple construida junto con el "índice normalizado de vegetación" ($NDVI = (R_{900} - R_{680}) / (R_{900} + R_{680})$) y con el "índice hídrico" ($WI = (R_{900} / R_{970})$). El ensayo se llevó a cabo en un viñedo de la variedad Malbec, en Mendoza, Argentina. La reflectancia se midió durante la mañana y el Ψ_L al mediodía, paralelamente a la toma de imágenes termográficas. Por PLS, usando las reflectancias entre 325 y 1075 nm, se pudo predecir el Ψ_L . Por regresión se obtuvieron las ecuaciones $\Psi_L = -1,21659 + 0,445078 * TC$; $R^2 = 0,19$, $p = 0,0000$ y $\Psi_L = 1,83399 - 0,613766 * NDVI + 0,0447517 * TC - 1,45787 * WI$, $R^2 = 0,36$, $p = 0,0000$. Al mapear mediante krigeado los Ψ_L observados y los estimados por los tres procedimientos, para analizar las similitudes en distribución espacial se observó una apreciable semejanza entre ellos a pesar de los bajos coeficientes de regresión encontrados. Esto es así porque los planos incluyen información espacial ausente en las regresiones. Se halló una mayor semejanza entre el Ψ_L observado y el estimado por PLS, comparado con los otros métodos.

Palabras clave: reflectancia, termografía, PLS, viticultura de precisión.

ABSTRACT

Leaf water potential (Ψ_L) is a useful variable for the water status assessment of crops. The pressure chamber is the current method for its measurement, but has the disadvantage of being too slow and impractical when to assess an important number of plants become necessary, as is required in Precision Viticulture. The objective of this investigation was to evaluate alternative methods for estimating Ψ_L , using remote sensors. One of these methods was based on spectral reflectance. This is a non destructive, quick and efficient method. Nevertheless, this technique requires statistical analysis in order to estimate the needed variables. In this study, two analyses were tested. On one side, we calculated indexes from spectral values, and on the other side, we tested the Partial Least Squares analysis (PLS). The other tested method

¹ Laboratorio de Viticultura, INTA EEA Mendoza. San Martín 3853, 5505 Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina.

² hervila@mendoza.inta.gov.ar

Recibido 08 de octubre// Aceptado 02 de diciembre// Publicado online 15 de diciembre

was based on Thermography Canopy temperature (TC) is known to be related to water status. In this case, images of the canopy of the vineyard were taken, and the temperatures of each point of the assessed area were recorded. Two regression models derived from the thermographic data: one of these models was a simple regression with TC vs. Ψ_L ; and the other was a multiple regression, including temperature, the reflectance indices NDVI ($R_{900}-R_{680}/R_{900}+R_{680}$) and WI (R_{900}/R_{970}). The assessment took place in a Malbec vineyard, in Mendoza, Argentina. Reflectance was measured during the morning and Ψ_L at noon, just at the same time as the images were taken. By PLS, using reflectances from 325 to 1075 nm, Ψ_L could be estimated. With simple and multiple regressions the following equations were obtained: $\Psi_L = -1.21659 + 0.445078 * T^\circ$; $R^2 = 0,19$ and $\Psi_L = 1,83399 - 0,613766 * NDVI + 0,0447517 * TC - 1,45787 * WI$, $R^2 = 0,36$, $p = 0,0000$. When the observed and estimated Ψ_L obtained by the three procedures were mapped by kriging in order to analyze the likelihood between the spatial distributions, a high level of similarity was found, despite the low regression coefficients. Apparently, the maps include spacial information that is absent in the regressions. Higher likelihood was found between the measured Ψ_L and the estimated by PLS, when compared to the other methods.

Key words: reflectance, thermography, PLS, Precision Viticulture.

INTRODUCCIÓN

El potencial hídrico foliar (Ψ_L) es una variable comúnmente utilizada para evaluar el estado hídrico de las plantas de vid (Williams y Araujo, 2002; Schultz, 2003). El método estándar para realizar esta medición es el de la cámara de presión (Scholander *et al.*, 1965) que brinda valores precisos del Ψ_L , pero tiene la desventaja de ser destructivo y lento. Por esto resulta poco práctico a la hora de medir grandes superficies como se requiere en la viticultura de precisión. Dada la variabilidad espacial que presentan los viñedos, la estimación remota del potencial hídrico se convierte en una herramienta fundamental para diseñar estrategias de riego sitio específicas, importantes para optimizar la producción y la calidad de la uva (Rodríguez-Pérez *et al.*, 2007).

En la viticultura de precisión se necesitan mediciones rápidas como las que brinda la medición espectral. Esta tecnología es interesante ya que permite estimar, mediante mediciones de reflectancia, la proporción de la energía incidente que es reflejada por un objeto (en este caso la cubierta vegetal), pigmentos fotosintéticos, biomasa de cultivos y constituyentes minerales del suelo (He *et al.*, 2005; Raun *et al.*, 2001; Brown *et al.*, 2006). Los tejidos vegetales fotosintéticos reflejan una baja proporción de la energía incidente en las longitudes de onda del visible, si se compara con la que se produce en las longitudes de onda no visibles del infrarrojo cercano (NIR). Una planta estresada o senescente presenta una menor reflectancia en el NIR que una planta no estresada (Pinter *et al.*, 2003).

La espectrometría es una técnica que también se usa en laboratorio, donde acorta tiempos y evita el uso de

reactivos químicos para analizar distintos productos. Las muestras no se destruyen durante su análisis y varios constituyentes pueden determinarse simultáneamente (Cozzolino *et al.*, 2003; Batten, 1998, Schmilovitch *et al.*, 2000; He *et al.*, 2005).

Para su interpretación, las mediciones espectrales requieren algún tipo de análisis o calibración. Clásicamente, el uso de sensores multiespectrales en teledetección se ha complementado con índices de vegetación que combinan los valores de reflectancia en dos o más longitudes de onda del espectro. Existen diversos índices calculados a partir de estos datos. Entre los más comúnmente utilizados se encuentra el índice normalizado de vegetación (NDVI) que permite estimar la biomasa de cultivos (Lokupitiya *et al.*, 2010). Este índice se calcula a partir de la diferencia de las reflectancias en NIR (R_{900} nm) y en rojo (R; R_{680}), dividido por la suma de las mismas. Existen otros índices que se utilizan para estimar el estado hídrico en diferentes tejidos y plantas (Pinter *et al.*, 2003). Uno de los más usados es el índice de estado hídrico (WI; Peñuelas *et al.*, 1993; Pinter *et al.*, 2003), que es el cociente entre la reflectancia a 900 nm y a 970 nm. Rodríguez-Pérez *et al.* (2007) probaron varios índices para estado hídrico calculados a partir del espectro de reflectancia y obtuvieron correlaciones entre 0,477 y 0,619, con variables fisiológicas como Ψ_L y contenido relativo de agua.

Los sensores hiperespectrales, por otro lado, pueden ser útiles para estimar el estado hídrico y se han utilizado en cultivos como trigo (Fitzgerald *et al.*, 2006) y vid (Rodríguez-Pérez *et al.*, 2007); pero para poder analizar un gran número de variables en forma conjunta se

Entre éstas, una de las más usadas es la regresión de Cuadrados Mínimos Parciales (PLS). Diversos autores han probado que este método de calibración puede estimar en el laboratorio componentes de calidad de frutos, como sólidos solubles, pH, color y propiedades físicas como fuerza de compresión (He *et al.*, 2005, Schmilovitch *et al.*, 2000, Bureau *et al.*, 2008).

El análisis de PLS es un método de construcción de ecuaciones de regresión que se utiliza cuando el número de variables independientes es mucho mayor al número de casos, siendo las variables no independientes entre sí (Hoskuldsson, 1988). Para obtener una relación entre la o las variables dependientes y las variables explicativas, el análisis construye nuevas variables llamadas latentes o componentes, donde cada una es una combinación lineal de las variables explicativas originales. Luego, por regresión, se determinan ecuaciones que relacionan los componentes con las variables respuesta (Garthwaite, 1994; Abdi, 2007). Los componentes formados capturan la máxima información de las variables independientes para predecir con mayor precisión las variables dependientes. El método tiene la desventaja de que la elección del número de componentes es subjetiva. Esta elección debe ser cuidadosa, ya que el ajuste puede llegar a ser muy explicativo de los datos de calibración, pero tener bajo nivel predictivo. Esta desventaja puede minimizarse mediante la validación cruzada que permite comprobar el poder predictivo de la calibración. En 2003 Hansen *et al.* midieron la biomasa de un cultivo de trigo a través de índices normalizados de vegetación y utilizando PLS.

Otra alternativa para estimar el estado hídrico de los cultivos por teledetección es la termografía infrarroja. Esta técnica consiste en obtener imágenes que registran las temperaturas de cada punto de una superficie dada. La Temperatura de la Canopia (TC) está relacionada con el estado hídrico de las plantas (Reynolds *et al.*, 2007). Esto es debido al aumento de temperatura que sufre la hoja cuando disminuye la transpiración como consecuencia del cierre estomático (Gardner *et al.*, 1992b; Pinter *et al.*, 2003; Jones *et al.*, 2003; Cohen *et al.*, 2005; Fitzgerald *et al.*, 2006; Jones y Schofield, 2008).

El objetivo del trabajo fue evaluar métodos alternativos a la cámara de presión -rápidos y no destructivos- que permitan estimar el Ψ_L , y conocer su potencialidad en viticultura de precisión. Para esto se compararon, en un viñedo, las mediciones de Ψ_L realizadas con cámara de presión, con las estimaciones a partir de espectroradiómetro y termografía. Estas últimas se complementaron con métodos de análisis y calibración tales como índices de vegetación, regresión simple y PLS.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el año 2009, durante el mes de enero, se realizaron medidas espectrales de reflectancia, imágenes termográficas

y medidas de Ψ_L en distintos puntos de un viñedo. El viñedo de 10 años era de la variedad Malbec y estaba ubicado en la Estación Experimental Agropecuaria Mendoza del INTA, en Luján de Cuyo. La conducción era en espaldero a 2,5 m entre hileras y 1,5 m entre plantas. El viñedo se regaba gravitacionalmente cada 15 días y presentaba una notoria heterogeneidad de expresión vegetativa en el sentido del riego. Las mediciones espectrales se tomaron entre las 10:30 y las 12:00 h, en una planta cada 7,5 m, a lo largo de las 13 hileras ($n = 210$ plantas). Se midió la reflectancia de las plantas entre 350 y 1075 nm (cada 1 nm) a 0,5 m de distancia del lateral de las canopias, en una superficie de 0,05 m², con un espectroradiómetro FieldSpec UV/VNIR (Analytical and Spectral devices Inc., Boulder, Colorado, USA). A continuación, entre las 14:00 y las 16:00 h se midió el potencial hídrico foliar de mediodía (Ψ_{md}) con cámara de presión (Biocontrol Inc., Argentina), y la TC con una cámara termográfica Fluke TiR (Fluke Corporation, USA). Las 14:00 h representaban, en Mendoza, el medio día solar, ya que existía un desfase entre la hora legal y la solar. La TC se midió a 1 m de la canopia, obteniéndose una imagen de 1 m² de canopia, con una resolución de 320 x 240 píxeles. Estas últimas mediciones se tomaron en una planta cada 15 m en cada hilera ($n=112$). Las mediciones se hicieron en 2 días consecutivos y de características muy similares en cuanto a luz, temperatura y humedad.

Las imágenes termográficas se analizaron con el software Smart View 1.9 (Copyright © 2006-2007, Fluke corporation, USA) con el que se obtuvo el valor de TC media de una superficie de alrededor de 40 x 20 cm, libre de huecos de luz, representativa de la canopia de cada planta. A partir de los espectros de reflectancia de las plantas (figura 1) se calcularon los índices de vegetación y de estado hídrico NDVI y WI. Previo a este cálculo, los espectros fueron sometidos a un método de suavizado para eliminar picos anómalos que representaban ruidos inherentes al equipo. Se consideraron picos anómalos aquellos cuyo valor de reflectancia era mayor a 3 desviaciones estándar de los 20 valores de reflectancia en torno al valor espectral dado. Cuando se detectaba un pico anómalo, su valor de reflectancia se reemplazaba por el promedio de las reflectancias de 20 valores en torno al valor espectral dado. Para el cálculo de regresiones simples y múltiples se utilizó el programa StatsGraphics plus para Windows 4.0 (Statistical Graphics Corp., USA), utilizando como variables predictoras de Ψ_L la TC y los índices espectrales (NDVI y WI).

Por otra parte, los valores de reflectancia de las distintas longitudes de onda se utilizaron como variables predictoras para el análisis PLS. Se reservó fuera del análisis una cantidad de 98 observaciones elegidas al azar, con el objeto de realizar una validación cruzada. Para este análisis se usó el programa Statistica 6.1 (StatSoft, Inc., 2003). Para seleccionar el número de componentes del PLS se analizaron los valores de suma de cuadrados residuales predichos (PRESS) que brindaron una medida de la confianza de la estimación. Se consideró que si

se obtenía un buen ajuste entre los valores observados reservados para validación cruzada y los predichos a partir del PLS, la función obtenida era una buena predictor de casos futuros (Tobias, R.D., 1995). Por este motivo se buscaron los valores más bajos de PRESS que mostraran una buena estimación de Ψ_L en los casos reservados para la validación cruzada.

Los Ψ_L medidos a campo y estimados por espectrometría y termografía se modelizaron por krigeado con el software VESPER v 1.62 (Australian Centre for Precision Agriculture, University of Sydney, Australia). Se interpoló

a 0,25 m, con ajuste esférico sobre el variograma y se realizó un krigeado puntual. Los valores interpolados de L observados y predichos por los distintos métodos se graficaron con el programa Surfer v 6.01 (Golden Software, Colorado, USA) para su comparación visual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de las medidas espectrales y mediante el análisis PLS se realizaron estimaciones de Ψ_L extrayendo

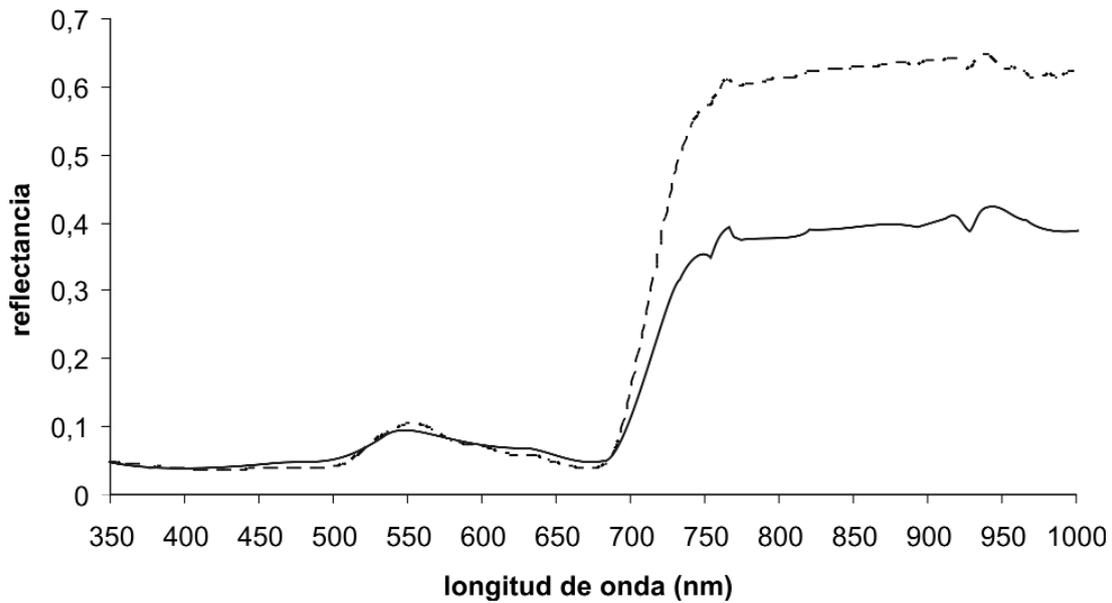


Figura 1: Curvas de reflectancia de una planta estresada, ($\Psi_{MD} -1,2$ MPa; -) y una planta no estresada, ($\Psi_{MD} -0,7$ MPa; ---) tomada con el espectroradiómetro FieldSpec UV/VNIR .

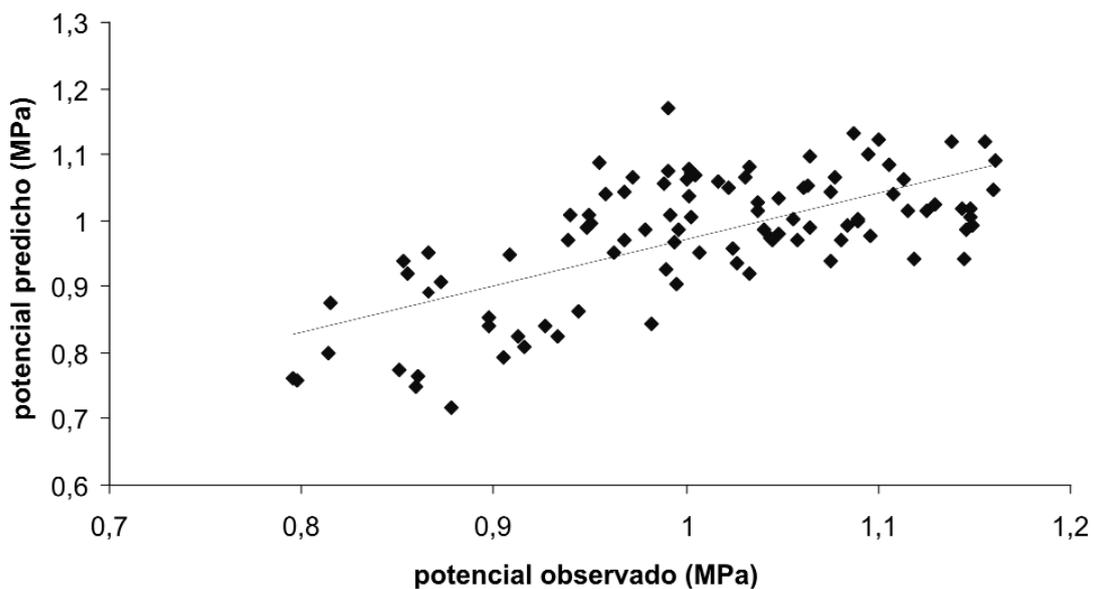


Figura 2: Ψ_L observados y predichos por espectrometría calibrada con PLS y 4 factores ($R^2 = 0,45$; valor $p = 0,000$; error estándar de la estimación = $0,07265$) en un viñedo de Malbec en el verano 2009, previo a cosecha.

entre 3 y 12 componentes. Los valores de Ψ_L predichos se compararon con los Ψ_L observados a campo mediante la correlación de Pearson. La mejor calibración se obtuvo eligiendo los primeros 4 componentes, con un R de 0,67, $p = 0,000$ y error estándar de la estimación de $= 0,07265$ entre los Ψ_L observados y predichos (figura 2), lo cual significó una correlación bastante baja como para proponer a este método como alternativo al de la cámara de presión. A pesar de esto, los planos de interpolación de estas variables mostraron una apreciable similitud visual (figura 3 a y b).

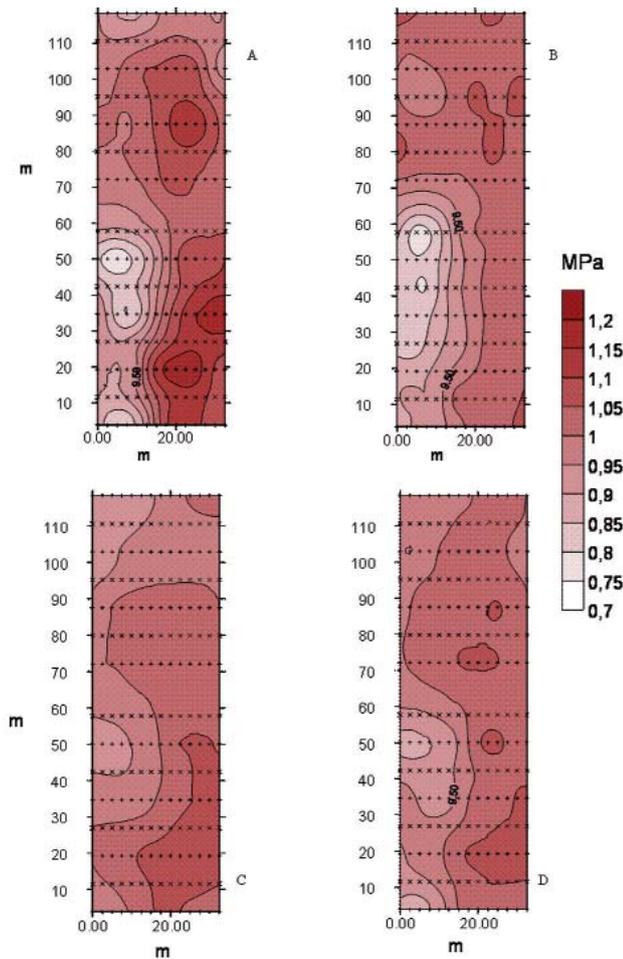


Figura 3 (a, b, c, d) Plano de Ψ_L observados (A), Ψ_L predichos por PLS con 4 factores (B), Ψ_L predichos utilizando termografías de canopías (C) y Ψ_L predichos por regresión múltiple a partir de NDVI, WI y TC (D); en un viñedo de Malbec en el mes de enero de 2009.

A partir de las TC obtenidas con las imágenes termográficas (figura 4) se predijeron los Ψ_L mediante regresión lineal. El nivel de asociación entre ambas variables resultó bajo aunque significativo ($\Psi_L = -1,2165 + 0,445078 \text{ TC}$; $R^2 = 0,19$; $R = 0,44$; $p=0,000$; error estándar de la estimación de $= 0,142989$; figura 5). Una vez mapeados los valores de Ψ_L predichos a partir del análisis termográfico se pudo observar que, en concordancia con la menor correlación observada, la predicción a partir de TC se ajustó en menor medida que la predicción

por PLS (figura 3 c). Sin embargo, aún fue posible identificar los sectores con mayores y menores nivel de estrés hídrico. (figura 4 y 5)

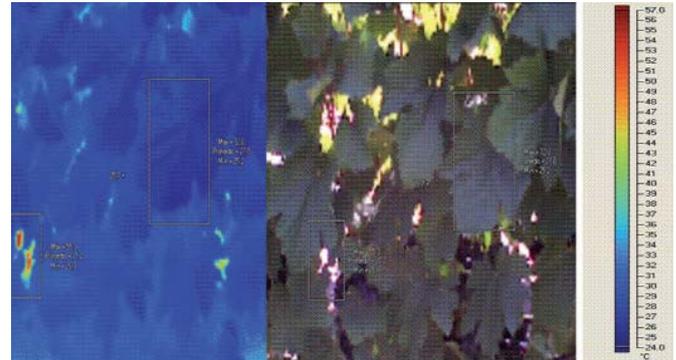


Figura 4. Imágenes visible (izquierda) e infrarroja (derecha) tomadas sobre el lateral de una canopia de vid Malbec. El polígono de la izquierda en cada imagen es un ejemplo de las porciones utilizadas para calcular la temperatura media de la canopia desestimando los huecos (polígonos de la derecha en cada imagen).

Con el fin de aumentar el grado de predicción del Ψ_L con la termografía, se intentó complementar esta variable con los índices NDVI y WI obtenidos por espectrometría de reflectancia. Para ello, se calculó un modelo de regresión múltiple para predecir Ψ_L . Esta regresión obtuvo un coeficiente de determinación apreciablemente mayor que cuando se usó la termografía sola ($\Psi_L = 1,83399 - 0,613766 * \text{NDVI} + 0,0447517 * \text{TC} - 1,45787 * \text{WI}$, $R^2 = 0,36$, $p = 0,0000$; error estándar de la estimación $= 0,128503$; Figura 6). No obstante ello, este método no pudo superar a la espectrometría con calibración PLS. (figura 6).

En la figura 3d puede observarse cómo en el plano de Ψ_L predichos aumentó el nivel de predicción en forma sensible con respecto al método anterior.

Con ninguno de los métodos probados se encontraron correlaciones suficientemente altas entre Ψ_L observados y predichos como para establecer a alguno de ellos como método alternativo al de la cámara de presión. Específicamente no se hallaron correlaciones suficientemente importantes que permitan concluir que, a partir del conjunto de los valores de reflectancia de las plantas, se pueda llegar a medir indirectamente Ψ_L . Esto concuerda con los resultados de Hunt *et al.* (1989) y Pierce *et al.* (1990), que concluyeron que, para distintas especies forestales, los índices calculados a partir de reflectancias NIR no pueden usarse para la estimación remota del estado hídrico de las plantas.

Por otro lado, debe tenerse en cuenta que con la tecnología disponible en este estudio sólo pudo analizarse el espectro de reflectancia desde el UVA hasta el NIR, siendo que el contenido hídrico está más asociado (en forma negativa) con la reflectancia en el infrarrojo medio (MIR; entre 1.500 y 1.900 nm; Chuvieco Salinero, 2002;

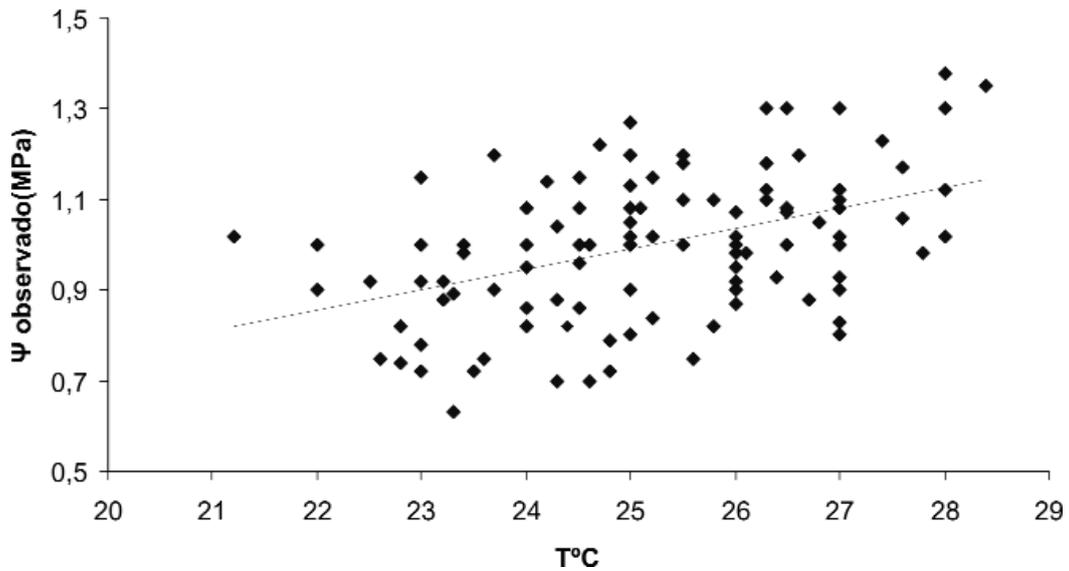


Figura 5. Relación entre temperatura de la canopia (TC) y Ψ_L observados a campo ($R^2= 0.19$; $p=0.000$; error estándar de la estimación de = 0,142989) en un viñedo de Malbec en el verano 2009, previo a cosecha.

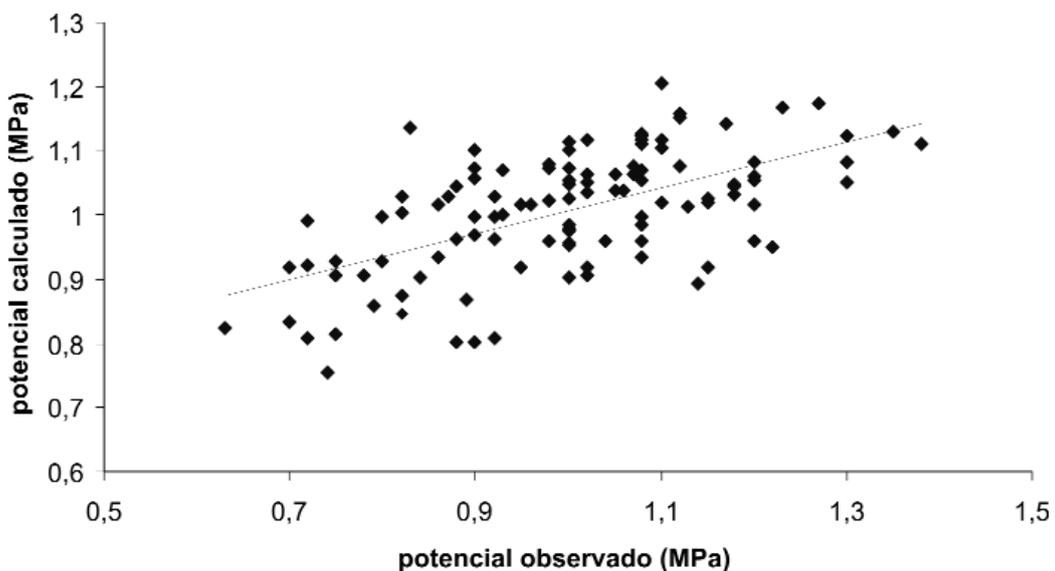


Figura 6. Ψ_L observados y predichos mediante la técnica de combinar termografía e índices de reflectancia NDVI y WI ($R^2= 0.33$; valor $p=0.000$; error estándar de la estimación= 0,128503) en un viñedo de Malbec en el verano previo a cosecha.

Lestander y Geladi, 2005). No obstante, la reflectancia en el NIR está asociada a diversas formas de estrés y no debería descartarse. Es posible que utilizando espectroradiómetros con una mayor amplitud de captación de bandas que tengan en cuenta el NIR y lleguen hasta el MIR la calibración PLS pueda resultar más potente para predecir Ψ_L .

Por otro lado se observó que la estimación realizada con TC no tuvo una exactitud suficiente para estimar valores de Ψ_L en las zonas más estresadas (Ψ_L por debajo de -1,2 MPa), ocurriendo lo contrario en la estimación por regresión múltiple a partir de NDVI, WI y TC. De

esta manera, podría ser interesante probar la utilización de ambos planos para poder zonificar una parcela, siendo esto importante a la hora de eficientizar el manejo del agua y economizar labores culturales. De esta manera, Rock *et al* (1986) usaron NIR y MIR (infrarrojo medio) para separar zonas estresadas de no estresadas en bosques de coníferas.

Es importante observar que, aunque los valores de correlación no resultaron suficientemente altos, los planos de valores estimados en general mostraron suficientes semejanzas con los valores observados como para permitir una aceptable zonificación de áreas sometidas a estrés hídrico.

CONCLUSIONES

El método de espectrometría UVA/VNIR calibrado con PLS y una extracción de 4 componentes brinda una aceptable estimación del estado hídrico del viñedo, dadas las limitaciones de la técnica de teledetección.

Estas estimaciones no pueden tomarse más que como orientativas, dada la baja asociación con los valores reales de Ψ_L medidos en el campo. Sin embargo, los mapeos a partir de técnicas espectrométricas muestran una apreciable semejanza con los mapeos de Ψ_L observados. Si bien esto parece contradictorio, los planos incluyen información espacial ausente en las regresiones. La técnica serviría para dividir la superficie cultivada en zonas con distinto estado hídrico, válido para zonificar el viñedo y conducir un manejo diferencial del agua

Este estudio abre la puerta a futuras investigaciones, tales como la prueba de otros índices espectrales, otras variables fisiológicas y otras técnicas de teledetección que, sumadas a las técnicas de análisis y calibración, puedan explicar con mayor certeza la variabilidad que rodea a la medición de Ψ_L . Jones y Schofield (2008) concluyeron que el desarrollo de estudios por imágenes a partir de varios tipos de sensores es necesario para lograr un buen diagnóstico y monitoreo en plantas. Las metodologías podrían incluir simples combinaciones de sensores térmicos, de reflectancia y fluorescencia, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

ABDI H. 2007. Encyclopedia of measurement and statistics. Program in Cognition and Neurosciences. ed Neil Sakind, MS: Gr.4.1, University of Texas, Dallas.

BATTEN, G. D. 1998. Plant analysis using near infrared reflectance spectroscopy: the potential and the limitations. Australian Journal of Experimental Agriculture 38(7), 697 - 706.

BROWN, D. J.; SHEPHERD, K. D.; WALSH, M. G.; MAYS, M. D.; REINSCH, T. G. 2006. Global soil charac-

terization with VNIR diffuse reflectance spectroscopy. Geoderma 132, 273-290.

BUREAU, S.; RUIZ, D.; REICH, M.; GOUBLE, B.; BERTRAND, D.; AUDERGON, J-M.; RENARD, C.M.G.C.; 2009. Rapid and non-destructive analysis of apricot fruit quality using FT-near-infrared spectroscopy. Food Chemistry 113, 1323-1328.

CHUVIECO SALINERO, E. 2002. Teledetección ambiental, la observación de la tierra desde el espacio. ed Ariel Ciencia. Barcelona, España. 57-60.

COHEN, Y.; ALCHANATIS, V.; MERON, M.; SARANGA, Y.; TSIPRIS, J. 2005. Estimation of leaf water potential by thermal imagery and spatial analysis. Journal of experimental botany. 56, (417), 1843-1852.

COZZOLINO, D.; MORÓN, A. 2003. The potential of near-infrared reflectance spectroscopy to analyze soil chemical and physical characteristics. Journal of Agricultural Science, 140(1) 65-71.

FITZGERALD, G.J.; RODRÍGUEZ, D.; CHRISTENSEN, L.K.; BELFORD, R.; SADRAS, V.O.; CLARKE, T.R. . 2006. Spectral and thermal sensing for nitrogen and water status in rainfed and irrigated wheat environments. Precision Agriculture 7, 233-248.

GARDNER, B.R.; NEILSEN, D.C.; SHOCK, C.C. 1992. Infrared thermometry and the crop water stress index. II : sampling procedures and interpretation. Journal of production agriculture. 5: 4, 466-475.

GARTHWAITE, P.H. 1994. An Interpretation of Partial Least Squares. Journal of the American Statistical Association 89, (425). 122-127.

HANSEN, P.M., SCHJOERRING, J.K. 2003. Reflectance measurement of canopy biomass and nitrogen status in wheat crops using normalized difference vegetation indices and partial least squares regression. Remote sensing of environment. 86, 542-553.

HE, Y; ZHANG, Y; PEREIRA, A.G.; GÓMEZ, A.H.; WANG, J. 2005. Nondestructive Determination of Tomato Fruit Quality Characteristics Using Vis/NIR Spectroscopy

Technique. *International Journal of Information Technology*. 11 (11).

HOSKULDSSON, P. 1988. "PLS Regression Methods", *Journal of Chemometrics*, 2, 211-228.

HUNT, R., ROCK, B.N. 1989. Detection of changes in leaf water content using near and middle-infrared reflectances, *Remote Sensing of Environment*, 30, 43-54.

JONES, H.G.; LEINONEN, I. 2003. Thermal Imaging for the study of plant water relations. *Journal of Agruculture meteorology*, 59 (3), 205-217.

JONES H. G. Y SCHOFIELD P. 2008. Thermal and other remote sensing of plant stress. General and applied plant physiology, special issue, 34 (1-2), 19-32.

LESTANDER, T A.; GELADI, P. 2005. NIR spectral information used to predict water content of pine seeds from multivariate calibration *Canadian Journal of Forest Research* 35(5) 1139-1148.

LOKUPITIYA, E.; LEFSKY, M.; PAUSTIAN, K. 2010. Use of AVHRR NDVI time series and ground-based surveys for estimating county-level crop biomass. *International Journal of Remote Sensing*, 31, (1), 141 - 158.

PEÑUELAS, J.; FILELLA, I.; BIEL, C.; SERRANO, L.; SAVE, R. 1993. The reflectance at 950-970 nm region as an indicator of plant water status. *International journal of remote sensing* 14, 1887-1905.

PIERCE, L.; RUNNING, S; RIGGS, G. 1990. Remote detection of canopy water stress in coniferous forests using the NS001 Thematic Mapper Simulator and the thermal infrared multispectral scanner. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 56, 579-586.

PINTER, P.J.; HATFIELD, J.L.; SCHEPERS, J.S.; BARNES, E.M.; MORAN, M.S.; DAUGHTRY, C.S.T.; UPCHURCH, D.R. 2003. Remote sensing for crop management. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 69 (6), 647-664.

RAUN, W.; SOLIE, J. B.; JOHNSON, G. V.; STONE, M. L.; LUKINA, E. V.; THOMASON, W. E.; SCHEPERS J. S. 2001. In-season prediction of potential grain yield in winter wheat using canopy reflectance. *Agronomy Journal* 93, 131-138.

REYNOLDS, M.P.; DRECCER, F.; TRETOWAN, R. 2007. Drought adaptative traits derived from wheat wild relatives and landraces. *Journal of experimental botany* 58, 177-186.

ROCK, B.N.; VOGELMANN, J.E.; WILLIAMS, D.L.; VOGELMANN, A.F.; HOSHIZAKI T. 1986. Remote detection of forest damage. *Bioscience* 36(7) 439-445.

RODRÍGUEZ-PÉREZ, J.R.; RIAÑO, D.; CARLISLE, E.; USTIN, S.; SMART, D.R. 2007. Evaluation of hyperspectral reflectance indexes to detect grapevine water status in vineyards. *American Journal of Enology and Viticulture*. 58(3), 302-317.

SCHMILOVITCH, Z.; MIZRACH, A.; HOFFMAN, A.; EGOZI, A H.; FUCHS, Y. 2000. Determination of mango physiological indices by near-infrared spectrometry. *Postharvest Biology and Technology* 19, 245-252.

SCHOLANDER, P. F.; BRADSTREET, E. D.; HEMMINGSEN, E.A.; HAMMEL, H. T. 1965. Sap Pressure in Vascular Plants, Negative hydrostatic pressure can be measured in plants. *Science* 148(3668), 339 - 346.

SCHULTZ, H.R. 2003. Differences in hydraulic architecture account for near-isohydric and anisohydric behaviour of two field-grown *Vitis vinifera* L. cultivars during drought. *Plant, Cell & Environment*, 26 (8), 1393-1405.

TOBIAS, R. D. 1995. *An Introduction to Partial Least Squares Regression*. SAS Institute Inc., Cary, NC.

WILLIAMS, L.E.; ARAUJO, F.J. 2002. Correlations among predawn leaf, midday leaf and midday stem water potential and their correlations with other measures of soil and plant water status in *Vitis vinifera*. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 127 (3), 448-454.

Diseño y prestaciones de un prototipo de siembra directa para intersiembra de pasturas

PRINCIPI M.A.¹; MATTANA ¹ R.R.; CARDINALI ¹ O.P. y COLODRO ¹ J.L.

RESUMEN

Este trabajo compara, en siembras de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) efectuadas en otoño sobre praderas de alfalfa (*Medicago sativa* sp.) degradadas, un prototipo de intersiembra de pasturas diseñado por la Cátedra Maquinaria Agrícola de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, cuyo tren de siembra posee, además de las cuchillas circulares dura flute, un conjunto de timones con azadones cortos provistos de pequeñas aletas laterales en su parte inferior para la apertura de la faja de siembra, con una máquina para intersiembra de pasturas difundida en el mercado (testigo), con sistema de siembra y fertilización con abresurcos de discos. Se utilizó un diseño de parcelas divididas que incluye al prototipo descrito, a éste con una variante constituida por un conjunto de siembra clásico similar a la intersembradora testigo, y a esta última máquina, las cuales se utilizaron con y sin fertilización en la siembra.

El objetivo de efectuar la labranza de la línea de siembra con azadón corto provisto de aletas es eliminar la compactación superficial producida por el pisoteo de los animales, mejorar la preparación de la cama de siembra y colocar el fósforo a mayor profundidad (150 mm por debajo de la semilla).

En los tres años de experimentación se pudo constatar a los 30 días de las siembras que existieron diferencias significativas en la eficiencia de implantación a favor del prototipo con azadón, con respecto al testigo y al prototipo con líneas de siembra similares a éste, lo cual es de relevancia dado que la velocidad de germinación es fundamental para el caso que después de la siembra no llueva hasta la primavera, retrasándose la germinación y el 1.º corte de forraje. Lo expuesto también se constató a los 180 días de la siembra para el año 2003, en el cual no se registraron lluvias a posterior de la siembra y hasta fines de ese año, mientras que en el 2002 y 2004 los valores de plantas establecidas en todos los tratamientos no arrojaron diferencias significativas, posiblemente por la ocurrencia de lluvias tempranas de primavera.

La compactación del suelo hasta 120 mm de profundidad (resistencia mecánica a la penetración medida bajo las huellas de las sembradoras) fue menor con el nuevo prototipo que con la máquina testigo.

Como conclusión, se considera que el prototipo dotado del conjunto de siembra y fertilización con azadón corto tiene un campo propicio de aplicación en la región puesto que provoca una mayor velocidad de emergencia e implantación del cultivo y menor compactación del suelo con respecto a la máquina testigo.

Palabras clave: conjunto de siembra, azadón corto con alas

¹ Docentes de la Cátedra Maquinaria Agrícola. Facultad de Agronomía y Veterinaria, UNRC Ruta 36, km 601, (5800) Río Cuarto, Córdoba, Argentina

ABSTRACT

*This study compares the use of a prototype direct drill for pasture renovation designed by this research team with a no tillage pasture renovation from a well-known trademark (control). The study was carried out in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) sowings planted in the fall on broken down alfalfa (*Medicago sativa* sp.) plains. The drill planting kit of the prototype has, a part from the circular fluted coulter, a set of beams with plantation hoes with small wing in its lower part. This hoe was first tried individually exhibiting a good performance. The experimental design was of divided plots including the prototype with a variant consisting of a drilling pasture renovation kit similar to the one available in the market, and also including it as the control machine. All machines were used with and without fertilization at drilling.*

The aim of using the beam with plantation hoe with small blades in the tillage of the planting row is to improve seed bed preparation and to avoid surface packing due to cattle trampling and incorporating Phosphorus to a higher depth (150 mm below the seed).

In the three years of experimentation, it was demonstrated that there were significant differences in the efficiency of implantation 30 days after planting in favor of the prototype with the plantation hoe with respect to both machine available in the market and the prototype with planting rows similar to the one available in the market. This is significant since the germination rate is fundamental if rainfall lacks after planting up until spring, thus delaying germination and the first forage cutting. The same happened 180 days after planting in the year 2003, when there was no rainfall after planting and up until the end of that year. In 2002 and 2004, however, the number of plants established in all the treatments showed no significant differences. This was possibly due to early spring rainfalls.

In forage production, there was higher production in the treatments with the fertilization provided by the prototype with the plantation hoe and blades, compared to the other treatments, however, not exhibiting significant differences.

There was less soil compaction, up to 120 mm deep (soil mechanical resistant under the planter tracks), with the new prototype than with the control machine.

Summing up, the application of the prototype with a planting and fertilization kit with plantation hoe with small wing in the Rio Cuarto region could be a beneficial application because it produces a higher germination and crop implantation rate and less soil compaction compared to a direct drill for pasture renovation from a well-known trademark.

Key words: *drill planting kit, small hoe with wing.*

INTRODUCCIÓN

Es importante destacar que en la revisión bibliográfica se ha encontrado información muy escasa sobre la implantación o interseembra de pasturas con máquinas de siembra directa como los que se comparan en este trabajo y menos aún con el sistema de siembra y fertilización similar al diseñado para el mismo, el cual se haya incorporado a un prototipo cuyo peso, al trabajar por transferencia de éste, es sólo la mitad de una máquina similar de mercado para implantación de pasturas.

Delafosse (1993), Delafosse y Onorato (1991) y Miñón *et al* (1996), analizan las técnicas y maquinaria para la interseembra de pasturas. Baumer (1999), analiza varios sistemas de interseembra de pasturas y los factores a tener en cuenta para el éxito de las mismas, indicando que éste no obedece únicamente a la utilización de una determinada maquinaria sino a la correcta interpretación de los factores de manejo previo, durante y post siembra. El autor presenta un trabajo realizado en la Universidad de Ohio y

publicado en AAPRESID sobre la evaluación de 4 máquinas de interseembra, en 4 tipos de suelos, analizando el stand de trébol blanco (*Trifolium sp.*) a las 8 semanas de la interseembra, verificando que existieron diferencias significativas entre las máquinas en algunos suelos, pero, al analizar la media obtenida por todos los tratamientos, no se aprecian diferencias significativas. Estos autores expresan en sus conclusiones que es recomendable efectuar la interseembra en otoño; que la festuca y el agropiro (*Thinopyrum ponticum*) son las gramíneas de mejor comportamiento en la interseembra, y que no existe un método único de implantación que asegure buenos resultados, sino que hay que considerar el tipo de suelo, la pastura a sembrar, la potencia del tractor, etc.

Pottinger (1992) y Duarte (2000) analizaron, al igual que en la cita anterior, los factores que permiten el éxito en la interseembra de pasturas.

Chisholm *et al.* (1980) diseñaron y experimentaron en la Universidad de Dakota una máquina destinada especí-

ficamente a la intersemebra de pasturas. Esta ha sido ensayada exitosamente en más de 250 ha de pastizales naturales incluyendo sistemas rocosos.

Seaney *et al* (1983) analizaron factores inherentes al manejo adecuado para la intersemebra de pasturas y expresaron respecto a los métodos de intersemebra, que la mayoría de las máquinas son diseñadas para cortar a través de la pastura degradada, haciendo un estrecho surco donde es colocada la semilla, aplicando por lo general el fertilizante y los pesticidas en el momento de la siembra. Expresaron que es importante colocar el fertilizante en banda debajo de la semilla (en forma similar al nuevo dispositivo de siembra y fertilización diseñado para el presente trabajo), colocando ésta a una correcta profundidad y afirmando el suelo sobre la misma.

Wolf y Kirby (1984) compararon en su trabajo de implantación de alfalfa equipos de siembra directa y sistema de labranza y siembra convencional en diferentes fechas de siembra. En sus conclusiones, expresaron que el suelo firme y la colocación de la semilla profunda proveen mayor humedad para la germinación en forma inmediata de efectuada la siembra (lo que se logra con equipos de siembra directa), en cambio la siembra con sistema convencional se debe efectuar más temprano para lograr el establecimiento de la pastura con las lluvias que se producen luego de la siembra. El número de plantas y producción de forraje de alfalfa es mayor con siembra directa que con el convencional. Estos autores, al igual que Bullied *et al* (1999) expresaron que la preparación convencional de la cama de siembra produce importantes pérdidas de suelo y humedad del mismo.

Kalmbacher (1984) analizó en su trabajo las máquinas de intersemebra de pasturas, comprobando que las sembradoras utilizadas no tienen mayores diferencias en el establecimiento de las mismas.

Lowther *et al* (1987) presentaron en su trabajo el diseño de un prototipo de sembradora con remoción de la faja donde se deposita la semilla más intensa que en otras sembradoras de intersemebra. Compararon a esta máquina con otra intersembradora de 3 discos abresurcos y concluyeron que hay pocas diferencias a las 7 semanas después de la siembra en septiembre, variando su eficiencia ante la ausencia o presencia de herbicidas para el control de malezas y logrando, con el prototipo, una supervivencia de plantas del 80 a 85% con la ausencia y el uso de herbicida, respectivamente, y con el triple disco del 74 y 40%, para el uso y ausencia de herbicidas, respectivamente. Al cabo de 5 meses de la siembra, el prototipo logró que el surco fuese cubierto con la especie implantada en un 56 y 63% ante la ausencia o el uso de herbicidas, comparada con sólo 6 y 35% al usar triple discos abresurcos. Por lo expuesto, al cabo de 3 años, el prototipo logró un mayor rendimiento de materia seca. Concluye el autor que los resultados demuestran la ventaja agronómica de la labranza intensa de la franja lograda por el prototipo para el establecimiento de pasturas sobre una pradera degradada.

Los objetivos de este trabajo fueron:

a) Determinar el desempeño individual del prototipo de siembra directa de granos finos-soja adaptado para intersemebra en la preparación de la faja de siembra, colocación del fertilizante y la semilla y la eficiencia de siembra en intersemebras de festuca alta sobre praderas de alfalfa degradadas en suelos compactadas por el pisoteo de los animales, con un prototipo, para comprobar su desempeño individual

b) Comparar el nuevo prototipo y una máquina de siembra directa para intersemebra de pasturas difundida y reconocida en el país en la eficiencia de implantación, producción de forraje y compactación del suelo en intersemebras de festuca alta sobre praderas de alfalfa degradadas y compactadas por el pisoteo de los animales.

MATERIALES Y MÉTODOS

1) Adaptación y experimentación del prototipo para la intersemebra de pasturas.

Sobre la base de un prototipo para siembra directa de granos finos (Principi *et al*, 2002 a y b), el cual por su diseño tiene un peso aproximadamente 50% menor que una máquina similar existente en el mercado (testigo), se completó la construcción y el montaje de un nuevo dispositivo de fertilización y de remoción del suelo incorporado en el tren de siembra para granos finos-soja, adoptándolo para la intersemebra de pasturas. El mismo difiere del conjunto anterior, en que incorpora un azadón corto y delgado que abre el suelo verticalmente y posee en su parte inferior una aleta plana en forma de "V" para realizar la labranza horizontal del suelo a una profundidad regulable hasta los 200 mm. Vista lateralmente, esta aleta posee un ángulo de succión de 15° lo que facilita la penetración en suelos compactados por el pisoteo de los animales al pastorear la pradera. El ancho de la misma es de 60 mm y el ángulo de la V de 85° (en las figuras 1 y 2 se observa una vista en planta y en perspectiva del prototipo completo y del dispositivo de fertilización y remoción del suelo diseñado).

De este modo, es posible labrar el suelo en profundidad para facilitar el posterior desarrollo radicular de la pastura (esto en especial en suelos compactados por el pisoteo de animales o tránsito de maquinarias) y además colocar el fertilizante por debajo de la semilla, con una separación de ésta que puede oscilar alrededor de los 150 mm, a efectos de no dañar las plantas en su estado de crecimiento inicial.

El nuevo conjunto de siembra y fertilización, en definitiva, queda conformado por la cuchilla tipo dura flute para microlabranza del suelo, el dispositivo de fertilización y de remoción del suelo descrito, abresurcos para la conformación de la cama de siembra formado por discos dobles con tubos de bajada de la semilla en su parte posterior, con ruedas reguladoras de la profundidad de siem-

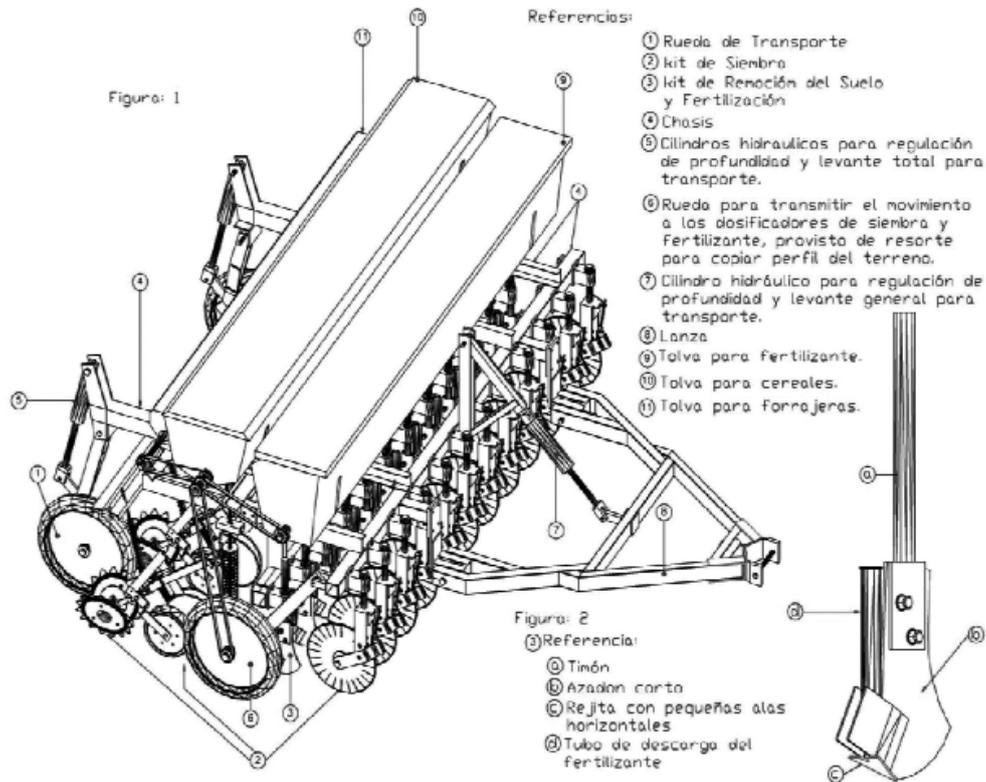


Figura 1 y 2. Vista en planta y en perspectiva del prototipo y el azadón corto diseñado e incorporado al mismo.

bra y, finalmente, sistema de cierre de la faja de siembra y compresión de la semilla formado por doble rueda de goma en "V" con discos cóncavos dentados.

A efectos de comprobar las prestaciones de este nuevo conjunto de siembra y fertilización, se efectuaron experiencias consistentes en siembra de festuca sobre praderas con distintos niveles de alfalfa, obteniendo el grado de cobertura existente al momento de la siembra por medio de cortes efectuados a ras del suelo y posterior secado del material en estufa hasta peso constante para determinar kg m.s. x ha⁻¹ y poder evaluar, de esta forma, el grado de eficiencia alcanzado por la nueva línea de siembra y fertilización.

Para la determinación de la profundidad de la faja de siembra y colocación de la semillas y el fertilizante se realizaron muestreos representativos, tomando las mediciones respectivas desde la cota superficial del suelo, libre de cobertura vegetal, por medio de una regla graduada en mm, aplicando a los datos el análisis estadístico correspondiente.

2) Ensayos comparativos en intersiembra de festuca:

Se efectuó el ensayo comparativo del prototipo (de un peso total con tolvas vacías de 2500 kg) provisto de dos sistemas diferentes de siembra y fertilización (armando el mismo con cada uno de ellos por separado sobre el

mismo prototipo para conformar dos unidades de siembra distintas) con una máquina de siembra directa de pasturas (de un peso de 4500 kg con tolvas vacías) difundida y reconocida en el país, ambas con el mismo ancho de trabajo, en la intersiembra de festuca sobre una pradera de alfalfa degradada.

2.1. Diseño experimental y tratamientos: se utilizó un diseño de parcelas divididas con 6 tratamientos (3 sembradoras con fertilización y sin ella) y 4 repeticiones, donde las parcelas principales corresponden a los 2 niveles de fertilización (con y sin ella) y las subparcelas, que requieren mayor precisión en sus mediciones, a los 3 tipos de sembradoras. Los tratamientos son: a) Intersiembra con el prototipo con el nuevo conjunto de siembra y fertilización, con fertilización; b) Idem al anterior, sin fertilización; c) Intersiembra con el prototipo con el dispositivo de siembra para granos finos, con fertilización; d) Idem al anterior, sin fertilización; e) Intersiembra con sembradora testigo, con fertilización; f) Idem al anterior, sin fertilización.

Los conjuntos de siembra utilizados en cada caso son:

- a) Prototipo con nuevo sistema según lo descrito en ítem 1.
- b) Prototipo con conjunto para granos finos: cuchilla de microlabranza tipo dura flute, abresurco de disco doble con ruedas reguladoras de la profundidad y bajada de la semilla en su parte posterior y sistema de cierre de la faja de siembra y compresión de la semilla formado por doble rueda de goma en "V" con discos cóncavos dentados.

c) Para sembradora testigo: cuchilla de microlabranza tipo dura flute, abresurco de disco doble con ruedas laterales reguladoras de profundidad y bajada de la semilla en su parte posterior y dispositivo de cierre de surco y compresión de la semilla formado por doble rueda de goma en "V" con discos cóncavos dentados.

Como se puede apreciar, entre los dispositivos b y c descriptos no existen diferencias, variando solamente aquí, como ya se mencionó, el peso de ambas máquinas.

2.2. Material y condiciones de siembra: Los ensayos se realizaron en el campo experimental de la Fac. de Agronomía y Veterinaria de la UNRC, ubicado en La Agüada, Departamento Río Cuarto, a 33° 57' de lat. Sur y 64° 50' de long. Oeste, donde predominan suelos Hapludoles típicos de textura franco arenosa fina.

Se sembró festuca alta sobre una pradera de alfalfa degradada y se calibraron los equipos de siembra directa de modo de lograr idéntica densidad (1.500.000 semillas fértiles x ha⁻¹) y profundidad teórica de siembra (0,8 cm desde la cota superficial del suelo libre de cobertura vegetal). En los tratamientos correspondientes a la variante con fertilización se utilizó una dosis de 70 kg. x ha⁻¹ de fofato monoamónico. La superficie de las parcelas correspondió al ancho de las sembradoras (12 líneas a 0,35 m) por una longitud de 30 m.

En los 3 años se efectuó la siembra durante la primera quincena de abril, utilizando semilla cuyo PG, VC y peso variable, oscilando entre 55 y 59% de PG y una pureza física botánica del 99%.

La velocidad de trabajo fue, en todos los casos, de 6 km/h.

2.3. Determinación de las variables que se midieron:

2.3.1. Eficiencia de implantación: se realizó el primer recuento a los 30 días de realizada la siembra y en el mes de octubre, aproximadamente 180 días a posterior a la misma, según la experiencia de implantación de la festuca en la zona de referencia. Se constató el número final de plantas emergidas, sobre las cuatro líneas centrales de cada tratamiento, tomándose 1 muestra de 0,71 m lineales en cada una de ellas (1 m² en total). La eficiencia de implantación se obtuvo como el cociente expresado en porcentajes, entre el número final de plantas logradas y el número de semillas útiles sembradas.

2.3.2. Resistencia mecánica a la penetración (Mpa) y humedad del suelo (%) en los niveles de profundidad de 0 a 500 mm, en las huellas dejadas luego de la siembra por las sembradoras de siembra directa comparadas, ambas con ruedas del mismo diámetro y ancho, y en parcelas testigos sin tránsito. La resistencia a la penetración se determinó mediante un penetrómetro electrónico registrador ASAE S313 y la humedad por método gravimétrico.

2.3.3. Determinación de la producción de forraje: se determinó la producción de materia seca en un corte efectuado a ras del suelo aproximadamente a los 360 días de la siembra (material acumulado durante el ciclo invierno-primaveral y estival de desarrollo del cultivo).

RESULTADOS Y CONSIDERACIONES

En las tablas 1 y 2 se indican los resultados de las pruebas individuales del prototipo efectuadas en el año 2002. En siembras de festuca efectuadas sobre 3 niveles distintos (cantidad de m.s. x ha⁻¹) de la pastura existente

Humedad del suelo (%)	Pradera existente (kg ms x ha ⁻¹)	Profundidad de faja de siembra de siembra y fertilización (mm)	Eficiencia de implantación (%)
14	2200	150	48
16	1800	160	56
14	1300	180	54

Tabla 1. Profundidad de la faja de siembra y fertilización y eficiencia de implantación

Humedad del suelo (%)	Pradera existente (kg ms x ha ⁻¹)	Profundidad de la semilla (mm) y desvío estándar (DS)	Profundidad del fertilizante (mm) y desvío estándar (DS)
14	2200	10 DS=0,6	100 DS=2,5
16	1800	14 DS=0,6	130 DS=2,3
14	1300	16 DS=0,4	145 DS=2,2

Tabla 2. Ubicación de la semilla y el fertilizante.

Sistema de siembra	2002		2003		2004	
	pl. x ha ⁻¹ (x 1.000)	% efic.	pl. x ha ⁻¹ (x 1.000)	% efic.	pl. x ha ⁻¹ (x 1.000)	% efic.
Prototipo con azadón y fertilización	480 a	27,4	540 a	30,8	530 a	30,3
Prototipo con azadón sin fertilización	470 a	26,8	520 a	29,7	515 a	29,4
Prototipo con discos y fertilización	220 b	12,8	320 b	18,3	317 b	18,1
Prototipo con discos sin fertilización	230 b	13,1	290 b	16,6	350 b	20
Sembradora testigo con fertilización	250 b	14,3	350 b	20	340 b	19,4
Sembradora testigo sin fertilización	200 b	11,4	300 b	17,1	325 b	18,6

Medias seguidas de diferentes letras (en cada año) indican diferencias significativas ($p \leq 0,01$) según test de Tukey.
CV: Año 2002 = 13,8; Año 2003 = 14,6; Año 2004 = 14,9

Tabla 3. Número de plantas de festuca emergida (pl x ha⁻¹) y eficiencia de implantación (%) a los 30 días de siembra, obtenidas con tres sistemas de Intersiembra y dos niveles de fertilización, sobre una pradera de alfalfa degradada.

Sistema de siembra	2002		2003		2004	
	pl. x ha ⁻¹ (x 1.000)	% efic.	pl. x ha ⁻¹ (x 1.000)	% efic.	pl. x ha ⁻¹ (x 1.000)	% efic.
Prototipo con azadón y fertilización	920 a	54,6	640 a	37,1	895 a	51,1
Prototipo con azadón sin fertilización	957 a	52,25	650 a	36,6	877 a	49
Prototipo con discos y fertilización	784 a	44,8	420 b	24	807 a	46,1
Prototipo con discos sin fertilización	795 a	45,2	400 b	22,8	780 a	44,6
Sembradora testigo con fertilización	837 a	47,8	450 b	25,7	812 a	46,4
Sembradora testigo sin fertilización	752 a	42,9	430 b	24,6	758 a	43,3

Medias seguidas de diferentes letras (en cada año) indican diferencias significativas ($p \leq 0,01$) según test de Tukey.
CV: Año 2002 = 15,6; Año 2003 = 16,1; Año 2004 = 16,5

Tabla 4. Número de plantas de festuca emergidas (pl x ha⁻¹) y eficiencia de implantación (%) a los 180 días de siembra, obtenidas con tres sistemas de Intersiembra y dos niveles de fertilización, sobre una pradera de alfalfa degradada.

(alfalfa) se logró una adecuada penetración del nuevo sistema de siembra y fertilización, sin problemas de atomamiento y ubicando la semilla y el fertilizante a la profundidad deseada.

En los ensayos comparativos, en los tres años se pudo constatar, a los 30 días de la siembra, que existieron diferencias significativas en la eficiencia de implantación a favor del prototipo con azadón, con respecto al mismo sin azadón y a la máquina testigo (tabla 3), lo cual es de importancia dado que la velocidad de germinación es fundamental, para el caso que después de la siembra no llueva hasta la primavera retrasándose la germinación y el 1.º corte de forraje. Lo expuesto se constató a los 180

días de la siembra para el año 2003, en el cual no se registraron lluvias a posterior de la siembra y hasta fines de ese año, mientras que en el 2002 y 2004 los valores de plantas establecidas en todos los tratamientos no arrojaron diferencias significativas (tabla 4), ésto posiblemente por la ocurrencia de lluvias tempranas de primavera que facilitaron la germinación de semillas latentes.

Con respecto a la producción de forrajes cabe acotar que en el año 2003 una intensa sequía en el período posterior a la siembra, que duró prácticamente hasta finalizar el año, impidió el establecimiento del cultivo, secándose incluso las plantas nacidas en otoño, por lo que no se pudo obtener la producción de forraje. En los años res-

años restantes, a pesar de equipararse en primavera, como ya se dijo, los valores de plantas establecidos (medidos a los 180 días de la siembra), la producción de forraje lograda por el prototipo con azadón corto y con aplicación de fertilizante fosforado en la siembra, por la mayor labranza de la faja de siembra y fertilización y un mayor aprovechamiento del fósforo colocado por los azadones a 150 mm de profundidad, fue superior que el resto de los tratamientos, aunque al realizar el análisis estadístico y debido a un CV elevado, no se evidenciaron estas diferencias de modo significativo (tabla 5).

Se comprobó, en mediciones realizadas en el año 2004, una menor compactación del suelo hasta 120 mm de profundidad (resistencia a la penetración medida bajo

las huellas de las sembradoras) con el nuevo prototipo al compararlo con la máquina de siembra directa testigo (figura 3).

CONCLUSIONES

Como conclusión de la experimentación individual del prototipo en la siembra de pasturas se desprende que el nuevo sistema cumplió eficientemente con la apertura de la faja de siembra, la ubicación del fertilizante y la semilla a la profundidad seleccionada y la eficiencia de siembra de festuca sobre praderas degradadas de alfalfa, con diferentes niveles de cobertura de las mismas, manteniendo eficientemente las profundidades de siembra y la

Sistema de siembra	2002 kg m.s. x ha-1	2004 kg m.s. x ha-1
Prototipo con azadón y fertilización	1446 a	1480 a
Prototipo con azadón sin fertilización	1280 a	1350 a
Prototipo con discos y fertilización	1267 a	1295 a
Prototipo con discos sin fertilización	1180 a	1200 a
Sembradora testigo con fertilización	1205 a	1270 a
Sembradora testigo sin fertilización	1173 a	1255 a

Medias seguidas de diferentes letras (en cada año) indican diferencias significativas según test de Tukey.
CV: Año 2002 = 18,5; año 2004 = 18,9

Tabla 5. Producción de forrajes de festuca (kg m.s. x ha⁻¹) logrados en un corte con tres sistemas de Intersiembra y dos niveles de fertilización, sobre una pradera de alfalfa degradada.

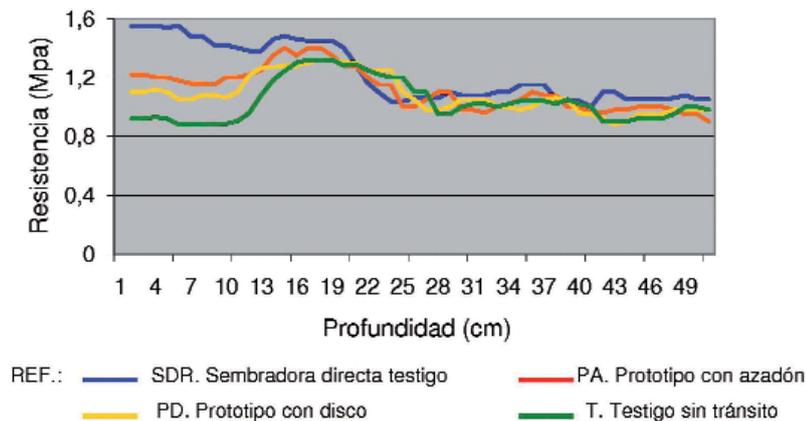


Figura 3. Resistencia mecánica a la penetración del suelo (MPa) medida bajo las huellas de tres sistemas diferentes de Intersiembra y un testigo sin tránsito en una pradera degradada.

del fertilizante al variar los niveles de cobertura de la pradera existente.

Como conclusión general, de acuerdo a lo analizado en los resultados de los ensayos comparativos, se aprecia una tendencia del nuevo prototipo en mejorar la eficiencia de implantación y la producción de forraje, y una menor compactación del suelo con respecto a la sembradora testigo.

AGRADECIMIENTO

Al personal no docente de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC, Srs. Franco Cardetti, Osvaldo Genesio y Ricardo Ramírez, y al estudiante de Ingeniería Agronómica Esteban Ristorto, por la colaboración brindada para la ejecución de este trabajo; al Ing. Pedro Stafolani y a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, Hernan Franchetti y Jhonatan Domínguez, por la confección de la vista espacial del prototipo en soporte informático, y a la Profesora Silvia C. Beck del Departamento de Lenguas de la Facultad de Ciencias Humanas de la UNRC, por la traducción de textos al idioma inglés.

Este trabajo fue subsidiado por la SECYT-UNRC (Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNRC)

REFERENCIAS

- Baumer C.R. 1999. Siembra directa de forrajeras y máquinas para interseembra de pasturas. En Sembradoras y fertilizadoras. AAPRESID. Serie Siembra Directa N.º 2. Argentina. Pp 155-161.
- Bullied W.S., Entz M.H. and S.R. Smith. 1999. No-till alfalfa stand termination strategies: Alfalfa control and wheat and barley production. Canadian Journal of Plant science. ISSN 0008-4220. 79 (1). Pp 71-83
- Chisholm T.S., Vigil F.R. Klosterman T.M. and G. Orcutt. 1980. Interseeding and plans for SDSU'S new machine for better pasture production. Pp 2-14.
- Delafosse R..M. 1993. Técnicas de aplicación mecanizadas en siembra de pasturas. Cuaderno N.º 5. Instituto de ingeniería Rural CICA - INTA Castelar. Pp 40.
- Delafosse R.M. y A. Onorato. 1991. Máquinas para la siembra e interseembra de pasturas. Componentes y técnicas adecuadas de uso. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago. Chile. Pp 39.
- Duarte, G. 2000. Base para el éxito en la implantación de pasturas con alfalfa. En Pasturas en siembra directa. Jornadas de intercambio técnico 2000. Cap. 2. Implantación. AAPRESID. Ed. Amalevi. Pp 17-32.
- Kalmbacher. 1984. Establishment of legumes in bahia-grass sod. Ona Agricultural Research Center, Ona, Florida. Pp 86-91.
- Lowther W.L., Horrel R..F and W.J. Fraser. 1987. Effectiveness of strip seeder direct drill for pasture establishment. Soil and tillage Research :38(1-2). Pp 161-174.
- Miñon D.P., Enrique M.L. y R.A. Barbarossa. 1996. Renovación e interseembra de pasturas irrigadas. Información técnica IDEVI N.º 6. Convenio IDEVI - INTA. Pp 1-23.
- Principi M.A., Mattana R.R. Cardinali O.P. y J.L. Colodro. 2002 a. "Diseño y experimentación de un prototipo para siembra directa de granos finos". Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) España. ISSN 0213-5000. Vol. 17 (2). 2002. Pp 207-217.
- Principi M.A., Mattana R.R. Cardinali O.P. y J.L. Colodro. 2002 b. "Diseño y performance de un prototipo para siembra directa". RIA. INTA. Argentina. ISSN 0325-8718. Vol. 31 (2), 2002. Pp 135-148.
- Pottinger P. 1992. Renovación de pastura: éxito o fracaso. Puntos importantes para el éxito. Primer Congreso Mundial sobre producción, utilización y conservación de forrajes empleados en la alimentación de la ganadería vacuna - Forrajes '92. Bs.As. Conferencia. Pp 463-493.
- Seaney R.R., Reid W.S. and G.C. Bergstrom. 1983. Minimum tillage establishment of forage. Field Crops. Cooperative Extension. Cornell University.
- Wolf, D.D. and B..W. Kirby. 1984. Late season alfalfa planting: Conventional versus No-Till. Virginia Tech Department of Agronomy and Chevron Chemical Company. Pp 50-53.

Grupos funcionales de plantas, producción de forraje y eficiencia de uso de radiación de pastizales naturales en condiciones potenciales y limitadas de agua y nitrógeno

COLABELLI, M.R.¹, AGNUSDEI, M.G.² y DURAND J-L.³

RESUMEN

Con el objetivo de analizar el efecto de la disponibilidad hídrica y nitrogenada sobre el crecimiento primavera estival de forraje, se condujo un experimento en un pastizal natural de la Pampa Deprimida (Argentina) con adecuado suministro de fósforo (P). Se utilizó un diseño en parcela dividida, con el factor agua (A) en la parcela principal y nitrógeno (N) en la subparcela, con tres repeticiones. Los tratamientos fueron: agua y nitrógeno no limitante (PNA); agua no limitante (PA); nitrógeno no limitante (PN) y condiciones naturales de A y N (P). El período experimental incluyó dos rebrotes, el primero entre el 24/11/1997 y el 23/01/1998 y el segundo, entre el 23/01/1998 y el 26/03/1998. Se evaluaron: i) acumulación de forraje, a partir de cortes en secuencia de parcelas homólogas completas; ii) composición botánica, por separación manual de una sub-muestra de cada parcela en los grupos funcionales gramíneas C₃, gramíneas C₄, leguminosas y malezas; iii) radiación solar interceptada (R_i) por mediciones con un radiómetro Delta-T; a partir de esta variable se calculó la radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFA_i); y iv) eficiencia de uso de la radiación (EUR) estimada a partir de la pendiente de la regresión lineal forzada por el origen entre el forraje acumulado y la RFA_i acumulada. Los tratamientos con A y N modificaron la contribución de los grupos funcionales del pastizal. La acumulación potencial estival de forraje superó las 10 tn MS ha⁻¹, y casi triplicó los valores del tratamiento P. La EUR explicó el 70% de las diferencias en productividad entre el tratamiento PNA y P en el primer rebrote, mientras que en este mismo porcentaje la RFA_i explicó tales variaciones en el segundo rebrote. Los cambios en la productividad son discutidos en términos del impacto del suministro de agua y nitrógeno sobre la composición botánica, la radiación interceptada y la eficiencia de uso de la radiación.

Palabras clave: pastizal natural, Pampa Deprimida, producción de forraje, eficiencia de uso de radiación, nitrógeno, déficit hídrico.

1. Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP. CC 276, 7620 Balcarce. Argentina. Correo electrónico: mcolabelli@balcarce.inta.gov.ar.

2. EEA Balcarce. INTA. CC 276, 7620 Balcarce. Argentina. Correo electrónico: magnusdei@balcarce.inta.gov.ar

3. BP 6. INRA Lusignan. 86600 Lusignan, Francia. Correo electrónico: jldurand@lusignan.inra.fr

Recibido 12 de noviembre// Aceptado 10 de diciembre// Publicado online 15 de diciembre

ABSTRACT

The objective of this study was to compare the effect of soil water (A) and nitrogen (N) availability upon spring-summer forage growth under non-limiting soil phosphorus (P) availability in a natural grasslands of the Pampa region of Argentina. The treatments were: non-limiting water and N (PNA); non-limiting water (PA); non-limiting N (PN) and natural conditions of N and water (P). The experimental design was split-plot, with water as main plot and N as subplot, with three replicates (blocks). The experimental period comprised two successive regrowth periods, the first one between November 24th 1997 and January 23rd 1998, and the second one between January 23rd and March 26th 1998. The forage accumulation and botanical composition were evaluated by harvesting the whole plots (cutting height 25 mm) and separating a subsample of the harvested material into C₃ grasses, C₄ grasses, legumes and forbs. Intercepted photosynthetically active radiation (RFAi) was calculated from measurements of intercepted radiation (Ri). Radiation use efficiency (EUR) was estimated as the slope of the linear regression forced through the origin between accumulated biomass and accumulated RFAi. The treatments with A and N significantly modified the grassland botanical composition in comparison with P treatment. The forage accumulation was three-fold higher in PNA treatment with respect to the natural condition (P). The EUR explained the 70% of differences in productivity between PNA and P treatment in first regrowth, and the RFAi explained the 70% of differences in productivity between PNA and P treatment in second regrowth. The changes in productivity are discussed in terms of the direct effect of N and water upon botanical composition, RFAi and EUR.

Keywords: Flooding pampas, natural grasslands, herbage production, RUE, nitrogen, water deficit.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales del Río de la Plata, conformados por las ecorregiones de las Pampas en Argentina y de las Sabanas en Uruguay, constituyen una de las regiones de pastizales templados más grandes del mundo, con una superficie cercana a los 700.000 km². La vegetación de estos pastizales presenta dominancia de especies de gramíneas mesotérmicas (C₃) y megatérmicas (C₄), y una baja proporción de leguminosas (Perelman *et al.*, 2001). Una de las principales implicancias de la coexistencia de los grupos funcionales mencionados es la posibilidad de producir forraje a lo largo del año, aunque con tasas de crecimiento mínimas en invierno y máximas en primavera (Sala *et al.*, 1981).

Los cambios en la disponibilidad de los recursos del ambiente, como agua y nitrógeno, pueden alterar la composición botánica de la comunidad de un pastizal, y por ende, la sustentabilidad del sistema. Especies positivamente afectadas pueden incrementar su productividad e importancia, mientras que otras negativamente afectadas pueden disminuir su productividad y declinar en importancia dentro de la comunidad (Niu *et al.*, 2008). Resultados de estudios sobre los efectos del nitrógeno (Wedin y Tilman, 1996) o del agua suplementaria (Skinner *et al.*, 2002) en comunidades naturales mostraron una marcada influencia sobre la riqueza de especies y sobre la proporción de grupos funcionales. Estos cambios también podrían tener efectos sobre la composición

de la flora microbiana y consecuentemente afectar la dinámica de la materia orgánica del suelo (McGaig *et al.*, 1999). Para delinear un manejo productivo y sustentable de los pastizales, es relevante conocer cómo la disponibilidad de los factores mencionados afectan su composición florística.

La productividad de los pastizales mencionados en la época cálida está sujeta a condiciones frecuentes y regulares de déficit hídrico (Sala *et al.*, 1981). El efecto principal de la deficiencia hídrica sobre el crecimiento aéreo es directo debido a que limita la expansión del área foliar (Durand *et al.*, 1997). Adicionalmente, tiene efectos indirectos asociados a la deficiencia de nitrógeno debido a que limita la captura del mismo y afecta el estado nutricional de las plantas (Lemaire y Denoix 1987; O'Neill *et al.*, 1995; Gastal y Durand, 2000; González Dugo *et al.*, 2005).

En ausencia de limitación hídrica y de nutrientes, la producción de materia seca está directamente relacionada a la radiación fotosintéticamente activa interceptada y a la eficiencia con la cual la radiación interceptada es convertida en biomasa (Monteith, 1977). Ambas variables son afectadas por las condiciones de crecimiento (Sinclair y Muchow, 1999), por lo tanto, la comparación de la eficiencia de uso de la radiación (EUR) entre condiciones potenciales y condiciones de estrés hídrico o nutricional provee un enfoque adecuado para comprender el impacto de la limitación de recursos ambientales sobre la productividad. Las restricciones de agua y nitrógeno son conspicuas en

ambientes de pastizales de distintas latitudes. Sin embargo, una adecuada cuantificación mediante protocolos de base ecofisiológica ha sido raramente utilizada en la investigación sobre este tipo de recursos.

La finalidad de este trabajo fue explicar cómo la disponibilidad de recursos del ambiente afecta la capacidad productiva de comunidades multiespecíficas en las que coexisten diferentes grupos funcionales, tales como gramíneas C₃ y C₄ y leguminosas. Nuestro objetivo fue cuantificar el impacto de la limitación hidro-nitrogenada a fines de primavera y verano sobre la composición de los grupos funcionales de plantas, la productividad y la eficiencia de uso de la radiación de pastizales templado-húmedos de la Pampa Deprimida bonaerense.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

La experimentación fue conducida en un pastizal natural ubicado en un establecimiento ganadero del partido de Ayacucho, Argentina (37° 45' S; 58° 18' W). El sitio experimental estaba conformado por un complejo de suelos dominado por Natracuol típico. Se trabajó en un pastizal natural ubicado en una posición topográfica intermedia, similar a una comunidad tipo "B" definida por León (1975) para el área de Castelli-Pila.

El pastizal bajo estudio fue previamente manejado durante dos años con adecuada disponibilidad de nitrógeno y fósforo, y bajo condiciones naturales de disponibilidad hídrica. Durante ese período, el estado del pastizal se controló estrictamente mediante pastoreo de vacunos (Rodríguez Palma *et al.*, 1999) de modo de evitar excedentes de forraje, de mantener un canopeo predominantemente foliar, y de lograr niveles razonables de eficiencia de utilización del crecimiento aéreo, del orden del 60% en los diferentes grupos de especies de la comunidad vegetal (Lemaire y Agnusdei, 2000), lo cual se asoció con la coexistencia en el pastizal de gramíneas C₃, C₄ y leguminosas (Lattanzi *et al.*, 2006). En este período previo se realizaron aplicaciones de 100 kg ha⁻¹ año⁻¹ de nitrógeno con urea, repartidas en un porcentaje de 40 y 60% entre inicio de otoño y fin de invierno, respectivamente, y de 20 kg ha⁻¹ año⁻¹ de fósforo con superfosfato triple al inicio del otoño. Estas condiciones determinaron que la proporción de especies C₃ fuera mayoritaria al inicio del presente experimento. La tabla 1 muestra la composición botánica del pastizal al inicio del estudio agrupada en los grupos funcionales gramíneas C₃ y C₄, leguminosas y malezas. Adicionalmente, en la tabla 2 se presentan las especies más importantes en su contribución dentro de cada grupo funcional.

Los datos del análisis de suelo indicaron valores de 6,4 de pH y 56 g kg⁻¹ de MO en el horizonte superficial. El nivel

Tratamiento	Leguminosas	C4	C3	Otras sp	Malezas
PNA	36,0 ± 19,2	1,9 ± 2,3	49,4 ± 21,6	1,3 ± 2,2	11,3 ± 6,5
PA	29,0 ± 8,3	1,4 ± 1,2	56,8 ± 11,6	4,7 ± 4,0	7,9 ± 0,9
PN	25,9 ± 12,3	3,8 ± 2,6	61,2 ± 12,1	2,7 ± 4,6	6,3 ± 0,9
P	35,5 ± 8,6	0,8 ± 0,3	53,5 ± 6,7	1,5 ± 2,7	8,6 ± 2,1

Tabla 1. Composición florística (% de la biomasa aérea) del pastizal al inicio del estudio agrupada en los grupos funcionales gramíneas C₃ y C₄, otras especies minoritarias, leguminosas y malezas.

Gramíneas C ₃	Gramíneas C ₄	Leguminosas	Malezas
<i>Stipa neesiana</i>	<i>Paspalum dilatatum</i>	<i>Lotus tenuis</i>	<i>Leontodon nudicaulis</i>
<i>Lolium multiflorum</i>	<i>Bothriochloa laguroides</i>	<i>Adesmia bicolor</i>	<i>Eringium sp.</i>
<i>Hordeum stenostachys</i>	<i>Sporobolus indicus</i>	<i>Trifolium repens</i>	<i>Anagalis arvensis</i>
<i>Chaetotropis elongata</i>	<i>Setaria sp.</i>	<i>Medicago lupulina</i>	<i>Oxalis sp.</i>
<i>Briza subaristata</i>	<i>Panicum sp.</i>		<i>Ambrosia tenuifolia</i>
<i>Briza minor</i>	<i>Paspalum vaginatum</i>		<i>Sysirinchium sp.</i>
<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Cynodon dactylon</i>		<i>Plantago lanceolata</i>
<i>Piptochaetium bicolor</i>			<i>Aster squamatus</i>
<i>Poa lanigera</i>			<i>Hypochaeris radicata</i>
<i>Leersia hexandra</i>			<i>Berroa gnaphalioides</i>
<i>Stipa trichotoma</i>			<i>Phyla canescens</i>
			<i>Dichondra repens</i>
			<i>Bupleurum sp.</i>

Tabla 2. Especies más relevantes de los grupos funcionales gramíneas C₃ y C₄, leguminosas y malezas del pastizal natural bajo estudio

de fósforo al inicio de la experiencia fue de 6 mg kg⁻¹ de fósforo asimilable. No obstante, al inicio del presente experimento todas las parcelas recibieron 50 kg de P ha⁻¹ para asegurar que dicho elemento no limite el crecimiento.

Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron cuatro tratamientos sobre parcelas no limitadas en P: agua (A) y nitrógeno (N) no limitante (PNA); agua no limitante (PA); nitrógeno no limitante (PN) y condiciones naturales de A y N (P). Se incluye al P en la denominación de todos los tratamientos para enfatizar aspectos conceptuales y metodológicos. Conceptualmente, porque para evaluar el efecto de un nutriente, en este caso el N, el resto de los nutrientes no debe ser limitante. Metodológicamente, entonces, lo correcto es proveer de cantidades no limitantes del o los nutrientes deficitarios. Por lo tanto, dado que todas las denominaciones de los tratamientos incluyen al P, el mismo no constituye un factor de variación sino de control.

En los tratamientos que recibieron agua adicional (PNA-PA), la misma se aplicó por goteo tres veces por semana. La cantidad de agua aplicada fue variable en cada riego dado que se ajustó al objetivo de mantener las parcelas regadas con una humedad edáfica próxima a la capacidad de campo. A los tratamientos que recibieron N (PN y PNA) se les aplicó 200 kg ha⁻¹ de N al inicio de cada rebrote. La fuente de nitrógeno utilizada fue urea.

El experimento se condujo bajo el diseño experimental de Parcela Dividida con tres repeticiones. Se asignó el factor agua en la parcela principal y el factor nitrógeno en la sub-parcela al azar dentro de cada parcela principal. El tamaño de las parcelas fue de 1,5 m de ancho y 4 m de largo.

Período experimental

El período experimental incluyó dos rebrotes; cada período se inició con un corte al ras del suelo y finalizó en el momento en que se alcanzó la máxima acumulación neta. Esto se logró a partir del ajuste de la frecuencia de corte con el ritmo de senescencia foliar de las especies mayoritarias del pastizal (Lemaire y Agnusdei, 2000). El primer período de rebrote se extendió entre el 24/11/1997 y 23/01/1998. El segundo, evaluado sobre las mismas parcelas experimentales que el primero, entre el 23/01 y el 26/03/1998.

Variables evaluadas

-Acumulación de forraje y composición florística: la primera variable se obtuvo a partir de cortes en secuencia de parcelas homólogas completas a lo largo de cada período de rebrote, protocolo que es necesario aplicar para poder estimar adecuadamente la EUR (Sinclair y Muchow, 1999). En el primer y segundo rebrote las

fechas de corte fueron 22/12, 30/12, 7/01, 14/01 y 23/01 (28, 36, 44, 51 y 60 días de rebrote) y 4, 12, 18 y 26/03 (40, 48, 54 y 62 días de rebrote), respectivamente. La metodología descrita implicó la utilización de 60 parcelas (4 tratamientos, 3 repeticiones, 5 fechas de corte) que cubrieron una superficie aproximada de 400 m². Se usó una motosegadora, cosechándose el metro central de cada parcela a una altura de 3-5 cm. Se registró el peso fresco del total de la parcela, y se tomaron dos sub-muestras. La primera fue secada a 60°C hasta peso constante para determinar contenido de materia seca (MS) del material cosechado. La segunda sub-muestra fue separada por especies, y luego éstas reagrupadas en los grupos funcionales de plantas gramíneas C₃, gramíneas C₄, leguminosas y malezas (especies dicotiledóneas no leguminosas). La MS de cada componente fue obtenida en forma similar a la primer sub-muestra.

-Radiación solar interceptada (Ri): se registró radiación interceptada sobre (Ris) y debajo (Rid) del canopeo con un radiómetro (DeltaT-Devices Ltd., UK) entre las 11:30 y las 13:00 hs. en tres oportunidades durante cada rebrote. La proporción de la radiación interceptada por el canopeo se calculó a partir de la diferencia entre Rid y Ris; los valores diarios de %Ri se calcularon a partir de la interpolación entre dos medidas sucesivas.

-Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi): se calculó a partir del producto entre el %Ri diaria y la radiación solar incidente diaria (Rg, MJ m⁻² d⁻¹) afectada por el coeficiente 0,48 (Varlet Grancher *et al.*, 1989). El coeficiente 0,48 se utiliza para obtener la radiación capaz de ser absorbida por los pigmentos fotosintéticos, o sea, radiación fotosintéticamente activa (400 a 700 nm de longitud de onda de la luz) a partir de valores de Rg (300 a 3000 nm de longitud de onda de la luz). Rg se obtuvo en una casilla meteorológica ubicada en la Estación Experimental Agropecuaria Balcarce del INTA, a 20 km del sitio experimental.

-Eficiencia de uso de la radiación (EUR): se estimó a partir de la pendiente de la regresión lineal entre biomasa acumulada y RFAi acumulada, metodología utilizada de manera corriente en la literatura de ecofisiología de cultivos y pasturas (Monteith, 1977; Gosse *et al.*, 1986; Bélanger *et al.*, 1992). Sinclair y Muchow (1999) señalan que la única forma confiable de estimar la EUR es ajustando una recta a una serie de puntos tomados secuencialmente dentro de la fase lineal de acumulación de forraje. El método aplicado en este trabajo se ajusta estrictamente al protocolo experimental y al modo de cálculo requeridos.

-Otras variables climáticas: se registraron la temperatura media del aire en la estación meteorológica de la Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, situada aproximadamente a 20 km del pastizal bajo estudio, y las precipitaciones en el mismo sitio experimental.

Análisis de la información

Todas las variables evaluadas fueron analizadas separadamente para cada periodo de rebrote. Los datos de acumulación de biomasa, grupos funcionales de plantas e interceptación de radiación se analizaron mediante análisis de varianza (procedimiento GLM, SAS, 1988). Se usó la sentencia LSMEANS con la opción PDIF para la comparación de los pares de medias ($p=0,05$). La ordenada al origen y pendiente (RUE) de las regresiones lineales entre biomasa acumulada y RFAi acumulada fueron comparadas mediante variables Dummy. Cuando la ordenada al origen no difirió de cero, la ecuación de regresión pasó por el origen. En caso contrario, dicha regresión no se forzó por el origen.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones ambientales

La temperatura media del aire fue estable y cercana a los 18°C durante todo el período experimental (17,8 + 3,2°C y 18,4 + 3,4°C para el primer y segundo periodo de rebrote, respectivamente). La radiación solar incidente promedio fue de 20,4 + 5,9 MJ m⁻² d⁻¹ para el primer rebrote y de 17,8 + 4,7 MJ m⁻² d⁻¹ para el segundo. El patrón de precipitaciones fue irregular, alcanzando valores de 150 y de 79 mm en el primer y segundo rebrote, respectivamente (figura 1).

Efectos del agua y/o nitrógeno sobre la composición florística

En ambos periodos de rebrote la proporción de grupos florísticos se vio marcadamente modificada por los tratamientos (figura 2a y 2b.), mientras que la remoción simultánea de las deficiencias hídrica y fosfo nitrogenada (PNA) determinó la disminución de la proporción de leguminosas en favor de las gramíneas C₃, en el primer rebrote, y de las C₄, en el segundo- El agregado de P y N (PN) produjo el mejor balance gramínea leguminosa en ambos periodos. Los tratamientos con P no limitante y sin N agregado (PA y P) presentaron una alta dominancia de leguminosas.

El tratamiento PNA alcanzó el IAF crítico y se mantuvo bajo alta competencia lumínica en alrededor de las dos terceras partes del primer rebrote (figura 3). Este fenómeno pudo favorecer a las gramíneas de porte erecto y tamaño potencial grande, características de estos pastizales en detrimento de las leguminosas, de menor capacidad para competir en este tipo de condiciones. La composición relativamente balanceada entre ambos grupos de especies observada en el tratamiento PN en ambos rebrotos pudo estar relacionada a que en ambos periodos los %Ri se mantuvieran por debajo del nivel crítico (95%) hasta avanzado el rebrote (figura 3a) o durante toda su duración (figura 3b). En tal sentido, si bien es esperable que el agregado de N genere un desplazamiento de las leguminosas por parte de las gramíneas, hecho generalmente atribuido a una mayor capacidad de captura de

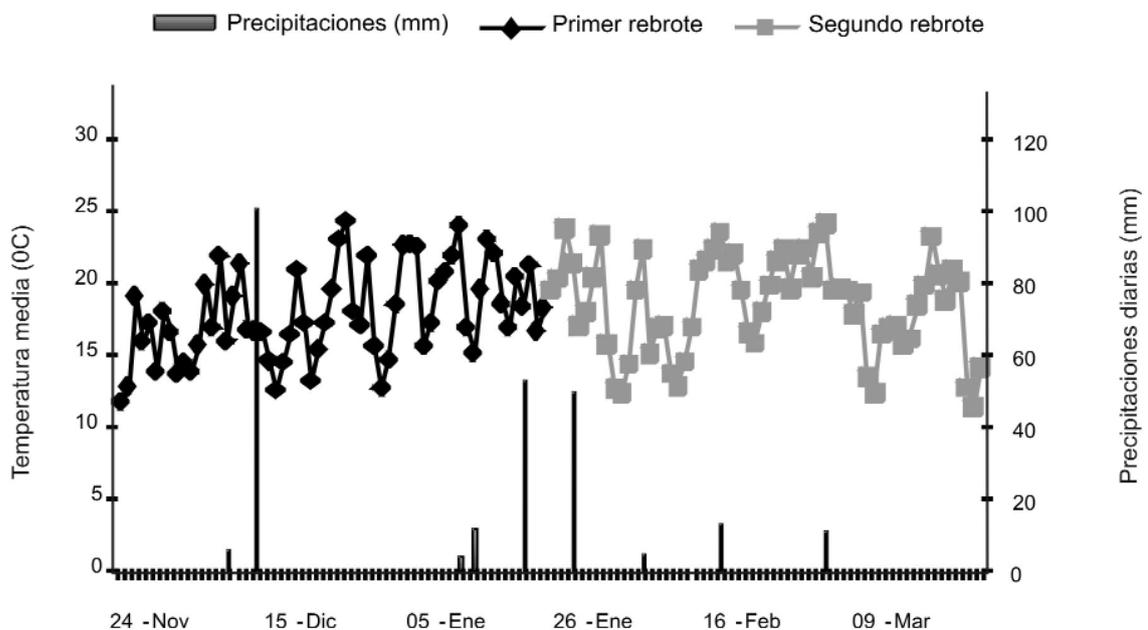


Figura 1. Temperatura media diaria (°C) y precipitaciones diarias (mm) durante el período experimental

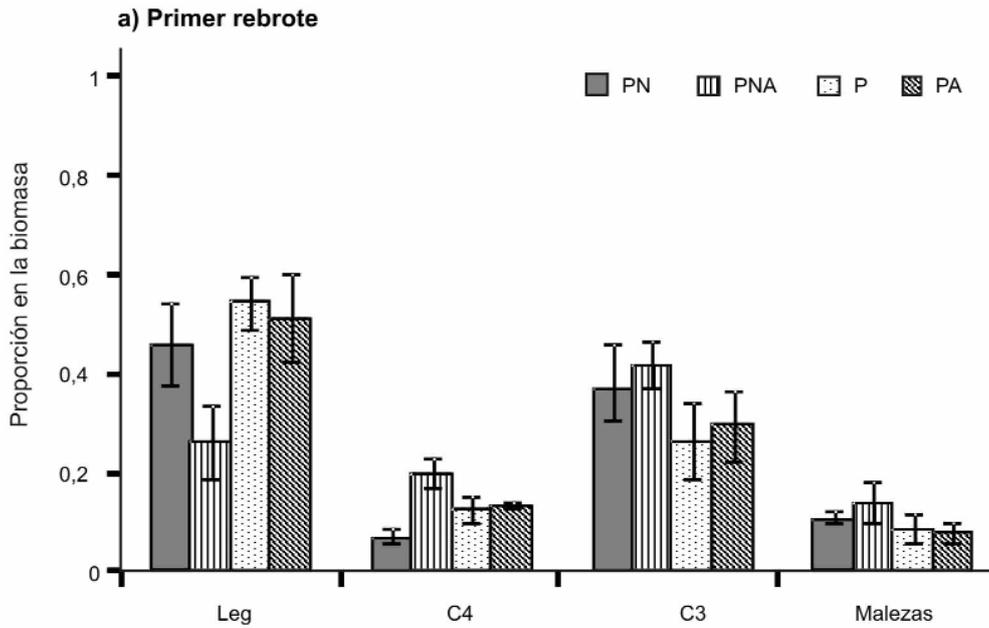


Figura 2a.

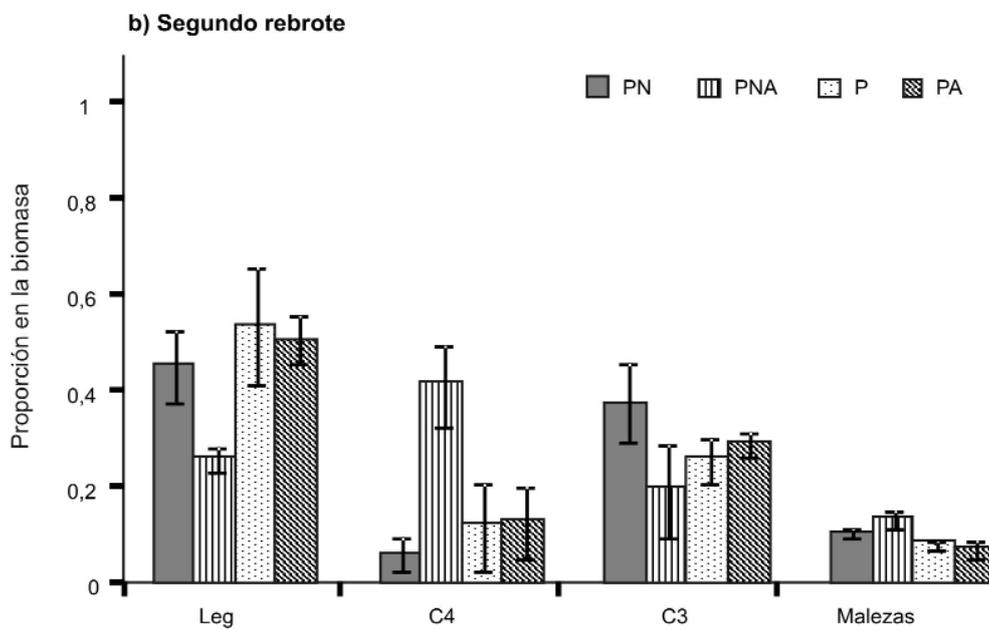


Figura 2b.

Figura 2a y 2b. Proporción en la biomasa aérea de los grupos funcionales leguminosas, gramíneas C4, gramíneas C3 y malezas de un pastizal natural bajo diferente disponibilidad de agua y nitrógeno en dos rebrotes del período estival

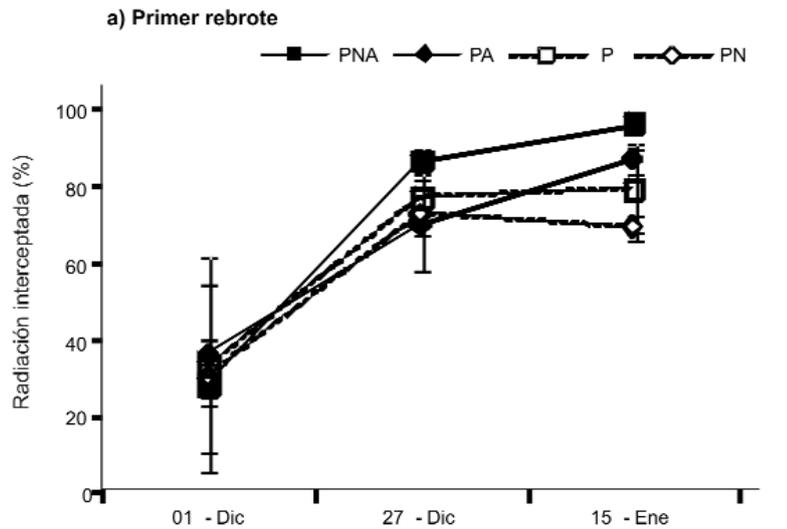


Figura 3a.

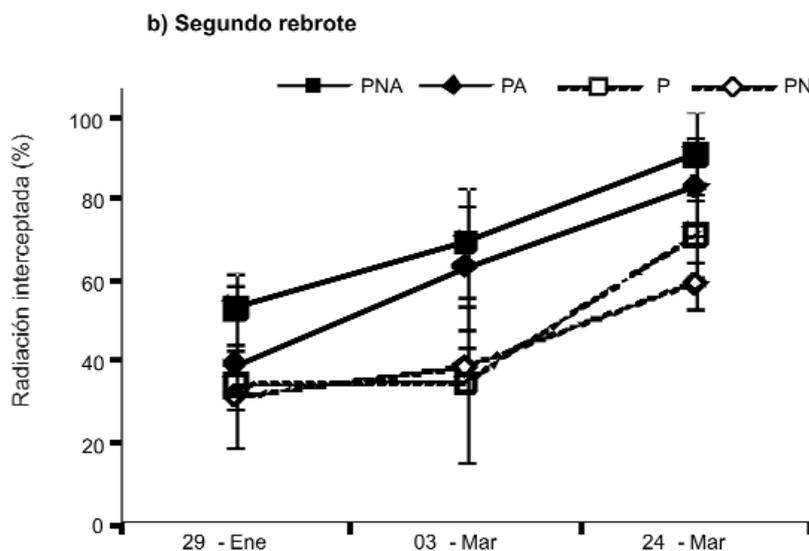


Figura 3b.

Figura 3a y 3b. Acumulación de forraje (kg MS.ha⁻¹) de un pastizal natural con diferente disponibilidad de agua y nitrógeno en dos períodos de rebrote estival

recursos de las gramíneas bajo alta disponibilidad de N (Fisher y Wilman, 1995; Whitehead, 1995), nuestros resultados sugieren que este desplazamiento de las leguminosas estaría asociado a que ocurran condiciones de cubierta densa y, por ende, de alta competencia lumínica, típicas de las etapas finales de un rebrote.

La remoción simultánea de las deficiencias hídrica y fosfo nitrogenada también afectó la relación entre gramíneas C₃ y C₄, determinando una predominancia de las primeras al inicio de verano (primer rebrote, figura 2a) y de las segundas al final de la estación (figura 2b). En contraposición, lo que generalmente se observa bajo condiciones naturales es una complementación estacional marcada entre gramíneas C₃ y C₄, siendo las primeras dominantes en la época fría y las segundas en la época cálida

(Sala *et al.*, 1981). Nuestros resultados evidencian que la baja contribución de gramíneas C₃ a la producción estival de los pastizales no sería un comportamiento exclusivamente fenológico, sino que estaría en alto grado controlada por la disponibilidad de recursos ambientales. Esta respuesta podría atribuirse, en parte, a que las gramíneas C₄ serían más competitivas en condiciones ambientales restrictivas, hecho asociado a su mayor eficiencia en el uso del agua y del N respecto de las especies C₃ (Volnec, 2007). Sin embargo, el adelanto fenológico de éstas últimas y su mantenimiento en la comunidad cuando las condiciones ambientales no son limitantes, explicarían fuertemente el desplazamiento competitivo observado debido al impedimento o restricción del inicio del rebrote primaveral de las especies C₄. El hecho de que las gramíneas C₄

resultaron también subordinadas por las leguminosas en los tratamientos sin agregado de N en ambos rebotes (PA y P, figuras 2a y 2b) sugiere que estas gramíneas serían altamente susceptibles de ser desplazadas de los pastizales naturales frente a condiciones favorables de disponibilidad de recursos ambientales.

Finalmente, los resultados sugieren que el incremento de la contribución de gramíneas C_3 en el pastizal mediante la fertilización fosfo nitrogenada invernal, situación a la que fueron sometidos todos los tratamientos en los dos años previos al presente ensayo (ver materiales y métodos), sólo atendería con el equilibrio entre especies C_3 (gramíneas + leguminosas) y C_4 si las condiciones hídricas y de fertilidad edáfica fueran muy favorables entre fines de primavera e inicio de verano, escenario ambiental que es poco probable en la región.

Efectos del agua y/o nitrógeno sobre la producción de forraje

En el primer rebrote, el tratamiento PNA mantuvo tasas próximas a los 100 kg MS $ha^{-1} d^{-1}$, mientras que la tasa de crecimiento promedio del tratamiento P fue menor a la mitad (figura 4a). De manera similar, en el segundo rebrote las tasas de crecimiento alcanzaron los niveles máximos hacia el final del período con valores del orden de 90 y 30 kg MS $ha^{-1} d^{-1}$ para PNA y P, respectivamente (figura 4b). De manera consistente, las tasas de crecimiento de los tratamientos PA y PN fueron intermedias entre los tratamientos extremos. En el primer rebrote, las tasas máximas de PA y PN fueron próximas a los 80 kg MS $ha^{-1} d^{-1}$ declinando hacia el final del rebrote a valores de 70 y 55 kg MS $ha^{-1} d^{-1}$, respectivamente (figura

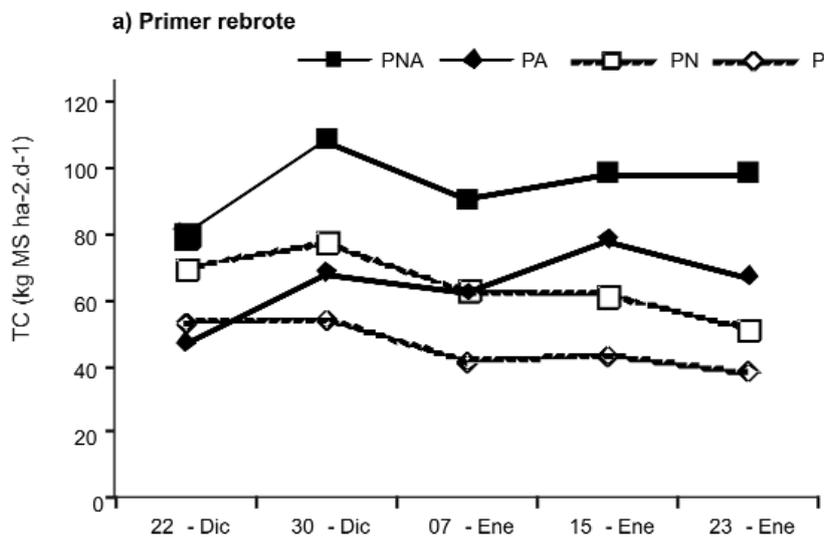


Figura 4a.

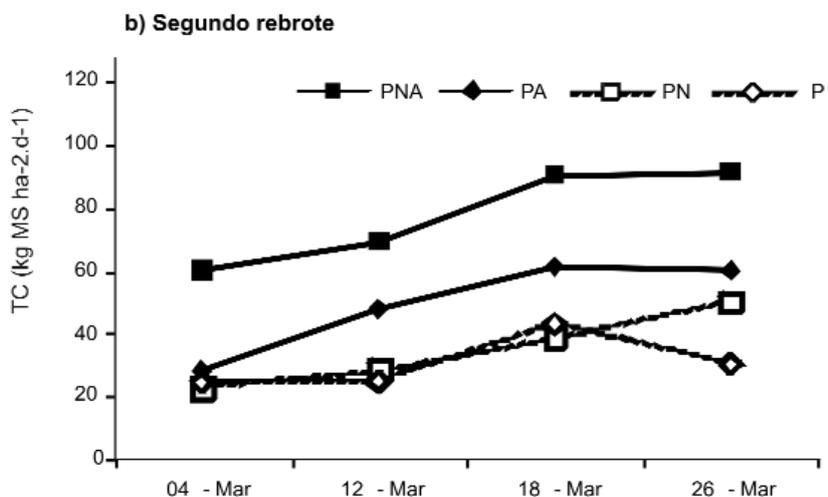


Figura 4b.

Figura 4a y 4b. Evolución de las tasas de crecimiento de un pastizal natural con diferente disponibilidad de agua y nitrógeno en dos períodos de rebrote estival.

4a). En el segundo, el tratamiento PA superó las tasas de crecimiento del tratamiento PN, alcanzando en la última fecha valores de 60 y 50 kg MS ha⁻¹ d⁻¹. En general, la disminución del crecimiento de forraje asociada a restricciones nutricionales e hídricas son consecuencia, en alto grado, de una limitación a nivel de la expansión foliar de los individuos que conforman las poblaciones de una cubierta vegetal (Gastal y Nelson, 1994).

En ambos períodos los tratamientos extremos se diferenciaron en forma neta, indicando una capacidad potencial de producción de forraje casi tres veces superior res-

brado balance gramínea/leguminosa, tal como se señaló previamente (figura 2). La productividad observada en el tratamiento PN es similar a la productividad anual estimada bajo condiciones naturales por los autores referidos en el párrafo anterior. Estos resultados muestran que los pastizales ricos en leguminosas y manejados con adecuada disponibilidad de P pueden alcanzar una producción primavero estival de forraje que puede ser de alto valor para estabilizar la oferta de forraje en cadenas forrajeras.

Análisis del crecimiento

La evolución de la intercepción de radiación (%Ri) mos-

Tratamiento	Primer rebrote	Segundo rebrote	Producción estival total
PNA	6200 a	5585 a	11785 a
PA	4143 ab	3691 ab	7834 ab
PN	3211 bc	3061 ab	6272 b
P	2432 c	1859 b	4291 c

Comparación entre tratamientos. Letras iguales indican que los tratamientos no difieren ($p < 0,05$)

Tabla 3. Acumulación de forraje (kg MS.ha⁻¹) de un pastizal natural con diferente disponibilidad de agua y nitrógeno en dos períodos de rebrote estival

pecto del tratamiento P, desarrollado bajo condiciones naturales de disponibilidad de A y N, no detectándose en ningún período diferencias significativas entre los tratamientos PA y PN (tabla 3). Los resultados indican una producción potencial estival total que superaría las 10 tn MS ha⁻¹ (tabla 3). Hasta lo que se ha revisado, estos resultados constituyen la primera referencia en cuanto al potencial productivo de estos pastizales.

El tratamiento P, el cual presentó una elevada dominancia de leguminosas (figura 2), alcanzó una producción estival de forraje superior a las 4 tn MS ha⁻¹ (tabla 3). Este valor puede considerarse elevado para una producción estacional de forraje, teniendo en cuenta que las estimaciones de producción total anual para este tipo de pastizales en condiciones naturales rondan las 5 6 tn MS ha⁻¹ (Sala *et al.*, 1981; Hidalgo y Cahuépe, 1991). Los resultados son alentadores en cuanto al potencial de mejora productiva que es posible lograr mediante la promoción de leguminosas a través de manejos adecuados de fertilidad edáfica y pastoreo.

Por último, se destaca la marcada superioridad productiva del tratamiento PN respecto del P (alrededor de 2 tn MS ha⁻¹, Tabla 3), la cual estuvo sustentada en un equili-

tró que todos los tratamientos alcanzaron los niveles máximos alrededor de 50 días desde el inicio del primer rebrote y de los 60 días del segundo (figura 3). El máximo %Ri del tratamiento PNA superó en un 30 y 35% al tratamiento P en el primer y segundo rebrote, respectivamente. El tratamiento P no superó niveles subcríticos de %Ri, siendo menores al 70% en ambos períodos de rebrote.

El tratamiento PNA acumuló 400 MJ m⁻² de RFAi en el primer rebrote, y aproximadamente 25% menos en el segundo, mientras que el tratamiento P presentó mucho menor captura de radiación, con aproximadamente 300 MJ m⁻² y menos de 200 MJ m⁻² en el primer y segundo rebrote, respectivamente (figura 5a y 5b). En comparación con el tratamiento P, la adición de N no mejoró la captura de radiación, mientras que la adición de agua aumentó significativamente la RFAi, especialmente en el segundo rebrote.

La ordenada al origen de las regresiones lineales presentadas en la figura 5, no difirió de cero a excepción de los tratamientos sin agua adicional en el primer rebrote. Ello pudo ocurrir debido a que, como fue mencionado, ambos tratamientos mostraron un ritmo inicial de acumulación de forraje (hasta los primeros días de enero, figura 4a) que posteriormente no pudieron sostener debido,

probablemente, a la disminución del contenido hídrico del suelo asociado a la ausencia de lluvias (figura 1).

La EUR del tratamiento PNA para el primer y segundo rebrote alcanzó valores de 1,55 y 1,64 g MS MJ⁻¹, respectivamente (figura 5a y 5b). Estos pueden considerarse menores a los esperables para pasturas puras de gramíneas C₃ o C₄ bajo condiciones ambientales no limitantes: del orden de 1,7 a 2,2 g MS MJ⁻¹ para las C₃ y 2,5 g MS MJ⁻¹ para las C₄ (Gosse *et al.*, 1986; Belanger, 1990). En las leguminosas, en cambio, los valores potenciales esperables son menores, del orden de 1,7 (Gosse *et al.*, 1986; Collino *et al.*, 2007; Teixeira *et al.*, 2008) encontrándose valores aún menores, en el rango de 0,5 a 1,0 g MS MJ⁻¹ que son atribuidos a variaciones en la partición de MS hacia raíces (Sinclair y Muchow, 1999; Brown *et al.*, 2006). Así, los niveles de EUR encontrados bajo condiciones aproximadamente no limitantes para el crecimiento son coherentes con la combinación de los grupos funcionales de especies que coexisten en el pastizal estudiado.

El aumento en la producción de forraje del tratamiento PNA en comparación con el tratamiento P puede deberse a un incremento en la EUR, a un incremento en la RFAi acumulada por el cultivo (dada por un mayor desarrollo del área foliar), o a un incremento parcial de ambos. En la figura 6 se presenta un esquema para el cálculo de tales proporciones para dos tratamientos cualquiera, A y B. La proporción explicada por la EUR surge del cociente entre diferencias de biomasa acumulada señalada como [c-b]/[a-b], mientras que la propor-

ción que explica la RFAi se obtiene a partir del cociente entre diferencias de biomasa acumulada señalada como [a-c]/[a-b] en la misma figura.

En el primer rebrote, la caída en la EUR entre los tratamientos extremos (PNA y P) explicó alrededor del 70% de las diferencias productivas entre ambos. Estas respuestas son generalmente asociadas al efecto negativo de las limitaciones ambientales sobre la eficiencia fotosintética de las plantas (Belanger *et al.*, 1992), sobre las pérdidas por respiración y/o sobre la partición de asimilados hacia el sistema radical. El menor efecto observado en la RFAi acumulada, la cual cayó sólo un 30%, indica que las restricciones al crecimiento habrían ocurrido posteriormente a que las cubiertas desarrollaran un IAF relativamente alto, hecho que es consistente con las lluvias ocurridas al inicio del período (figura 1). Los tratamientos PNA y PA fueron similares en cuanto a la EUR, difiriendo sólo en la cantidad de RFAi acumulada, indicando que la restricción nitrogenada operó exclusivamente a nivel de la expansión foliar. En cambio, en el tratamiento PN la limitación fue más severa, afectándose no sólo la RFAi acumulada sino también la EUR. Esta mayor severidad generada por la falta de agua, aún en condiciones de alto suministro de P y N, reflejaría una situación de estrés múltiple resultante del déficit hídrico per se, de un efecto secundario sobre la disponibilidad edáfica de ambos minerales y de su captura por parte de las plantas (González Dugo *et al.*, 2005). Los tratamientos PN y P no difirieron en RFAi mientras que PN duplicó la EUR de P. Esta última información corrobora resultados encontrados en la literatura que señalan el marcado efecto de la deficiencia de N sobre la EUR (Gastal y Lemaire, 2002).

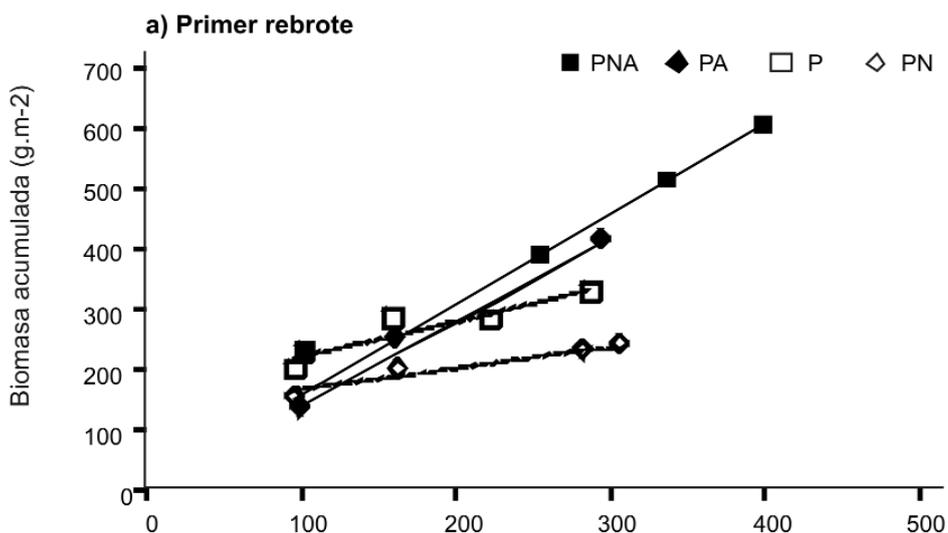


Figura 5a.

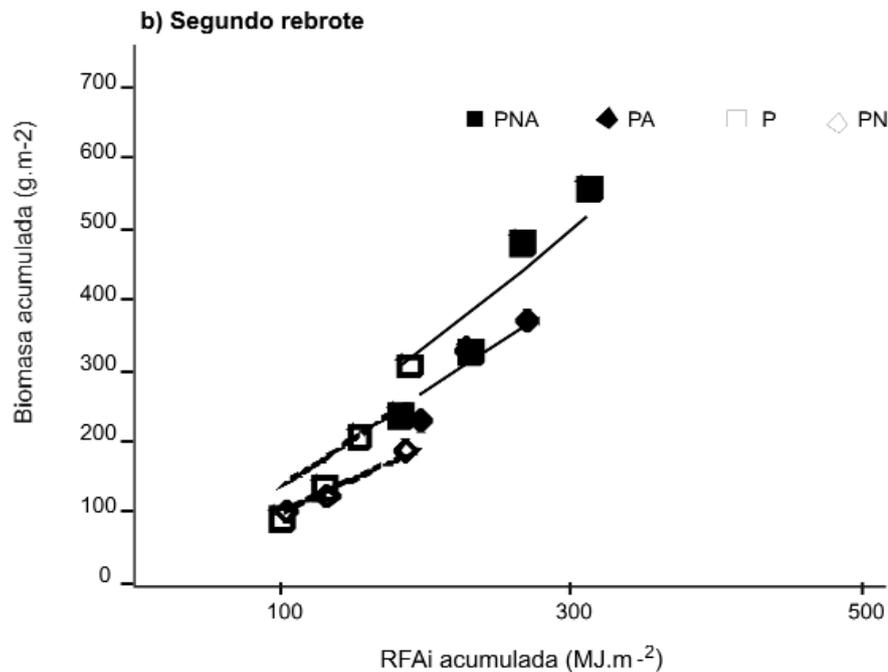


Figura 5b.

Figura 5. Eficiencia de uso de la radiación interceptada (EUR) en un pastizal natural bajo diferentes niveles de disponibilidad hídrica y nitrogenada. **(a)** Primer rebrote. Las ecuaciones de regresión lineal y r^2 para los distintos tratamientos son: PNA: $y = 1,55x$; $r^2 = 0,94$; PA: $y = 1,38x$; $r^2 = 0,95$; PN: $y = 0,60x + 159$; $r^2 = 0,85$; P: $y = 0,34x + 133$; $r^2 = 0,93$. **(b)** Segundo rebrote. Las ecuaciones de regresión lineal y r^2 para los distintos tratamientos son: PNA: $y = 1,64x$; $r^2 = 0,83$; PA: $y = 1,33x$; $r^2 = 0,82$; PN: $y = 1,32x$; $r^2 = 0,74$; P: $y = 0,95x$; $r^2 = 0,96$.

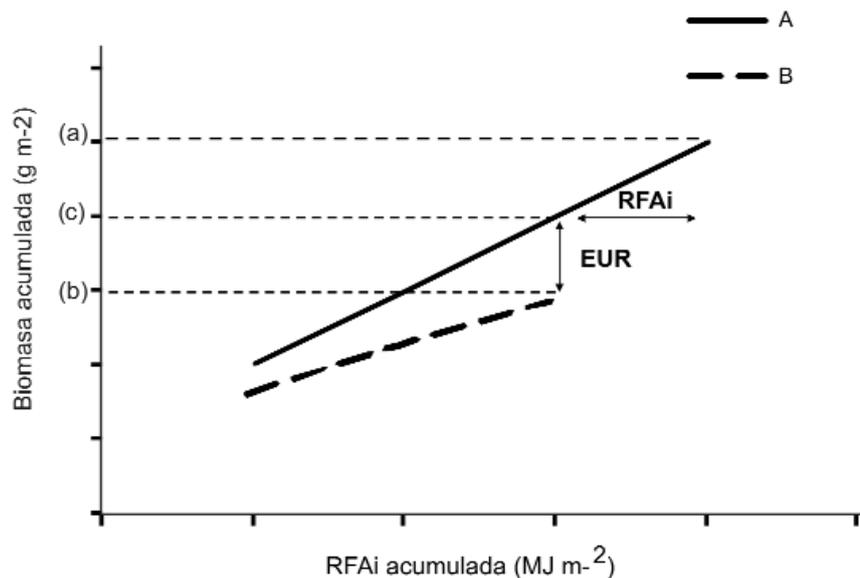


Figura 6. Aumento en la producción de forraje del tratamiento A en comparación con el tratamiento B explicado por un incremento en la EUR y en la RFAi acumulada por el cultivo. (a) Acumulación máxima de biomasa del tratamiento A; (b) Acumulación máxima de biomasa del tratamiento B; (c) Acumulación de biomasa del tratamiento A cuando el tratamiento B llega a su acumulación máxima.

Contrariamente a lo ocurrido en el primer rebrote, la reducción en la cantidad de RFAi acumulada explicó aproximadamente el 70% de las diferencias productivas entre los tratamientos extremos durante el segundo rebrote. La falta de lluvias (figura 1), sumada al agotamiento del agua disponible en el suelo durante el período de crecimiento previo, habrían generado condiciones

de estrés hídrico mucho más severas que explicarían la reducida interceptación de radiación observada desde las etapas iniciales del segundo rebrote (figura 5b). En el tratamiento regado (PA), el efecto negativo sobre la RFAi se redujo marcadamente, explicando alrededor de un 40% de la reducción de producción de forraje respecto del tratamiento PNA. El mayor efecto de la EUR observado en

el tratamiento PA en este período respecto del primero podría deberse a que la disponibilidad de N nativo (proveniente de la mineralización de la MO) sería menor que en el primer rebrote. La falta de agua (tratamiento PN) afectó muy fuertemente la RFAi acumulada y, por ende, el desarrollo del IAF, explicando este componente prácticamente toda la diferencia productiva observada con el tratamiento no restringido (PNA).

En ambos rebrotes el efecto inherente al agua fue consistentemente mayor que el del nitrógeno, indicando que este habría sido el principal factor limitante del crecimiento del pastizal en el período estival. Es sabido que el déficit hídrico es un fenómeno que provoca, además, déficit nutricional (Garwood, 1967). Ello es así debido a que, particularmente en suelos no disturbados, los aportes de nutrientes provenientes de la mineralización de la MO se concentran en los primeros centímetros del suelo, los cuales se secan más rápidamente restringiendo la absorción de N por las raíces inclusive antes que se restrinja la absorción del agua en sí misma (Lemaire y Denoix, 1987; Durand *et al.*, 1997). En este contexto, el uso del nitrógeno por las plantas habría resultado un proceso subordinado a la disponibilidad y distribución del agua en el suelo, lo cual es coherente con el menor efecto del agregado de nitrógeno en seco (tratamiento PN) sobre el crecimiento estival del pastizal relativo al efecto del riego (PA). Similares resultados fueron encontrados por Akmal y Janssens (2004), quienes detectaron que la disponibilidad insuficiente de agua fue el factor más crítico para el crecimiento de raigrás perenne que el suministro insuficiente de nitrógeno.

CONCLUSIONES

Las deficiencias de agua y nitrógeno limitaron fuertemente la acumulación de forraje del pastizal natural durante el período primavero-estival. Esta limitación fue el resultado de tres factores principales: (i) la baja contribución de gramíneas a la biomasa total en respuesta a ambas deficiencias; (ii) la restricción de la cantidad de RFAi y consecuentemente, de RFA absorbida; y (iii) la reducción de la eficiencia de uso de la radiación por ambos factores.

Este último punto remarca el hecho de que la eficiencia de uso de la radiación de un pastizal natural es una variable altamente sensible. Los resultados del presente trabajo pusieron en evidencia variaciones de significativa magnitud frente a cambios en la composición florística y en la disponibilidad de recursos para el crecimiento, aún en cortos períodos de tiempo, tal como el período de rebrote estival estudiado.

BIBLIOGRAFÍA

AKMAL, M.; JANSSENS, M.J. 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting

water and nitrogen supplies. *Field Crop Research* 88, 143-155.

BELANGER, G. 1990. Incidence de la fertilization azotée et la saison sur la croissance, l'assimilation et la repartition de carbone dans une couvert de fétuque élevée en conditions naturelles. Thesis D.Sc. Université de Paris Sud, Paris. 164 p.

BELANGER, G.; GASTAL, F.; LEMAIRE, G. 1992. Growth analysis of tall fescue sward fertilised with different rates of nitrogen. *Crop Science* 32, 1371-1376.

BROWN, H.E.; MOOT, D.J.; TEIXEIRA, E.I. 2006. Radiation use efficiency and biomass partitioning of Lucerne (*Medicago sativa*) in a temperate climate. *European Journal of Agronomy* 25, 319-327.

COLLINO, D.; DARDANELLI, J.; DE LUCA, M. 2007. Uso del agua y la radiación para la producción de forraje. En: BASIGALUP, D.H. (Ed.). El cultivo de alfalfa en la Argentina. Buenos Aires, Ediciones INTA, pp. 47-65.

DURAND, J.L.; GASTAL, F.; ETCHEBEST, S.; BONNET, A.C.; GHESQUIÈRE, M., 1997. Interspecific variability of plant water status and leaf morphogenesis in temperate forage grasses under summer water deficit. *European Journal of Agronomy* 7, 99-107.

FISHER, A.; WILMAN, D. 1995. Effect of interval between harvests and spring-applied fertilizer N on the growth of white clover in a mixed sward. *Grass and Forage Science* 50, 162-171

GARWOOD, E.A. 1967. Seasonal variation in appearance and growth of grass roots. *Grass and Forage Science* 22, 121-130.

GASTAL F.; DURAND J.L. 2000. Effects of nitrogen and water supply on N and C fluxes and partitioning in defoliated swards. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; DE MORAES, A.; F. CARVALHO, P.C.; NABINGER., C. (Eds.). *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. CABI Publishing, Oxon (G.B.), pp. 15-39.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G. 2002. Nitrogen uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *Journal Experimental Botany* 53, 789-799.

GASTAL, F.; NELSON, C.J. 1994. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. *Plant Physiology* 105, 191-197.

GONZALEZ DUGO, V.; DURAND, J.L.; GASTAL, F.; PICON-COCHARA, C. 2005. Short-term response of the nitrogen nutrition status of tall fescue and Italian ryegrass swards under water deficit. *Australian Journal of Agricultural Research* 56, 1269-1276.

GOSSE, G.; VARLET-GRANCHER, C.; BONHOMME, R.; CHARTIER, M.; ALLIRAND, M.J.; LEMAIRE, G. 1986. Production maximale de matière sèche et rayonnement

solaire intercepté par un couvert vegetal. *Agronomie* 6, 47-56.

HIDALGO, L.G.; CAHUEPÉ, M.A. 1991. Producción de forraje de comunidades forrajeras de la Pampa Deprimida. *Revista CREA* 149, 58-62.

LEMAIRE G.; DENOIX, A. 1987. Croissance estivale en matière sèche de peuplements de fétuque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb.) et de dactyle (*Dactylis glomerata* L.) dans l'Ouest de la France. II - Interaction entre les niveaux d'alimentation hydrique et de nutrition azotée. *Agronomie* 7, 381-389.

LEMAIRE, G.; AGNUDEI, M. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency herbage utilisation. In: LEMAIRES, G.; HODGSON, J.; DE MORAES, A.; F. CARVALHO, P.C.; NABINGER, C. (Eds.). *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*, CABI Publishing, Oxon (G.B.).

LATTANZI, F.A.; AGNUSDEI, M.G.; RODRÍGUEZ PALMA, R.; SCHNYDER, H. 2006. Nitrogen loading and the C3/C4 balance in grazed grasslands. *Grassland Science in Europe* 11, 820-822.

LEÓN, R.J.C. (1975). Las comunidades herbáceas de la región Castelli-Pila. Comisión de Investigaciones Científicas, La Plata (Argentina). Monografía N.º 5. p. 75-107.

McGAIG, A.E.; GLOVER, A.; PROSSER, J.I. 1999. Molecular analysis of bacterial community structure and diversity in unimproved and improved upland grass pasture. *Applied and Environmental Microbiology* 65, 1721-1730

MONTEITH, J.L. 1977. Climate and the efficiency of crop production. In: *Britain.Phil.Trans.Royal Society*, London. 28, 277-294.

NIU, S.; LIU, W.; WAN, S. 2008. Different growth responses of C3 and C4 grasses to seasonal water and nitrogen regimes and competition in a pot experiment. *Journal of Experimental Botany* 59, 1431-1439.

ONILLON B.; DURAND J.L.; GASTAL F.; TOURNEBIZE, R. 1995. Drought effects on growth and carbon partitioning in a tall fescue sward grown at different nitrogen rates. *European Journal of Agronomy* 4, 91-100

PERELMAN, S.B.; LEÓN, R.J.C.; OESTERHELD, M. 2001. Cross-Scale vegetation patterns of flooding Pampa grassland. *Journal Ecology* 89, 562-577.

RODRÍGUEZ PALMA, R.; MAZZANTI, A.; AGNUSDEI, M.; FERNÁNDEZ GRECCO, R. 1999. Fertilización nitrogenada y productividad animal en pastizales bajo pastoreo continuo. *Revista Argentina de Producción Animal* 19, 301-310.

SALA, O.; DEREGIBUS, V.A.; SCHLICHTER, T.; ALIPE, H. 1981. Productivity dynamics of a native temperate grassland in Argentina. *Journal of Range Management* 34, 48-51.

SAS. 1988. SAS user's guide, release 6.03 edition. Statistical Analysis System Institute. Cary, North Caroline, USA.

SINCLAIR, R.T.; MUCHOW, R.C. 1999. Radiation Use Efficiency. *Advances in Agronomy* 65. Academic Press. pp 215-265.

SKINNER, H.R.; HANSON, J.D.; HUTCHINSON, G.L.; SHUMAN, G.E. 2002. Response of C³ and C₄ grasses to supplemental summer precipitation. *Journal of Range Management* 55, 517-522.

TEIXEIRA, E.I.; MOOT, D.J.; BROWN, H.E. 2008. Defoliation frequency and season affected radiation use efficiency and dry matter partitioning to roots of lucerne (*Medicago sativa* L.) crops. *European Journal of Agronomy* 28, 103-111.

VARLET GRANCHER, C.; GOSSE, G.; CHARTIER, M.; SINOQUET, H.; BONHOMME, R.; ALLIRAND, J.M. 1989. Mise au point: rayonnement solaire absorbé ou intercepté par un couvert végétal. *Agronomie* 9, 419-439

VOLENEC, J.J. 2007. Physiology of forage plants. In: BARNES, R.F.; NELSON, C.J.; MOORE, K.J.; COLLINS, M. (Eds.), Chapter 3. *Forages: The science of grassland agriculture*. 6th edition. Blackwell Publishing. pp. 37-54.

WEDIN, D.A.; TILMAN, D. 1996. Influence of nitrogen loading and species composition on the carbon balance of grasslands. *Science* 274, 1720-1723.

WHITEHEAD, D. C. 1995. *Grassland nitrogen*. CAB INTERNATIONAL Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK.

Comparación entre observaciones meteorológicas obtenidas de estaciones convencionales y automáticas a partir de la estimación de parámetros estadísticos

GATTINONI, N¹ ; BOCA, T^{1,2} ; REBELLA, C¹ y DI BELLA, C¹

RESUMEN

La información meteorológica resulta de gran utilidad en distintas disciplinas como la agronomía y la hidrología, entre otras. La observación de variables y fenómenos meteorológicos se lleva a cabo en Estaciones Meteorológicas Convencionales (EMC) asistidas por un observador capacitado. En los últimos años, el uso de Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) ha experimentado un incremento significativo. La Organización Mundial Meteorológica las define como "las estaciones en las cuales las observaciones son realizadas y transmitidas automáticamente". El objetivo de este trabajo fue comparar la calidad de los datos provenientes de ambas estaciones a partir de la estimación de distintos parámetros estadísticos. El análisis comprendió los datos de temperatura del aire y precipitación registrados durante el año 2007 por tres estaciones meteorológicas (una convencional y dos automáticas) a escala diaria y mensual. Los estimadores de parámetros estadísticos resultaron similares entre las estaciones, especialmente los calculados a partir de los datos de temperatura. Los valores acumulados anuales y extremos de precipitación fueron los que mostraron mayores diferencias. Se destaca la importancia del intervalo de medición de precipitación utilizado en cada tipo de estación y el entorno en el que se encuentran las mismas. Se propone como un objetivo a futuro, extender el periodo de análisis para evaluar la generalidad y la significancia de los resultados encontrados.

Palabras clave: Estaciones Convencionales, Estaciones Automáticas, Comparación, Temperatura, Precipitación.

ABSTRACT

Meteorological information is useful in various disciplines such as agronomy or hydrology among others. The observation of meteorological variables and phenomena is carried in conventional meteorological stations assisted by a trained observer. In recent years, the use of automatic meteorological stations has experienced a significant increase. The World Meteorological Organization defines as "the stations at which

¹ Inst. Clima y Agua. CIRN INTA Castelar, Las Cabañas y Los Reseros s/n (1712), Castelar, Buenos Aires, Argentina. Correo: ngattinoni@cni.inta.gov.ar

² Dto. de Métodos Cuantitativos y Sistemas de Información, FAUBA.

Recibido 07 de septiembre de 2010// Aceptado 15 de diciembre de 2010// Publicado online 05 de enero

observations are made and transmitted automatically." The aim of this study was to compare the quality of data gathered from both stations from the estimation of various statistical parameters. The analysis included data of air temperature and precipitation throughout the year 2007 by three weather stations simultaneously (one conventional and two automatic) at daily and monthly scales. The different estimators were similar between the stations. The annual cumulative values of precipitation and extremes were those who showed greater differences. Is proposed as a future goal, extending the period of analysis to assess the generality and significance of the results.

Key words: *Conventional Stations, Automatic Stations, Comparison, Temperature, Precipitation.*

INTRODUCCIÓN

La información meteorológica resulta de gran utilidad para el análisis del estado del tiempo presente, preparación de pronósticos y alertas meteorológicas; estudios agroclimatológicos; preparación de operaciones dependientes del tiempo (e.g. trabajos en construcciones, aeródromos); aplicaciones en temáticas asociadas a la hidrología o la agronomía (Magrin *et.al.* 1991, Rebella *et.al.* 1984, Rebella *et.al.* 1999), etc.

Desde la fundación de la Oficina Meteorológica Argentina en el año 1872 hasta la actualidad, las observaciones de variables y fenómenos atmosféricos que caracterizan el estado del tiempo (temperatura, precipitación, nubosidad, tormentas, nieblas, etc.) se han llevado a cabo en estaciones meteorológicas convencionales (EMC). Las mismas se encuentran asistidas por personal capacitado (observador meteorológico) quien realiza las mediciones de: temperatura del aire, dirección y velocidad del viento, presión, precipitación, humedad del aire y radiación, etc. El observador cumple varias funciones: realización de observaciones meteorológicas; mantenimiento de los instrumentos y del sitio de observación de forma tal que resulten en buen orden, y cambio de fajas de los distintos instrumentos, entre otras (OMM, 2008).

De acuerdo a los objetivos y fines para los que fue implantada una estación meteorológica, existen diversos tipos de observaciones. Se pueden destacar aquellas que se efectúan para estudios climatológicos y para el análisis de la evolución meteorológica (sinópticas). Es importante que las observaciones sean sincrónicas y continuadas durante un lapso importante de tiempo de manera que puedan utilizarse en cualquier estudio o investigación.

La Organización Mundial Meteorológica (OMM) ha establecido horas fijas en las cuales las estaciones meteorológicas climáticas deben realizar las observaciones. Estas son: 12:00, 18:00 y 24:00 UTC (tiempo universal coordinado) y se caracterizan por ser obligatorias para de esta forma mantener la consistencia y la calidad de los datos que se incorporan a las bases históricas.

En los últimos años se aprecia un incremento en el uso de Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA), espe-

cialmente en el ámbito agrícola e hidrológico, donde algunas de las aplicaciones específicas son sistemas de alertas de heladas y de plagas; alerta temprana de crecida en distintos ríos, etc (Fernández *et.al.* 1987, Elinger 1990). La OMM (1992) las define como "las estaciones en las cuales las observaciones son realizadas y transmitidas automáticamente". A pesar de su automatización, se requiere que las EMA sean asistidas por personal para poder detectar, por ejemplo, fallas de comunicación, de instrumentación y para poder actuar de forma ágil de manera tal que no se produzcan pérdidas de registros extensos. Este tipo de estación está formada por instrumentos meteorológicos y por una unidad central de adquisición de datos, la cual permite realizar mediciones durante las 24 horas. Las características que debe cumplir el sitio en el cual se emplazarán las EMA son semejantes a las que se aplican para la EMC, OMM (1993). Según la OMM (2008), las EMA pueden ser utilizadas para incrementar el número de observaciones meteorológicas, aumentar la densidad de una red de estaciones ya existente para proveer datos ya sea desde nuevos sitios, como de lugares de difícil acceso; suplementar, en el caso de estaciones asistidas, los datos fuera de las horas de trabajo normales; mejorar la fiabilidad de las mediciones utilizando sofisticada y moderna tecnología y mediciones digitales; asegurar la homogeneidad de la red de estaciones, y satisfacer nuevas necesidades y requerimientos observacionales y reportes con alta frecuencia y continuidad (las 24 hs del día los 365 días del año).

Para establecer el uso de una EMA como alternativa equivalente a una EC, es necesario realizar previamente un estudio comparativo basado en una serie histórica de observaciones meteorológicas. La OMM (1989) propone como intervalo mínimo de tres años en el cual funcionen los dos sistemas en paralelo. La sustitución de los instrumentos del tipo manual por los automáticos debería efectuarse una vez que se haya realizado una evaluación simultánea de ambas series de datos; para que los nuevos valores registrados se acoplen a las series históricas.

En función de lo antes expuesto y en virtud del creciente incremento en el uso de EMA, se propuso como objetivo de este trabajo comparar la calidad de la información obtenida en forma simultánea por EMC y EMA, a través

de la estimación de distintos parámetros de posición, dispersión de datos y confiabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos

Para la realización de este trabajo se contó con series de datos de una EMC (Banco de datos agrometeorológicos del Instituto de Clima y Agua) y de dos EMA, debajo descritas, que durante el año 2007 funcionaron simultáneamente en el Instituto de Clima y Agua del INTA Castelar. Se seleccionaron para este estudio aquellas variables de mayor demanda en las aplicaciones agrometeorológicas tales como la temperatura del aire y la precipitación. Se trabajó con valores medios, máximos y mínimos de temperatura y acumulados de precipitación mayores a 0 mm, en dos escalas temporales: diaria y mensual. Se consideraron sólo los datos medidos durante todo el año 2007 dado que en este periodo se solaparon las mediciones de las tres estaciones. Se buscaron datos erróneos y se contabilizó la cantidad de datos faltantes que no superaron el 10% del total (Buishand, 1982). Especialmente, los datos ausentes de las estaciones automáticas se observaron durante los meses de diciembre y enero y esto podría asociarse a la falta de mantenimiento durante esa temporada.

Características de las estaciones meteorológicas utilizadas

En el Observatorio de Castelar del INTA se realizan mediciones en tres horarios: 12:00, 18:00 y 24:00 horas. Se obtienen datos diarios y horarios de distintas variables, éstos últimos a partir de instrumentos registradores como Termohigrógrafo y Pluviógrafo. Los datos meteorológicos seleccionados para este estudio fueron: temperatura del aire a 150 cm. y precipitación (precisión de la medición de 0.1 mm). En este tipo de estación la precipitación diaria es obtenida a partir de la acumulación de agua caída en el pluviómetro desde las 9 hs de un día y las 9 hs del día siguiente asignando el valor registrado al primer día, a este lapso de tiempo se lo denomina: día pluviométrico. La información de la precipitación horaria se obtiene a partir de la faja del pluviógrafo permitiendo obtener el valor acumulado durante el periodo de 0-24 hs. Cabe destacar que en las EMC la principal medida de precipitación se realiza durante el día pluviométrico y esta es una característica que hace la diferencia con las demás estaciones, ya que las EMA efectúan los registros de precipitación diaria desde las 0 hs hasta las 24 hs. Esto último se relaciona con los intervalos de muestreo y almacenaje programados en cada EMA, permitiendo en algunos casos poder obtener el valor de precipitación acumulada durante el día pluviométrico.

La EMA marca Campbell fue puesta en funcionamiento en noviembre del año 2005 en un predio próximo al Instituto de Clima y Agua y en las inmediaciones del Observatorio, a través de un proyecto de investigación

conjunta llevado a cabo por investigadores del INTA y de la FAUBA. Las variables son registradas cada segundo y almacenadas en dos intervalos de tiempo: 15 minutos y 24 hs. Presenta el valor promedio de la temperatura para ambos intervalos y en cuanto a la precipitación se almacena sólo el valor acumulado entre las 0 hs y las 24 hs del día (precisión de la medición de 0.254 mm).

La EMA marca Davis funciona en el Instituto de Clima y Agua del INTA Castelar desde noviembre de 2006. Las variables son registradas cada segundo y presentadas en un intervalo de muestreo de 10 minutos, almacenándose los valores promedios de temperatura y el valor acumulado de la precipitación (precisión de la medición de 0.2 mm).

Dado que la lluvia es medida en distintos lapsos de tiempo, se tomó como criterio considerar sólo la lluvia acumulada durante el periodo de 0 a 24 hs, dado que este valor era presentado por las tres estaciones.

Análisis realizados

Se realizó un análisis descriptivo de las variables de cada una de las estaciones a través de gráficos y de la estimación de distintos parámetros de posición, dispersión y asociación.

Se incluyó también el cálculo del Coeficiente de Inconsistencia, definido por Colotti *et.al* (2003), quienes encontraron que este índice puede ser adecuado para evaluar la calidad de las mediciones simultáneas (automáticas y convencionales) de distintas variables meteorológicas.

El Coeficiente de Inconsistencia se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$C_I = \frac{V(X - X^*)}{V(X) + V(X^*)}$$

donde "V" representa el operador estadístico-matemático de la varianza; X, el valor de la variable a partir de la medición automática y X* el valor de la variable a partir de la medición convencional.

Este coeficiente varía entre 0 (muestras linealmente dependientes o perfectamente consistentes) y 1 (muestras totalmente independientes), suponiendo que no existe correlación lineal entre los dos conjuntos de mediciones. Los autores extienden el concepto de inconsistencia incorporando el de consistencia entre los datos y para ello definen el Coeficiente de Consistencia como:

$$C_C = 1 - C_I$$

A tal efecto se realizaron comparaciones para cada mes del año de los registros provenientes de las EMA y de la EMC. En el caso de la precipitación, se consideraron aquellos días en los cuales ambas estaciones registraron valores mayores a 0 mm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de las series de precipitación

En cuanto a la precipitación diaria, la mayor diferencia se apreció en la cantidad de días registrados por la EMA Davis (figura 1) entre los meses de abril y julio en los cuales la estación registró valores iguales a 0.2 mm y en cuyo caso las estaciones restantes presentaron 0 mm. Tal discrepancia se la podría atribuir al vuelco del balancín del pluviómetro luego de haber acumulado agua de rocío y/o a la precisión del instrumento.

En los valores diarios de precipitación se observó una diferencia máxima entre la EMC y la estación Campbell de 11.39 mm (5/10/2007) y de 17.3 mm (17/3/2007) entre la EMC y Davis. Mientras que en lo que se refiere al valor máximo diario registrado durante el año 2007, las estaciones automáticas coincidieron en el día de

ocurrencia del mismo, 9/10/2007, siendo los valores 49.02 mm en la EMA Campbell y 47.2 mm en la EMA Davis. El valor medido de precipitación en la EMC fue de 47.4 mm.

En el figura 2 se observan los datos diarios de precipitación. En general, los datos obtenidos en la estación Davis resultaron inferiores a los registrados en las estaciones restantes, a excepción de los casos nombrados en el primer párrafo. Esta observación se puede apreciar con detalle cuando se comparan las mediciones de ambas EMA.

Los estimadores de parámetros estadísticos para la variable en estudio (tabla 1), calculados para la EMA Davis resultaron menores que las estaciones restantes. El coeficiente de variación demostró una leve homogeneidad en los datos de las EMA comparado con el calculado para la EMC.

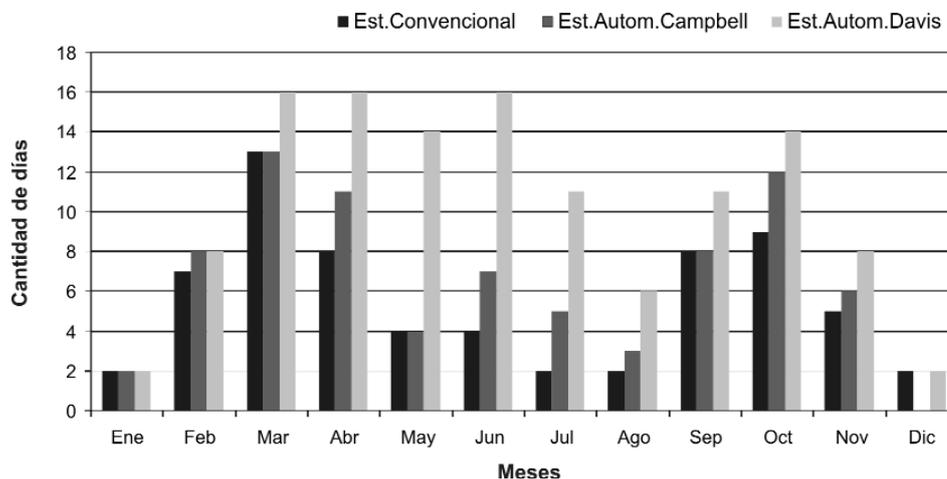


Figura 1: Cantidad de días con precipitación registrada en las tres estaciones para cada mes del año 2007.

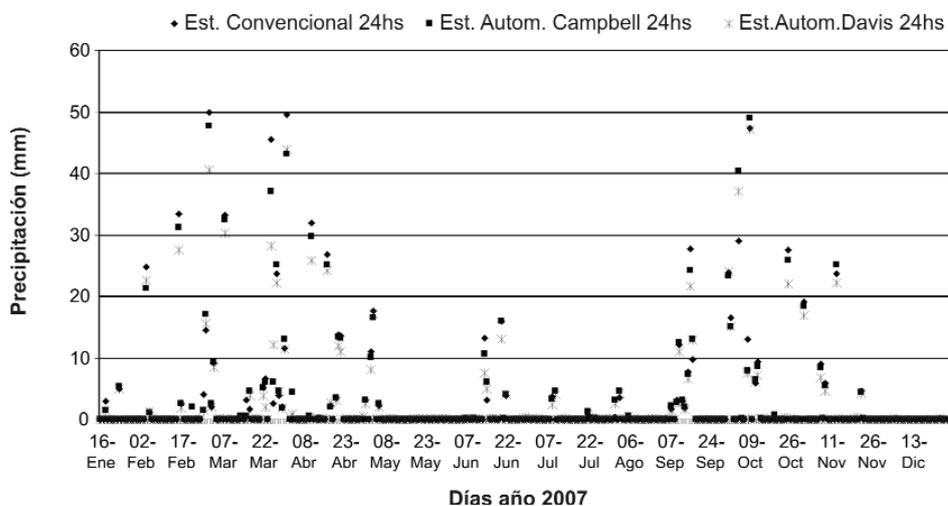


Figura 2: Datos de precipitación diaria durante el año 2007.

Los valores mínimos de las series se corresponden con la precisión de medición definido en cada estación a partir del instrumental utilizado. El valor máximo medido en la estación Davis se encontró en 2.8 mm por debajo de la medición máxima registrada en la estación convencional (tabla 1).

valor del coeficiente de correlación resultó levemente inferior para la correlación entre la estación automática Davis y la estación Convencional, encontrándose mayor dispersión para valores de precipitación mayores a 20 mm. Entre la estación marca Campbell y la convencional la mayor dispersión se observó para valores mayores a 30 mm.

Las correlaciones entre las series diarias de precipitación resultaron significativas al nivel del 5% (figura 3). El

El total anual de precipitación registrada por la EMC fue de 810.1 mm, mientras que las estaciones automáti-

	Estaciones		
	Convencional	Autom.Campbell	Autom.Davis
Media (mm)	2,57	2,57	2,35
Desvío estándar (mm)	7,80	7,53	6,89
Coef. Variación	3,03	2,93	2,93
Mínimo (mm)	0,10	0,25	0,20
Máximo (mm)	50,00	49,02	47,20

Tabla 1: Estimadores estadísticos de las series de precipitación diaria.

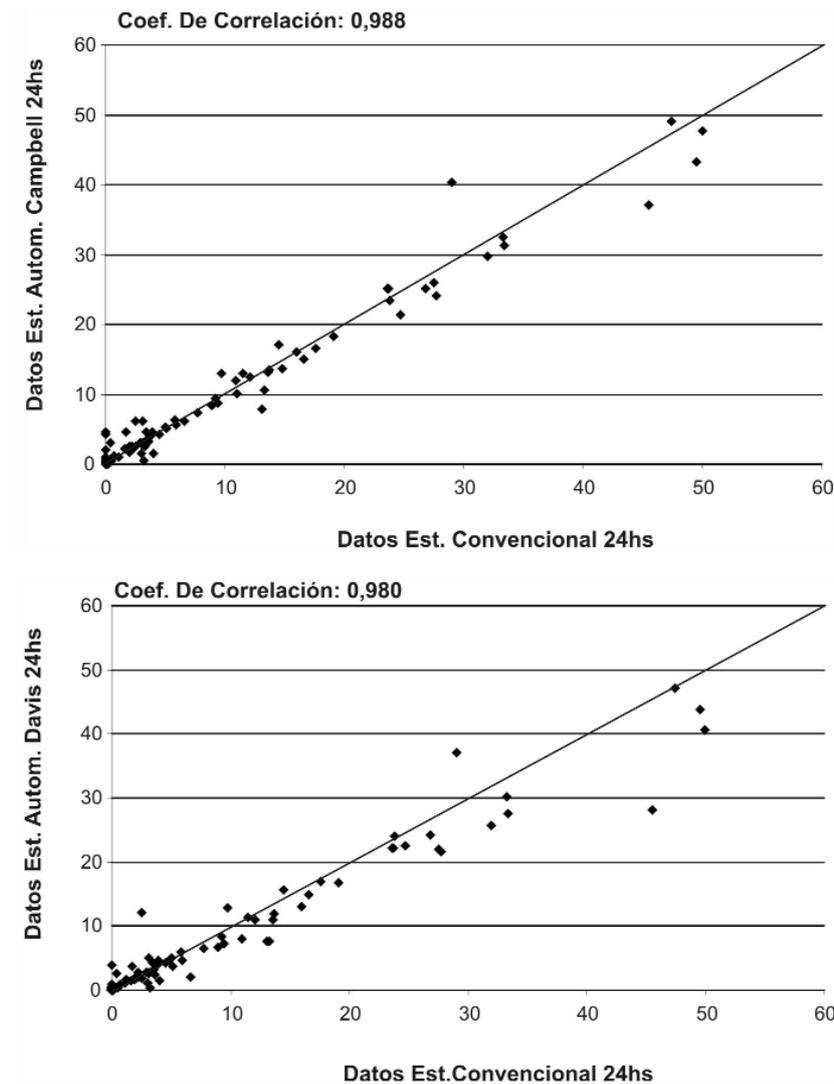


Figura 3: Correlaciones entre datos diarios de precipitación registrados por la estación convencional y las estaciones automáticas.

cas Campbell y Davis acumularon 810.3 mm y 741.0 mm, respectivamente. Estos valores reflejaron la tendencia, observada anteriormente, de la estación Davis en registrar datos inferiores a los registrados en las restantes estaciones.

En cuanto a la precipitación mensual (figura 4) se observa una distribución similar entre las tres estaciones. La ocurrencia de los valores máximos y mínimos se aprecia en meses coincidentes que concuerda con la distribución media anual de precipitación en la zona. A pesar de ellos, los valores mensuales de la estación Davis resultaron inferiores y las mayores diferencias con la estación convencional se encontraron durante los meses de febrero, marzo y abril. La mayor diferencia observada entre los valores registrados por la estación Campbell y la convencional fue en el mes de febrero.

En la tabla 2 se muestran los estimadores de los parámetros estadísticos de la precipitación mensual. En cuanto a los extremos, la estación Campbell presentó valores cercanos a los medidos por la estación conven-

cional. No fue el caso de la estación Davis la cual registró valores inferiores a las anteriores. El coeficiente de variación, al igual que en el caso de los datos diarios, reflejó una leve homogeneidad en los datos mensuales de las estaciones automáticas.

Finalmente, se presentan los Coeficientes de Inconsistencia y de Consistencia que resultaron de la comparación de la lluvia diaria entre las estaciones automáticas y la estación convencional (tabla 3). Se observa que los valores de los Coeficientes de Consistencia fueron menores cuando se comparó la estación convencional con la Davis, salvo para los meses de agosto y octubre. Para la estación Campbell, los valores de dicho coeficiente oscilaron entre 80,76% en el mes de agosto y 99,54% en mayo, con lo cual, este coeficiente permite pensar que existe una consistencia medianamente alta entre las mediciones registradas simultáneamente por ambos equipos, en especial entre la estación Campbell y la convencional. Sería necesario contar con series de datos más largas para comprobar este comportamiento en todas las situaciones posibles.

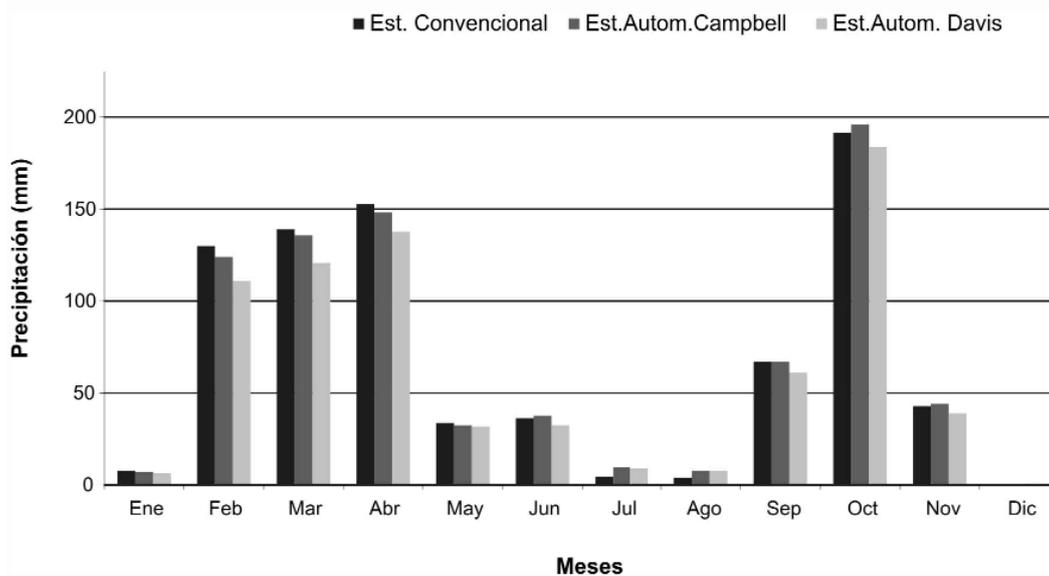


Figura 4: Precipitación Acumulada mensual durante el año 2007.

	Estaciones		
	Convencional	Autom. Campbell	Autom. Davis
Media (mm)	67,51	67,52	61,75
Mediana (mm)	39,60	40,77	35,50
Desvío estándar. (mm)	67,82	66,60	61,36
Coef. Variación	1,00	0,99	0,99
Mínimo (mm)	0,30	0,00	0,40
Máximo (mm)	191,70	196,10	184,00

Tabla 2: Estimadores estadísticos de las distribuciones mensuales de precipitación

a)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Días de Lluvia	2	7	13	8	4	4
Coef de Inconsistencia	0,1769	0,0064	0,0236	0,0123	0,0046	0,0742
Coef de Consistencia	0,8231	0,9936	0,9764	0,9877	0,9954	0,9258
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días de Lluvia	2	2	8	9	5	2
Coef de Inconsistencia	0,0601	0,1924	0,0252	0,0546	0,0039	10,000
Coef de Consistencia	0,9399	0,8076	0,9748	0,9454	0,9961	0,0000

b)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Días de Lluvia	2	7	13	8	4	4
Coef de Inconsistencia	0,1757	0,0235	0,1081	0,0142	0,0166	0,1924
Coef de Consistencia	0,8243	0,9765	0,8919	0,9858	0,9834	0,8076
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días de Lluvia	2	2	8	9	5	2
Coef de Inconsistencia	0,2170	0,1696	0,0503	0,0450	0,0052	0,2000
Coef de Consistencia	0,7830	0,8304	0,9497	0,9550	0,9948	0,8000

Tabla 3: Coeficientes de Inconsistencia y de Consistencia resultantes de la comparación de la estación convencional y la estación Campbell (a) y la estación Davis (b)

Análisis de las series de temperatura

En segundo lugar, se analizaron las series datos diarios y mensuales de temperatura media, máxima y mínima de las tres estaciones involucradas en el estudio.

El comportamiento de los valores diarios de las EMA resultó consistente con el observado en la EC (figura 5). A pesar de ello, existieron algunos días en los cua-

les las diferencias entre los valores de las EMA y la EC rondaron los 3,0°C.

En lo que respecta a la variación mensual, la estación automática Campbell presentó una diferencia de 0,6°C con respecto al valor registrado en la EC en el mes de marzo. En los meses restantes las diferencias no excedieron los 0,2°C. La mayor discrepancia entre el valor de temperatura media registrada por la EMA Davis y la EC se observó en el mes de junio (0,7°C).

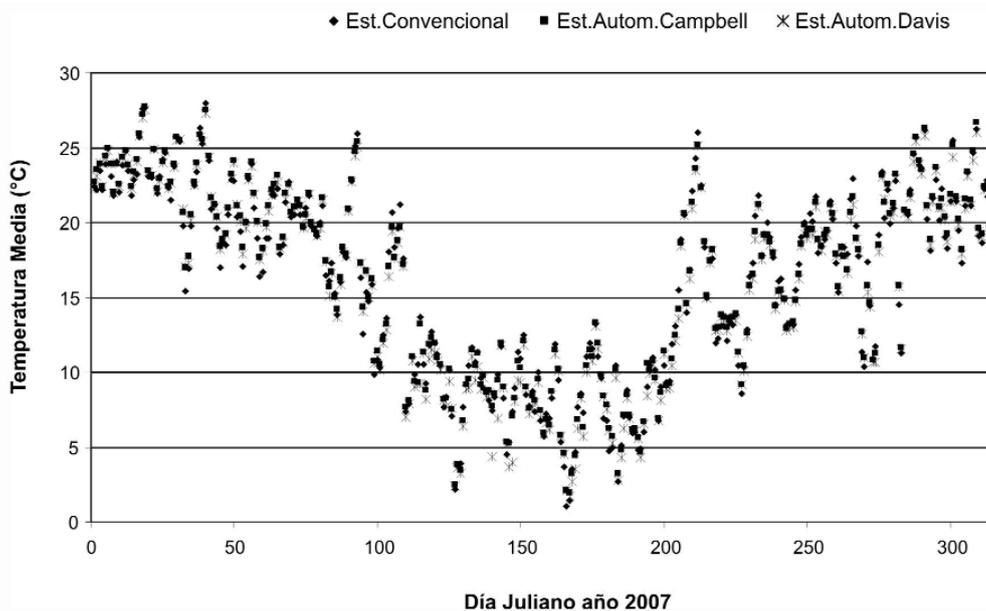


Figura 5a

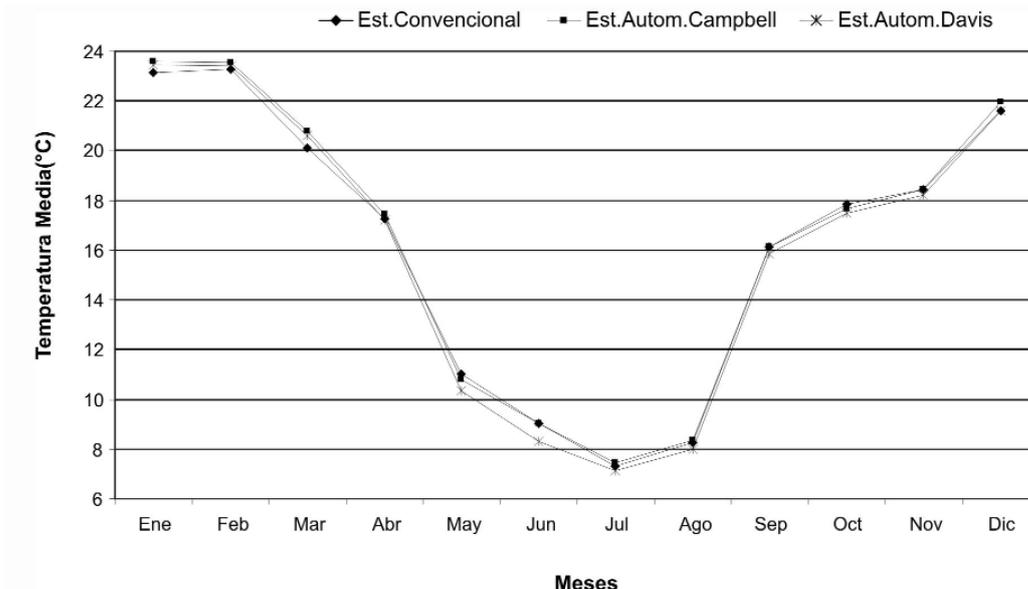


Figura 5b

Figura 5: a) Temperatura media diaria y b) Temperatura media mensual para las estaciones. Est. Convencional (rombo), Est. Autom. Campbell (cuadrado) y Est. Autom. Davis (estrella).

Los valores de los estimadores de los parámetros estadísticos de cada serie de temperatura diaria (tabla 4) resultaron semejantes entre las tres estaciones.

Para complementar el estudio se analizaron los valores del Coeficiente de Consistencia mensuales (no se muestran), los mismos oscilaron entre 91,961% y 98,624% para la estación Campbell y entre 87,414% y 98,674% para la Davis, es decir, que existió una consistencia medianamente alta entre las mediciones registradas simultáneamente por los instrumentos convencionales y los automáticos.

En las figuras 6 y 7 se observa que las series de temperatura máxima como la mínima presentan similar comportamiento.

Esta característica se aprecia también en los estimadores de los parámetros estadísticos (tabla 5). En cuanto a los datos de temperatura máxima mensual, la estación Campbell presentó una diferencia máxima de 0,8°C con respecto al valor registrado en la EC.

Al igual que con los datos de temperatura media se calcularon los coeficientes de consistencia para cada mes, se obtuvieron valores mayores al 95%. Sin embargo, se hallaron algunos valores menores a este porcentaje en algunos meses especialmente en los Coeficientes de consistencia de la temperatura mínima. Por ejemplo, entre los meses de mayo y agosto en la estación Davis el Coeficiente calculado presentó valores entre 82,587% y 93,481%.

	Estaciones		
	Convencional	Autom. Campbell	Autom. Davis
Media (°C)	16,1	16,3	15,9
Mediana (°C)	17,6	17,8	17,8
Desvío estándar (°C)	6,3	6,3	6,4
Coef. Variación	2,5	2,6	2,5
Mínimo (°C)	1,1	1,9	1,7
Máximo (°C)	27,9	27,8	27,5

Tabla 4: Parámetros estadísticos de las series diarias de temperatura media

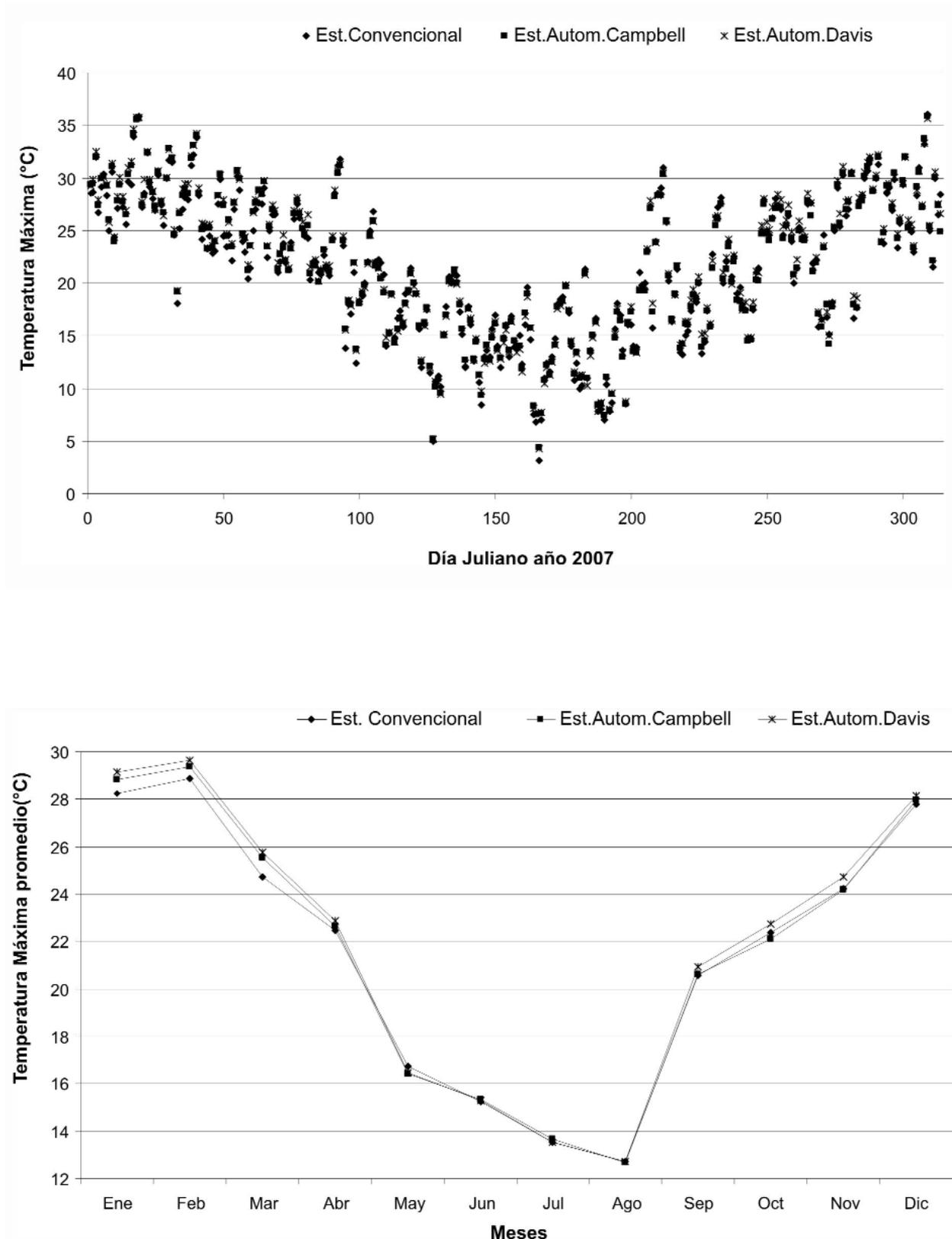


Figura 6: Idem Figura 5 para la Temperatura Máxima.

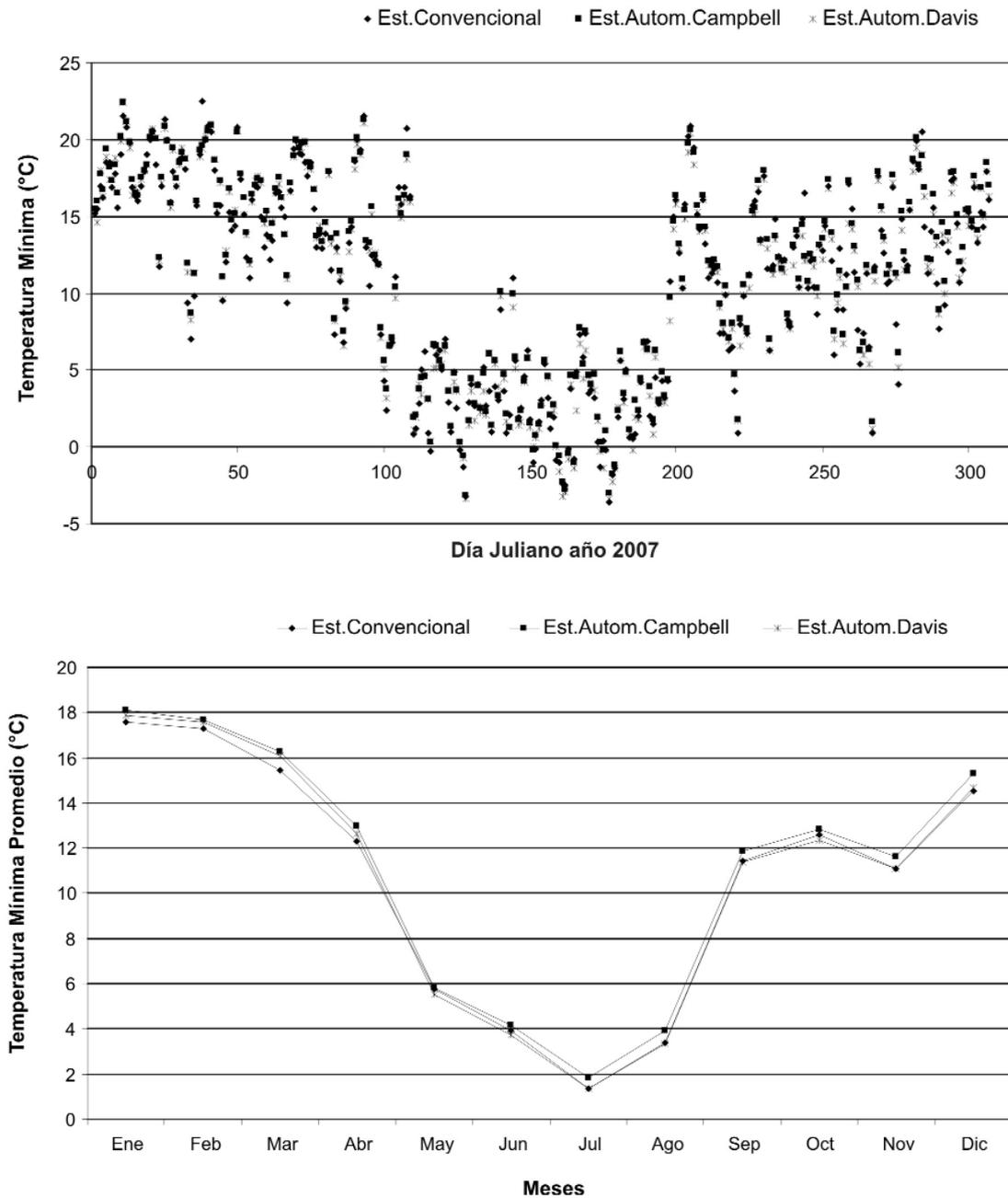


Figura 7: Idem Figura 5 para la Temperatura Mínima.

a)	Estaciones		
	Convencional	Autom. Campbell	Autom. Davis
Media (°C)	21,5	21,7	21,9
Mediana (°C)	22,0	21,7	22,0
Desvío estándar (°C)	6,6	6,6	6,8
Coef. Variación	0,3	0,3	0,3
Mínimo (°C)	3,1	4,4	4,3
Máximo (°C)	36,0	35,8	35,7

Tabla 5a

b)	Estaciones		
	Convencional	Autom. Campbell	Autom. Davis
Media (°C)	10,7	11,2	10,8
Mediana (°C)	11,7	12,3	11,8
Desvío estándar (°C)	6,5	6,4	6,4
Coef. Variación	0,6	0,6	0,6
Mínimo (°C)	-3,6	-3,2	-3,4
Máximo (°C)	22,5	22,4	22,4

Tabla 5b

Tabla 5: Parámetros estadísticos de las series de temperaturas máximas (a) y mínimas diarias (b).

CONCLUSIONES

En este trabajo se compararon las series de temperatura y precipitación diaria y mensual registradas por la estación meteorológica convencional y las estaciones automáticas, provenientes de distintos fabricantes y situadas en un predio del INTA Castelar.

A partir de los diferentes análisis estadísticos descriptivos se observaron similitudes en las series de precipitación, especialmente entre la estación convencional y la de marca Campbell. Los valores acumulados anuales y extremos fueron los que mostraron mayores diferencias. Las diferencias encontradas especialmente en los valores de precipitación se las podría asociar al instrumental utilizado y al entorno de cada estación. El análisis sólo se realizó en una serie acotada de información dado que las estaciones automáticas son de instalación reciente, con lo cual se mostraron las tendencias para este caso, siendo necesario contar con series más amplias para validar las diferencias y poder inferirlas al comportamiento general de las estaciones en otras fechas y situaciones. Se destaca la importancia del intervalo de medición utilizado en cada tipo de estación y que dicho intervalo debe tenerse en cuenta para cualquier comparación simultánea de las series. De igual manera, es necesario prestar atención a la precisión de cada instrumento dado que dicho valor puede originar diferencias entre las mediciones y remarcar la importancia del mantenimiento de las estaciones automáticas que en algunos casos puede producir interrupción de las variables medidas.

En cuanto a las series de temperatura diaria y mensual, los valores del coeficiente de consistencia junto con el análisis estadístico realizado permitieron obtener observaciones similares en el comportamiento de dichas variables.

BIBLIOGRAFÍA

BUISHAND, T.A., 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology*, (58), 11-27.

COLOTTI E., BLANCO A. Y RODRÍGUEZ J. 2003. Aplicación del coeficiente de inconsistencia como criterio

de comparación entre mediciones de estaciones convencionales y automáticas de lluvia diaria. *Terra Nueva Etapa, XVIII-XIX (27-28)*, Venezuela, 85-101.

ELINGER, M. 1990. Sistema de información y alerta hidrológico para la cuenca del Río de la Plata: una experiencia en cooperación regional. Buenos Aires, Centro de Investigaciones Hidrológicas Ezeiza.

FERNÁNDEZ, P; ROBY, H; FORNERO, L; MAZA, J. 1987. Red hidrometeorológica telemétrica en Mendoza-Argentina: un año de experiencias e investigaciones. Centro Regional Andino, Mendoza.

MAGRIN, G.O.; DÍAZ, R.A.; REBELLA, C.M.; DEL SANTO, C. Y RODRÍGUEZ, R. 1991. Simulación del Crecimiento y Desarrollo del trigo en la Argentina y la necesidad de Información Meteorológica de Entrada. CONGREGMET. Septiembre, Buenos Aires, Argentina.

REBELLA, C.M. Y DÍAZ, R. 1984. Tendencia de lluvias y rendimiento de maíz en el área maicera típica argentina. III Congreso Nacional del Maíz, Pergamino.

REBELLA, C., CARBALLO S., HARTMANN T., MERCURI P. 1999. Evento NIÑO 1997-98. Utilización de información satelital en la evaluación del impacto de las inundaciones sobre las producciones agropecuarias y forestales. Información espacial para la evaluación de las inundaciones del Evento Niño 97/98, Fascículo #2 de la serie: "La CONAE y el aprovechamiento de la información espacial"

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. 2008. Guide to meteorological instruments and methods observations. (8) (7.º ed.), Génova.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. 1993. Guide on the global data-processing system, (305), Génova.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. 1992. International meteorological vocabulary, (182) (2.º ed.), Génova.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. 1989. Guide on the global observing system. (488), Génova.

Evaluación morfológica del cultivar de buffelgrass “Lucero INTA-PEMAN” en condiciones de sequía

GRIFFA, S.¹; RIBOTTA, A.¹; LUNA, C.¹; BOLLATI, G.²; LÓPEZ COLOMBA, E.¹; TOMMASINO, E.¹; CARLONI, E.¹; QUIROGA, M.¹ y GRUNBERG, K.¹

RESUMEN

En la búsqueda de nuevos cultivares nacionales mejor adaptados a las restricciones edafo-climáticas presentes en el noroeste argentino, principalmente estrés por sequía y salinidad, un híbrido de buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) denominado “Lucero INTA-PEMAN” fue obtenido mediante cruzamientos controlados en el Instituto de Fitopatología y Fisiología Vegetal (IFFIVE) del INTA. El objetivo fue evaluar morfológicamente al cultivar Lucero en comparación con los cultivares Texas-4464, Biloela y Molopo, en Deán Funes (Norte de Córdoba, Argentina) a campo bajo condiciones de sequía, en un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones y por dos ciclos de cultivo (2006/2007 y 2007/2008), considerándose como estados ontogénicos planta de un año y rebrote, respectivamente. Se analizaron 13 caracteres morfológicos mediante ANAVA y test DGC ($p < 0,05$). A pesar de que la expresión de la mayoría de los 13 caracteres evaluados disminuyó en rebrote con respecto al primer año de implantación, Lucero INTA-PEMAN fue el menos afectado por la baja disponibilidad de agua y tuvo un desempeño superior en ambos estados ontogénicos, en caracteres componentes de producción de semillas. Fue superior en caracteres de producción de biomasa al Texas-4464 y en la mayoría de los mismos a los cultivares Biloela y Molopo. Lucero INTA-PEMAN se muestra como promisorio y de considerable valor forrajero para las regiones afectadas por sequía, tales como el noroeste argentino.

Palabras clave: *Cenchrus ciliaris*, caracteres morfológicos, estrés por sequía.

ABSTRACT

In search of new cultivars better adapted to edapho-climatic constraints present in northwestern Argentina, mainly drought and salinity stress, a hybrid of buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) called Lucero INTA-PEMAN was obtained by controlled crosses at Instituto de Fitopatología y Fisiología Vegetal, INTA. The objective was to evaluate morphologically to *Cenchrus ciliaris* cv Lucero in comparison to cultivars Texas-4464, Biloela and Molopo in Dean Funes (north Cordoba province, Argentina) on the field under drought conditions, in a randomized complete block design with three replications and two crop cycles (2006/2007 and 2007/2008) considering one-year plant and regrowth, as plant ontogenetic states, respectively. Thirteen morphological characters were analyzed by ANOVA and DGC test ($p < 0.05$). Although most of the thirteen morphological characters evaluated decreased regrowth over the one-year plant, Lucero

¹ INTA, Instituto de Fitopatología y Fisiología Vegetal (IFFIVE), X5020ICA, Córdoba. Correo electrónico: sgriffa@correo.inta.gov.ar

² Facultad de Ciencias Agropecuarias UCC, Córdoba.

Recibido 30 de agosto de 2010// Aceptado 15 de diciembre de 2010// Publicado online 05 de enero

was the least affected by low water availability and the highest values in both ontogenetic states, for component characters seed production. It was superior in biomass production traits at Texas-4464 and most of them to *Biloela* cultivars and *Molopo*. *Lucero* showed a promising and considerable forage value for drought-affected regions, such as northwestern Argentina.

Key words: *Cenchrus ciliaris*, morphologic characters, drought.

INTRODUCCIÓN

Cenchrus ciliaris L. (buffelgrass) es una gramínea forrajera subtropical originaria de África y ampliamente utilizada en las regiones áridas, semiáridas e, inclusive, desérticas del mundo (Mansoor *et al.*, 2002) por su buena producción forrajera (De León, 2004), fácil implantación, alta persistencia (Alcalá-Galván, 1995), capacidad de mejorar las condiciones físicas del suelo (Rossi, 2005) y tolerancia a la sequía. Esta característica varía según el cultivar, siendo Texas-4464 el más tolerante (Cook *et al.*, 2005).

En la región subtropical árida y semiárida del noroeste argentino (NOA) el buffelgrass ha sido introducido y contribuye al desarrollo de la actividad ganadera. Sin embargo, su semilla es abastecida mediante importación o multiplicación del germoplasma introducido. Esta situación puso en evidencia la importancia económica y estratégica para la producción ganadera en dicha región, de obtener cultivares mejor adaptados a las restricciones presentes en el NOA, particularmente al estrés hídrico. En las plantas, el agua juega un rol importante en la acumulación de materia seca debido a que todos los nutrientes son transportados a través de ella (Mansoor *et al.*, 2002). El crecimiento de los cultivos y la producción de materia seca se reducen con la disminución del contenido de agua del suelo (Ashraf *et al.*, 1998; Karsten y MacAdam, 2001) y cuando los estreses hídrico y térmico se incrementan, las gramíneas reaccionan concluyendo rápidamente el proceso reproductivo y con una alta producción de semillas que favorece la resiembra (Mansoor *et al.*, 2002). Las hojas se deshidratan por la partición de los asimilados hacia las inflorescencias (Seller, 1993). La baja disponibilidad de agua disminuye la expansión celular, lo que influye directamente en la reducción de la longitud foliar (Ilhai, 1982). Las dimensiones de la hoja, entonces, ayudan al conocimiento de las respuestas al estrés hídrico en condiciones de campo (Franca y Davies, 1998).

Para la producción de forraje, la altura de planta es un componente que influye directamente en la producción de materia seca (Daher *et al.*, 2004). En condiciones de

sequía, los genotipos con mayor altura producen plantas de mayor tamaño que usan agua más rápidamente para la transpiración, lo que disminuye el estado hídrico de la planta más tempranamente y, con ello, la producción de biomasa (Kamoshita *et al.*, 2004).

El diámetro de los macollos es otro componente de influencia directa pero de efecto inverso en la producción de biomasa. Junto a la altura de planta (Daher *et al.*, 2004), al peso de mata (Ali *et al.*, 2008) y al ancho de lámina, es un carácter muy utilizado en el mejoramiento genético en *Cenchrus ciliaris* (Griffa, 2002) y otras gramíneas (Kamoshita *et al.*, 2004) por presentar alta heredabilidad, ser estable en diferentes ambientes discriminantes entre cultivares y de fácil medición.

La producción de semillas en buffelgrass disminuye significativamente bajo estrés hídrico (Sarroca *et al.*, 1981) y, para evaluarla, el peso de la panoja y la longitud de la panoja (Griffa *et al.*, 2010) mostraron ser los componentes de mayor influencia.

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar morfológicamente el cultivar de buffelgrass, *Lucero* INTA-PEMAN, obtenido mediante cruzamientos controlados en el Instituto de Fitopatología y Fisiología Vegetal del INTA y recientemente inscripto en el Registro Nacional de la Propiedad de Cultivares del INASE, en comparación con los cultivares comerciales introducidos y más difundidos, Texas-4464, *Biloela* y *Molopo*, bajo condiciones de sequía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron los cultivares *Lucero* INTA PEMA (Lucero), Texas-4464 (Texas), *Biloela* y *Molopo*, a campo en la localidad de Deán Funes, departamento Ischilín, provincia de Córdoba (Argentina) con manifestación de estrés por sequía durante el cultivo (promedio de precipitaciones de septiembre a abril = 83,59 mm). El ensayo fue conducido bajo un diseño en bloques completos aleatori-

zados con tres repeticiones, en parcelas de diez plantas cada una y ubicadas en dos hileras por parcela, con un espaciamiento de 0,80 m entre plantas y de 1 m entre líneas. El ensayo se realizó con plantas espaciadas para permitir la máxima expresión del fenotipo (Di Feo y Biderbost, 2009) y se efectuó un riego inmediatamente posterior a la implantación para asegurar el establecimiento. Las evaluaciones se realizaron durante dos ciclos de crecimiento (2006/2007 y 2007/2008), considerándose como estados ontogénicos planta de un año (P1A) y rebrote (R), respectivamente. En ambos ciclos de crecimiento, se realizaron dos cortes de plantas, el primero al final del ciclo de crecimiento de la pastura en el mes de abril y el segundo al final del período invernal en el mes de agosto, considerándolos como cortes no

diferido y diferido, respectivamente. Se analizaron los siguientes caracteres morfológicos: altura de planta (Hpl) (medida desde el nivel del suelo al ápice de la panoja), longitud de lámina (Llb) y vaina de hoja bandera (Lvb), ancho de lámina de hoja bandera (Alb), número de nudos/macollo (Nud), peso fresco (Pf) y peso seco (Ps) de mata en corte no diferido, número de ejes secundarios fértiles (Ramfert), ancho de macollo (Anct), longitud del pedúnculo floral exerto (Exped) y su longitud total (Lped), longitud (Lp) y peso de panojas (Pp). Los datos fueron analizados mediante ANAVA teniendo en cuenta el efecto genotipo, estado ontogénico e interacción entre ambos. Para comparar medias de genotipos se utilizó la prueba de comparaciones múltiples DGC ($p < 0,05$) (Di Rienzo *et al.*, 2002) usando software InfoStat (2009).

Carácter	Cultivar							
	Texas-4464		Molopo		Biloela		Lucero	
	P1A	Rebrote	P1A	Rebrote	P1A	Rebrote	P1A	Rebrote
altura de planta (m)	0,77 a (0,09)	0,65 a (0,11)	1,00 c (0,13)	0,82 b (0,11)	1,08 d (0,15)	0,84 b (0,11)	0,79 b (0,10)	0,70 a (0,07)
longitud de lámina de hoja bandera (cm)	22,53 a (2,60)	15,02 a (2,61)	27,19 c (1,23)	21,82 c (2,73)	25,34 b (2,00)	19,29 b (2,65)	31,08 d (2,58)	24,96 d (2,33)
longitud de vaina de hoja bandera (cm)	11,10 a (1,09)	10,51 a (1,17)	12,0 b (1,92)	11,08 b (0,81)	12,49 b (1,83)	12,47 b (1,15)	13,60 c (1,59)	13,58 c (0,99)
ancho de lámina hoja bandera (cm)	0,72 b (0,13)	0,62 a (0,10)	0,86 c (0,11)	0,74 b (0,11)	0,90 d (0,11)	0,75 b (0,11)	0,89 d (0,12)	0,64 a (0,15)
número de nudos	7,76 b (0,89)	8,35 b (0,84)	9,16 c (1,09)	9,94 d (1,12)	9,31 c (0,86)	9,71 d (0,73)	8,00 a (0,97)	8,00 a (0,92)
número de ejes secundarios fértiles/macollo	2,2 b (1,14)	1,2 b (1,64)	1,39 a (1,06)	0,41 a (0,74)	1,65 a (1,15)	0,48 a (1,08)	1,29 a (1,14)	0,25 a (0,59)
peso fresco de mata (kg)	0,58 a (0,17)	0,74 a (0,24)	0,89 c (0,32)	1,34 b (0,20)	0,60 a (0,12)	1,69 b (0,24)	0,76 b (0,12)	1,15 b (0,18)
peso seco de mata (kg)	0,32 a (0,10)	0,10 a (0,13)	0,35 a (0,11)	0,11 a (0,15)	0,33 a (0,07)	0,16 a (0,22)	0,37 a (0,12)	0,16 a (0,10)
ancho de macollo (mm)	2,51 a (0,42)	2,49 a (0,27)	2,84 b (0,42)	3,14 c (0,41)	3,21 c (0,55)	3,27 c (0,35)	2,82 b (0,51)	2,79 b (0,36)
longitud pedúnculo exerto (cm)	10,24 d (3,43)	7,09 c (4,54)	12,88 e (3,72)	7,5 c (2,79)	13,15 e (3,22)	5,51 b (3,37)	8,24 c (3,51)	2,27 a (2,08)
longitud de pedúnculo total (cm)	19,16 c (3,63)	14,4 b (4,01)	23,51 d (5,23)	17,75 c (3,5)	26,55 e (3,32)	15,79 b (3,64)	19,19 c (2,08)	12,18 a (3,03)
longitud de panoja (cm)	11,94 a (1,31)	9,09 a (1,23)	11,71 a (1,32)	9,53 a (1,41)	12,01 a (1,16)	9,52 a (1,40)	15,07 b (1,59)	12,85 b (1,52)
peso de panoja (g)	0,40 b (0,12)	0,29 a (0,15)	0,59 b (0,14)	0,49 b (0,11)	0,52 b (0,14)	0,45 b (0,09)	0,68 c (0,12)	0,87 d (0,08)

Tabla 1: Caracterización morfológica del cultivar Lucero INTA-PEMAN en comparación a los cultivares introducidos Texas-4464, Molopo y Biloela en dos estados ontogénicos: planta de un año (P1A) y rebrote (R). Medias y desvíos estándar (entre paréntesis). Diferentes letras en filas indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Fuente: elaboración para la presente edición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de medias de las 13 variables morfológicas evaluadas, se muestran en la tabla 1. Hubo diferencias significativas entre los genotipos ($p < 0,05$) para la totalidad de los caracteres evaluados, excepto para Ps. Los valores promedios disminuyeron en R con respecto a p1A en todas las variables, excepto para Nud. Existió interacción entre genotipo y estado ontogénico ($p < 0,05$) para las variables Hpl, Alb, Anct, Exped y Lped. En la Hpl Lucero y Texas presentaron los menores valores y similares ($p > 0,05$), disminuyendo en el R con respecto a Biloela y Molopo. Este menor porte, a pesar de que puede disminuir el tamaño y peso final de planta, de acuerdo a Kamoshita *et al.*, (2004), sería una estrategia beneficiosa en el uso de los fotosintatos para mayor producción de biomasa, menor transpiración y mayor eficiencia del uso del agua, manteniendo el estado hídrico de la planta con respecto a los genotipos de mayor porte. Lucero sería entonces según la Hpl de una alta tolerancia, similar a Texas.

Con respecto a Llb y Lvb, Lucero en ambos momentos se destacó con los mayores valores mostrando una mayor tolerancia contra la sequía con respecto a los demás cultivares, basada en la menor disminución en longitud de hoja (Ilahi, 1982; Machado *et al.*, 1983). Para Alb en p1A, Lucero y Biloela se destacaron por presentar

los mayores valores de media, mientras que en R, Lucero fue inferior a Biloela y Molopo, pero superior a Texas, lo que es altamente deseable para una mayor producción de biomasa bajo estrés. En Nud, Biloela, Molopo y Texas incrementaron en promedio en R y Lucero permaneció estable. Esto indicaría que indirectamente la longitud internodal, atributo que comúnmente se reduce bajo estrés hídrico (Ilahi, 1982), en Lucero no fue afectada. Lucero, Biloela y Molopo disminuyeron mínimamente en Ramfert y presentaron el mayor Pf en relación a Texas (fig. 1) en ambos momentos. Además, Lucero presentó una mayor relación hoja/tallo y digestibilidad de materia seca, bajo estrés hídrico (Griffa *et al.*, 2008) y sin estrés con respecto a los demás cultivares. El Anct, en Lucero fue menor que en Biloela y Molopo en ambos estadios, y en éstos últimos cultivares el Anct aumentó en el R, mientras que en Lucero permaneció estable. Según Daher *et al.*, (2004), clones con macollos más delgados inducen mayor producción de materia seca. Así, Anct es otro rasgo relacionado a tolerancia a sequía que sugiere a Lucero como medianamente tolerante a dicho estrés. Para Exped y Lped, Lucero presentó los menores valores en ambos momentos y en relación a los cultivares comerciales, disminuyendo la probabilidad de quiebre y pérdida de panoja. En relación a los caracteres componentes de mayor influencia en la producción de semillas en *Cenchrus spp*, Lp (fig. 2) y Pp (Griffa *et al.*, 2010), Lucero presentó los mayores valores promedios para ambos



Figura 1: Comparación de matas de los cultivares Texas-4464, Lucero INTA-PEMAN, Biloela y Molopo (de izquierda a derecha) de buffelgrass. Fuente: elaboración para la presente edición.



Figura 2: Comparación de panojas de los cultivares Texas-4464, Molopo, Biloela y Lucero INTA-PEMAN (de izquierda a derecha) de buffelgrass. Fuente: elaboración para la presente edición.

atributos y estados ontogénicos, inclusive incrementó el Pp en R, manteniendo su alta producción de semillas (Griffa *et al.*, 2010) aún bajo estrés hídrico, contrariamente a lo observado por Sarroca *et al.*, (1981)

CONCLUSIONES

Según la evaluación morfológica, Lucero INTA-PEMAN es diferente para la mayoría de los caracteres en comparación a los cultivares introducidos más utilizados. Lucero INTA-PEMAN tuvo un desempeño superior al cultivar Texas-4464 en la totalidad de caracteres componentes de la producción de biomasa considerados, en la longitud de lámina y vaina a los cultivares Biloela y Molopo, y similar a éstos últimos, en el peso fresco de mata, bajo

condiciones de sequía en el norte de la provincia de Córdoba. Con respecto a la producción de semillas, Lucero fue superior a los tres cultivares comerciales, sugiriendo al nuevo cultivar de buffelgrass obtenido en Argentina, Lucero INTA-PEMAN, de considerable valor forrajero en aquellas regiones afectadas por sequía, tales como el NOA.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por los proyectos INTA N.º 1482 y 261821 y un Convenio de Vinculación Tecnológica con la empresa O. Pemán y Asoc. S.A.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALÁ GALVÁN, C. H. 1995. Guía práctica para el establecimiento, manejo y utilización del Zúcate Buffel. Capítulo I: Origen geográfico y características biológicas. Sonora, México. <http://www.patrocipes.org.mx/patrocipes/invpec/pastizales/P95009.html>.

ALI, Y.; MANSOOR, B.A.; AKHTER, J.; MONNEVEUX, P.; LATEEF, Z. 2008. Genetic variability, association and diversity studies in wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm. *Pakistan Journal of Botany* 40 (5), 2087-2097.

ASHRAF, M.Y.; ALA, S.A.; BHATTI, A.S. 1998. Nutritional imbalance in wheat genotypes grown at soil water stress. *Acta Physiologiae Plantarum* 20, 307-10.

COOK, B.G.; PENGELLY, B.C.; BROWN, S.D.; DONNELLY, J.L.; EAGLES, D.A.; FRANCO, M.A.; HANSON, J.; MULLEN, B.F.; PARTRIDGE, I.J.; PETERS, M.; SCHULTZE-KRAFT, R. 2005. Tropical Forages: an interactive selection tool. [CD-ROM], CSIRO, DPI&F (Queensland), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia.

DAHER, R.F.; VANDER PEREIRA, A.; GONZAGA PEREIRA, M.; DA SILVA LÉDO, F.J.; TEIXEIRA DO AMARAL JUNIOR, A.; ANDA ROCABADO, J.M.; FORTES FERREIRA, C.; DESSAUNE TARDIN, F. 2004. Análise

- de trilha de caracteres forrageiros do capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*). *Ciência Rural* 34, 1531-1535.
- DE LEÓN, M. 2004. Ampliando La Frontera Ganadera. Informe Técnico INTA N.º 1, 28 pp.
- DI FEO, L.; BIDERBOST, E. 2009. MEJORAMIENTO VEGETAL: Conceptos prácticos. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Córdoba. 126 pp.
- DI RIENZO, J.A.; GUZMÁN, A.W.; CASANOVES, F. 2002. A multiple comparisons method based on the distribution of the root node distance of a binary tree. *Journal Agricultural Biological and Environmental Statistics* 7, 1-14.
- FRANCA, A.; LOI, A.; DAVIES, W.J. 1998. Selection of annual ryegrass for adaptation to semi-arid conditions. *European Journal of Agronomy* 9, 71-78.
- GRIFFA, S. 2002. Caracterización de una estirpe sexual y cultivares apomícticos de Buffel grass (*Cenchrus ciliaris L.*). Tesis de Magister, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. pp.163.
- GRIFFA, S.M.; RIBOTTA, A.N.; BOLLATI, G.; TOMMASINO, E.A.; LUNA, C.; LÓPEZ COLOMBA, E.; CARLONI, E.; PEMÁN, R.; ANDRÉS, A.; PÉREZ, H., GRUNBERG, K. y BIDERBOST, E. 2008. Evaluación morfológica de un híbrido experimental de *Cenchrus ciliaris L.* en estrés por sequía. 31.º Congreso Sociedad Argentina de Producción Animal. San Luis, Argentina, pp. 449-450.
- GRIFFA, S.; RIBOTTA, A.; LUNA, C.; LÓPEZ COLOMBA, E.; TOMMASINO, E.; CARLONI, E.; QUIROGA, M.; GRUNBERG, K. 2010. Evaluación de componentes de producción de semillas mediante análisis de coeficiente de sendero en *Cenchrus spp.* Jornadas de Mejoramiento Genético de Forrajeras, Instituto Fitotécnico de Santa Catalina, Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, pp.133.
- ILAHÍ, I. 1982. Plant behaviour under water stress. *Pakistan Journal of Botany* 14, 40-44.
- INFOSTAT, 2009. InfoStat/Profesional, Versión 2009p.1. Software Estadístico. Grupo InfoStat/FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. (<http://www.infostat.com.ar>).
- KAMOSHITA, A.; RODRÍGUEZ, R.; YAMAUCHI, A.; WADE, L. J. 2004. Genotypic variation in response of rainfed lowland rice to prolonged drought and rewatering. *Plant Production Science* 4, 406-420.
- KARSTEN, H.D.; MACADAM, J.M. 2001. Effect of drought on growth, carbohydrates and soil water use by perennial ryegrass, tall fescue and white clover. *Crop Science* 41, 156-166.
- MACHADO, R.C.; SOUZA, H.M.F.; MORENO, M.A.; ALVIM, P. De T. 1983. Variables associated with tolerance to water deficit in forage grasses. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 18, 603-608.
- MANSOOR, U.; MANSOOR, H.; WAHID, A.; RAO, A. R. 2002. Ecotypic variability for drought resistance in *Cenchrus ciliaris L.* germplasm from Cholistan Desert in Pakistan. *International Journal of Agriculture and Biology* 4 (3), 392-397.
- ROSSI, C. 2005. Utilización de "Buffelgrass" (*Cenchrus ciliaris L.*) para la recuperación de pastizales degradados en la región árida subtropical. En: Producción bovina de carne. Sitio argentino de producción animal. (http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/34-buffel_grass_en_chaco_arido_argentino.htm).
- SARROCA, J.; HERRERA, J., JAQUINET, P.; CONCEPCION, O. 1981. Effect of soil humidity on seed production in buffelgrass *Cenchrus ciliaris cv. Biloela*. *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Pastos y Forrajes* 4, 19-23.
- SELLER, P.1993. Assimilate allocation in response to water deficit stress, *International Crop Science I*, Crop Society of America, Madison, WI, pp. 733-738.

Efectos de la densidad de plantación y el sistema de conducción sobre el crecimiento, la productividad y el tamaño de los frutos de un cultivar de duraznero.

VALENTINI, G. H.¹; ARROYO, L. E.¹

RESUMEN

Se evaluaron los efectos sobre el crecimiento y las características productivas de diferentes sistemas de conducción y densidades de plantación en plantas del cultivar de duraznero "Limón Marelli" cultivadas durante 12 temporadas. Los tratamientos utilizados fueron "Semipalmeta" (SP) a 4,0m x 2.5m, "Vaso Denso" (VD) a 5,0m x 3,0m y "Líder Central" (LC) a 4,0m x 2,0m. El crecimiento de las plantas, evaluado a través del diámetro de tronco, resultó afectado negativamente por la densidad de plantación. La tasa de incremento del diámetro de tronco fue disminuyendo a través de las temporadas. Se obtuvo precocidad en la entrada en producción para los sistemas más densos, SP y LC, que a su vez alcanzaron su techo de producción antes que VD que, por el contrario, mostró una curva de aumento en los rendimientos más extendida en el tiempo. SP y LC presentaron una producción acumulada por hectárea que superó, en forma determinante, a la del VD. El aumento de la densidad de plantación afectó relativamente la eficiencia productiva. El peso promedio de los frutos resultó afectado por el tratamiento, el factor año y la interacción tratamiento por año, al igual que lo ocurrido con todas las variables evaluadas.

Palabras clave: frutales de carozo, densidad de plantación, sistemas de conducción, producción.

ABSTRACT

The effects on growth and productivity of 'Limón Marelli' peach cultivar were evaluated, during 12 growing seasons, over trees trained to the Semipalmete (SP), High Density Vase (HDV) and Central Leader (CL) forms, at 4,0m x 2.5m, 5,0m x 3,0m and 4,0m x 2,0m, respectively. Trunk diameter was affected by tree density, however, didn't influence the trunk diameter increment rate that decreased through the seasons. Early productivity was related to tree density; SP and CL reached their maximum production earlier than HDV which, on the other hand, showed a yield rate curve more extended in the time. SP and CL had the highest cumulative yield per hectare. Production efficiency was relatively affected by the tree density increase. Average fruit weight was influenced by treatment, the year and the treatment x year interaction; the same happened to the rest of the variables.

Key words: Stone fruit trees, planting density, yield.

¹ Ings. Agrs. Grupo Fruticultura del INTA EEA San Pedro. Ruta Nac. 9, km 170 (2930) San Pedro, Buenos Aires. E-mail de contacto: gvalentini@correo.inta.gov.ar

Recibido 23 de agosto de 2010 // Aceptado 08 de febrero de 2011 // Publicado online 09 de marzo

INTRODUCCIÓN

La necesidad de lograr una fruticultura más intensiva con una eficiente utilización de los recursos hace que la conducción de montes frutales, especialmente en lo referente a sistemas de poda y distancias de plantación, cobre una importancia relevante. Los montes en alta densidad se constituyeron en una herramienta válida para aumentar los rendimientos por unidad de superficie y adelantar la entrada en producción para una recuperación más rápida del capital invertido, factores que contribuyen a cubrir la necesidad arriba planteada (Loreti and Massai, 2002).

Existen, a nivel mundial, numerosas experiencias destacándose las inicialmente realizadas por Baldasarri (1963, 1975), quien desarrolló un sistema de poda llamado "Nueva Palmeta" o "Palmeta Anticipada", estableciendo los principios básicos del sistema como fueron, entre otros, no recortar las ramas del año, reducir al mínimo la estructura esquelética de la planta, dar la justa inclinación a las ramas para garantizar el equilibrio vegetativo y nunca suprimir la prolongación del tronco ni de las ramas laterales. Mediante la aplicación de estos principios sobre distintas especies frutales logró rendimientos satisfactorios a un costo menor con relación a los sistemas tradicionales.

Colella (1970) ensayó el sistema "Fuso" que permitió plantaciones más densas, logrando buenos rendimientos a partir del tercer año. Fisher (1969, 1971) ensayó el sistema "Palmeta de dos ramas oblicuas", logrando buenos rendimientos por hectárea y una reducción de costos.

Cellini (1973) desarrolló el sistema "Semipalmeta" con las ventajas de la "Palmeta" en cuanto a producción, pero con menos costo debido a la no utilización de estructuras de soporte. Hayden y Emerson (1973) compararon cinco sistemas de poda: "Vaso de alta densidad", "Eje central modificado", "Vaso de dos andamios", "Pilar" y "Cerco Belga". Estos sistemas lograron en poco tiempo muy buena producción y, luego de siete años de plantados, los sistemas de alta densidad superaron en rendimientos por hectárea a los sistemas clásicos. Bassols (1979) comparó distintas distancias de plantación y sistemas de poda en el cultivar 'Princesa', utilizando "Vaso" y forma en "V transversal". Concluyó que los espaciamentos ultradensos eran promisorios pero que no debían ser recomendados a los productores en general debido a la existencia de una serie de puntos no suficientemente esclarecidos en cuanto a las técnicas de conducción.

En la Argentina, Frangi (1985) comparó el comportamiento del cultivar 'Red Globe' conducido en "Semipalmeta" y plantado a elevada densidad en filas dobles, utilizando 2133, 1280 y 853 plantas por hectárea; estableció una sustancial ventaja en los rendimientos por

parte del sistema de mayor densidad ya en tercera hoja pero que desapareció en quinta hoja.

En adición a lo comentado, en muchos otros estudios, los rendimientos de durazneros estuvieron positivamente relacionados al número de árboles por hectárea (Grossman and DeJong, 1998; Robinson, *et al.*, 2006), aunque el peso del fruto puede incrementarse o disminuir (Grossman and DeJong, 1998).

El objetivo de este trabajo fue conocer el comportamiento de plantas de duraznero del cultivar "Limón Marelli" conducidas por diferentes sistemas en densidades de plantación superiores a las tradicionalmente empleadas en la zona, con referencia al crecimiento vegetativo y a las características productivas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) del INTA San Pedro del INTA (33° 44' 26,5'' Lat S y 59° 47' 43'' Long O), en durazneros del cultivar local "Limón Marelli", que produce frutos de pulpa amarilla pegada al carozo y madura durante la segunda quincena de enero. El portainjerto utilizado fue "Cuaresmillo" y el cultivo se realizó en condiciones de secano durante toda la experiencia.

La plantación se efectuó sobre suelo perteneciente a la Serie Ramallo, caracterizada por un horizonte A, de unos 30 cm de espesor, franco, pardo oscuro, friable, permeable, húmifero y un horizonte B, arcilloso, pardo claro, compacto, impermeable y difícil de penetrar (INTA. Instituto de Suelos. Carta de Suelos de la República Argentina).

Las prácticas culturales realizadas anualmente sobre los frutales no difirieron de las normalmente empleadas en la zona, según las recomendaciones de la EEA San Pedro (Mitidieri, 2003; Segade, 2006).

La cosecha se procesó mediante el uso de una calibradora electrónica.

El diseño estadístico del experimento fue en bloques completamente aleatorizados con 4 repeticiones por tratamiento y 4 plantas útiles por parcela.

Los tratamientos fueron:

Tratamientos	Marco de plantación
SEMIPALMETA (SP)	4,0m x 2,5m
VASO DENSO (VD)	5,0m x 3,0m
LIDER CENTRAL (LC)	4,0m x 2,0m

Variables evaluadas a través de 12 temporadas de crecimiento:

1. Variables medidas

Diámetro de tronco (DT) medido a 30 cm del suelo y antes de la poda invernal. Se calculó a partir del perímetro medido con una cinta métrica flexible.

Rendimiento (R) en kilogramos por planta.

Peso promedio de los frutos (PPFR) expresado en gramos por fruto (g/fruto).

2. Variables calculadas a partir de datos observados

Eficiencia productiva (EP), medida como la relación entre el rendimiento por planta y la sección de tronco, expresada en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²).

3. Variables estimadas

Rendimiento por unidad de superficie expresada en kg/ha.

Rendimiento acumulado a través de las campañas, expresado en kg/ha.

Todas las variables se comenzaron a evaluar a partir del segundo verde al cual se denominó Temporada 1

(Temp 1). Debido a factores climáticos que afectaron la producción, las temporadas 4 y 8 no fueron consideradas.

El análisis estadístico de los datos registrados se efectuó mediante el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) utilizando el análisis de la variancia. La separación de medias se efectuó mediante el Test de Scheffe al 5% de significancia ($\alpha = 0,05$). Se elaboraron las curvas de regresión para DT, R y Rendimiento por unidad de superficie.

RESULTADOS

1. Variables medidas

1.1. Diámetro de tronco (DT): SP superó significativamente ($p < 0,05$) a LC durante todas las temporadas, menos en la última y a VD durante las 4 primeras campañas. A partir de la temporada 4, VD presentó los mayores DT, si bien sólo se diferenciaron significativamente ($p < 0,05$) en las Temp 4, 11 y 12 (tabla 1).

DT aumentó en todos los sistemas de conducción a través de los años, notándose hacia el final del período considerado una disminución de la tasa de crecimiento de esta variable. En todos los tratamientos la evolución del diámetro de tronco en el tiempo, se ajustó a curvas de tipo logarítmicas (figura 1).

Tratamiento	Temporadas											
	Temp 1	Temp 2	Temp 3	Temp 4	Temp 5	Temp 6	Temp 7	Temp 9	Temp 10	Temp 11	Temp 12	
SP	3,65 a	4,95 a	7,87 a	8,30 a	9,65 a	9,90 a	10,85 a	11,27 a	11,53 a	11,60 b	11,81 b	
VD	2,50 b	3,84 b	6,46 b	7,41 b	9,89 a	10,19 a	11,18 a	11,58 a	12,11 a	12,40 a	12,66 a	
LC	2,65 b	3,72 b	6,07 b	6,80 c	8,90 b	9,10 b	9,32 b	9,70 b	10,49 b	10,50 c	11,20 b	

Tabla 1. Diámetro de tronco (cm) para los distintos tratamientos en cada temporada (Temp). Elaboración propia. Los valores de las columnas seguidos de la misma letra, no difieren significativamente ($p < 0,05$). *Nota:* No se tomaron los datos correspondientes a la Temporada 8 por considerar a las plantas muy perjudicadas en su actividad vegetativa a consecuencia de adversidades climáticas.

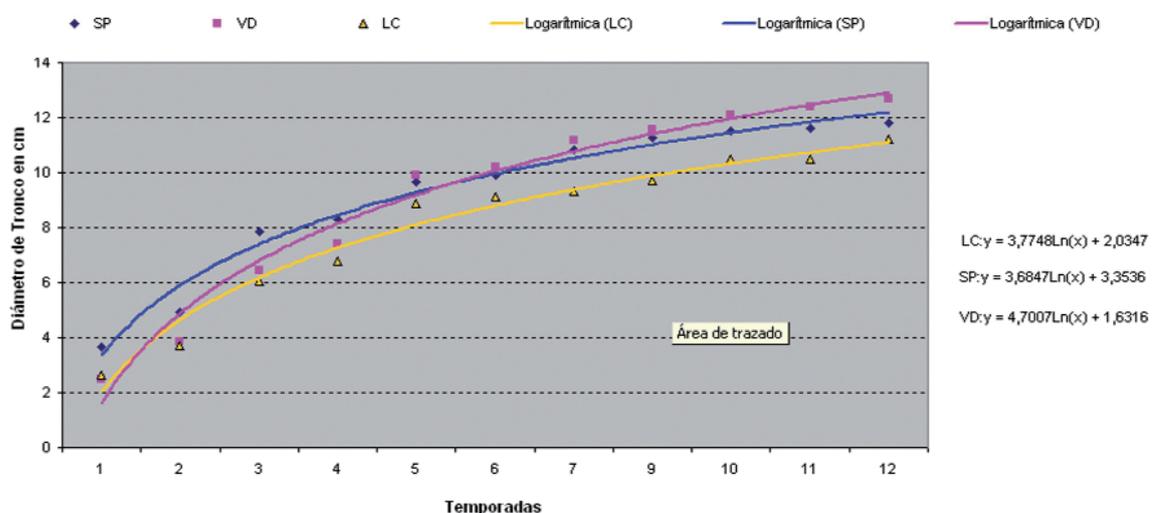


Figura 1. Diámetro de tronco por tratamiento a través de las temporadas evaluadas.

1.2. Rendimiento por planta (R): VD fue el tratamiento con menor R en la primera temporada evaluada, luego se igualó con LC en las temporadas 2 y 3 y, a partir de allí lo superó hasta el final del período evaluado. SP superó a LC durante todas las temporadas evaluadas con excepción de la Temp 1 y la Temp 7; por otro lado, no superó a VD a partir de la Temp 5 (tabla 2).

R, en LC y VD, se ajustó a curvas de tipo cuadráticas, evolucionando en forma similar a través de las temporadas, observándose un aumento de los valores hasta la sexta y séptima cosecha (Temp 6 y 7) a partir de las cuales comenzaron a decrecer. En el caso de SP, esta variable se ajustó a una curva de tipo cúbica (figura 2).

Tratamiento	Temporadas									
	Temp 1	Temp 2	Temp 3	Temp 5	Temp 6	Temp 7	Temp 9	Temp 10	Temp 11	Temp 12
SP	1,09 a	14,01 a	16,88 a	36,90 b	23,64 a	25,65 b	24,24 a	33,27 a	21,27 b	17,86 b
VD	0,51 b	7,47 b	12,20 b	51,36 a	20,89 a	32,51 a	26,57 a	37,63 a	32,18 a	26,15 a
LC	0,92 a	7,10 b	12,06 b	26,31 c	13,42 b	23,24 b	17,31 b	22,69 b	16,31 c	11,97 c

Tabla 2. Rendimiento por planta (kg) para los distintos tratamientos en cada temporada (Temp). Elaboración propia. Los valores de las columnas seguidos de la misma letra, no difieren significativamente ($p < 0,05$). Nota: Las Temporadas 4 y 8 no fueron cosechadas como consecuencia de adversidades climáticas.

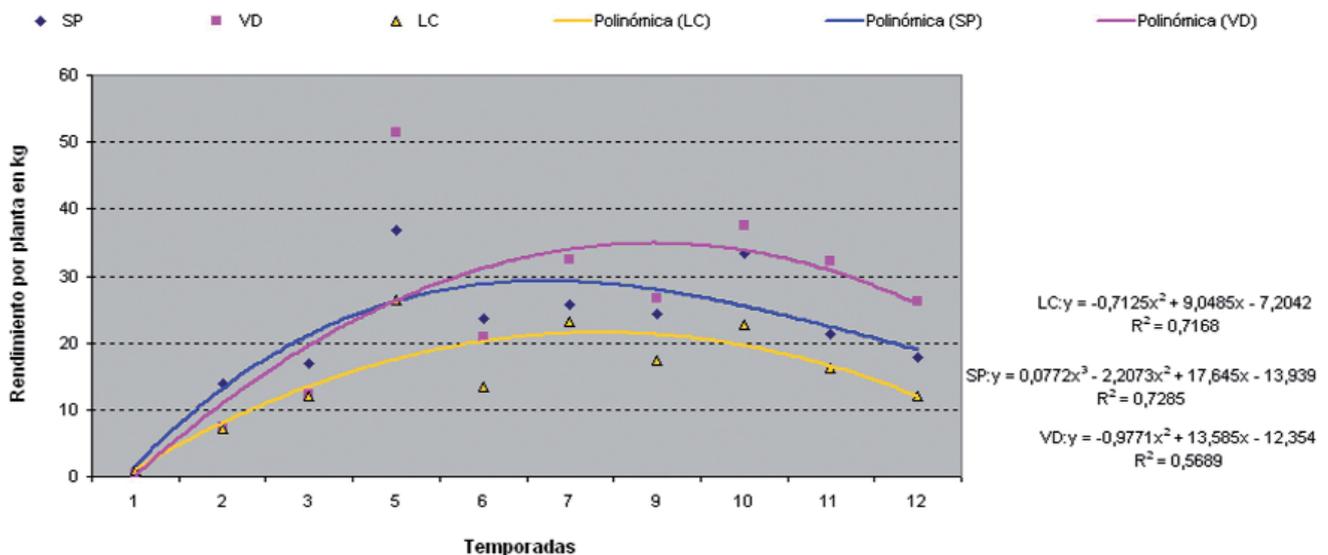


Figura 2. Rendimiento por planta, de los distintos tratamientos, a través de las temporadas evaluadas.

1.3. Con referencia al Peso Promedio por Fruto (PPFR): las diferencias entre tratamientos se manifestaron de manera diversa en las distintas temporadas. VD superó significativamente ($p < 0,05$) a SP y LC en Temp 2 y 6, y

sólo a LC en Temp 3 y 9. SP fue significativamente menor ($p < 0,05$) con respecto a los otros tratamientos, en las Temp 5, 10 y 11. LC sólo superó significativamente ($p < 0,05$) a VD y SP en la última campaña evaluada (tabla 3).

Tratamiento	Temporadas									
	Temp 1	Temp 2	Temp 3	Temp 5	Temp 6	Temp 7	Temp 9	Temp 10	Temp 11	Temp 12
SP	92,78 a	87,44 b	101,28 a	82,73 b	86,31 b	97,61 a	126,85 a	116,17 b	89,16 b	120,81 b
VD	96,42 a	104,70 a	100,20 a	94,86 a	107,87 a	102,51 a	125,05 a	128,27 a	98,67 a	124,17 b
LC	101,87 a	89,51 b	79,13 b	95,61 a	95,50 b	101,10 a	117,80 b	127,61 a	101,60 a	136,22 a

Tabla 3. Peso promedio de los frutos (g/fruto) entre tratamientos por Temporada (Temp). Elaboración propia. Los valores de las columnas seguidos de la misma letra, no difieren significativamente ($p < 0,05$). Nota: Las Temporadas 4 y 8 no fueron cosechadas como consecuencia de adversidades climáticas.

2- Variables estimadas

En el caso de los rendimientos por hectárea, SP y LC fueron los tratamientos que, hasta la Temp 10 y con excepción de la Temp 5, presentaron mayores producciones por ha, si bien las diferencias no fueron siempre significativas ($p < 0.05$) al comparar con VD. Por otro lado, alcanzaron rápidamente valores interesantes durante los

primeros años de producción (Temp 1, 2 y 3) que los diferenciaron del tratamiento menos denso (tabla 4).

Al considerar el rendimiento acumulado por hectárea, a la tercera temporada LC y SP superaron ampliamente a VD. Al final del período considerado las diferencias se redujeron notablemente, LC superó a VD en alrededor del 13% mientras SP lo hizo en un 32% (tabla 5).

Tratamiento	Temporadas									
	Temp 1	Temp 2	Temp 3	Temp 5	Temp 6	Temp 7	Temp 9	Temp 10	Temp 11	Temp 12
SP	1095,0 a	14015,0 a	17876,0 a	36905,0 a	23640,0 a	25655,0 ab	24240,0 a	33274,0 a	21271,0 a	17857,0 a
VD	339,6 b	4981,0 c	8140,0 c	34256,0 a	13932,0 b	21683,0 b	17723,0 b	25096,0 b	21462,0 a	17441,0 ab
LC	1156,3 a	8875,0 b	15081,0 b	32888,0 a	16781,0 b	29050,0 a	21644,0 ab	28359,0 b	20391,0 a	14969,0 b

Tabla 4. Rendimiento (kg/ha) para los distintos tratamientos en cada temporada (Temp). Elaboración propia. Los valores de las columnas seguidos de la misma letra, no difieren significativamente ($p < 0,05$). Nota: Las Temporadas 4 y 8 no fueron cosechadas como consecuencia de adversidades climáticas.

Tratamiento	Producción Acumulada	
	A la Temp 3	A la Temp 12
SP	31980	241810
VD	13460,06	165062,49
LC	25100	189162,5

Tabla 5. Producción acumulada registrada (kg/ha) al cuarto y al decimotercero año desde la plantación. Elaboración propia. Nota: Las Temporadas 4 y 8 no fueron cosechadas como consecuencia de adversidades climáticas.

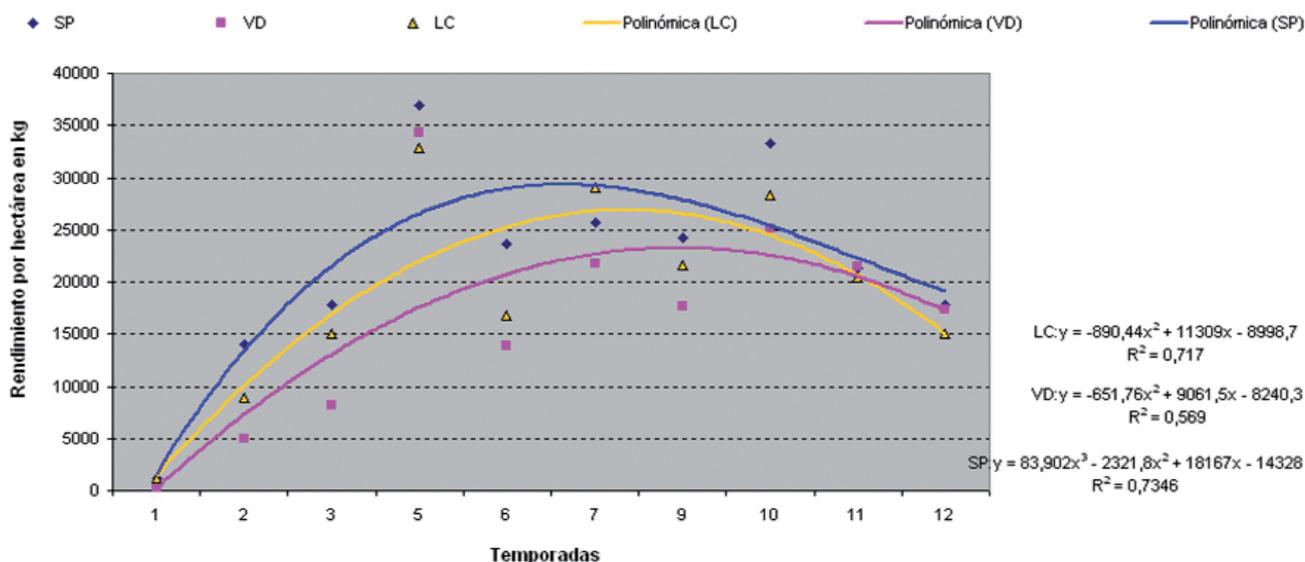


Figura 3. Rendimiento por hectárea, por tratamiento a través de las temporadas evaluadas.

Tratamiento	Temporadas									
	Temp 1	Temp 2	Temp 3	Temp 5	Temp 6	Temp 7	Temp 9	Temp 10	Temp 11	Temp 12
SP	0,10 b	0,72 a	0,36 a	0,52 b	0,31 a	0,29 a	0,25 a	0,32 a	0,21 b	0,16 b
VD	0,13 a b	0,65 a	0,37 a	0,67 a	0,26 a b	0,33 a	0,25 a	0,32 a	0,26 a	0,21 a
LC	0,18 a	0,71 a	0,43 a	0,42 c	0,20 b	0,34 a	0,23 a	0,26 b	0,20 b	0,12 c

Tabla 6. Eficiencia productiva (kg/cm² de Área Sección de Tronco) para los distintos tratamientos en cada temporada (Temp). Elaboración propia. Los valores de las columnas seguidos de la misma letra, no difieren significativamente ($p < 0,05$). Nota: Las Temporadas 4 y 8 no fueron cosechadas como consecuencia de adversidades climáticas.

Los rendimientos por hectárea de VD y LC se ajustaron a curvas de tipo cuadráticas mientras SP lo hizo a una curva de tipo cúbica (figura 3).

3. Variables calculadas

Eficiencia productiva (EP): VD mostró valores significativamente mayores ($p < 0,05$) que el resto de los tratamientos en Temp 5, 11 y 12. SP tuvo la menor ($p < 0,05$) EP sólo en la Temp 1. LC fue el tratamiento significativamente ($p < 0,05$) menos eficiente en las temporadas 5, 10 y 12 (tabla 6).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El diámetro de tronco resultó negativamente afectado por la densidad de plantación, ésto se atribuyó a la competencia entre plantas, coincidentemente con lo reportado por Corelli *et al.* (1986), Lanzelotti *et al.* (1987), Marini and Sowers (2000) y Robinson *et al.* (2006). La evolución de la tasa de crecimiento del diámetro del tronco, que se observa en la curva de regresión (fig 1) así como también el valor final alcanzado, resultaron afectados por la densidad de plantación. La tasa de incremento de DT fue disminuyendo a través de las temporadas en todos los tratamientos. La ocurrencia de adversidades climáticas de distinto origen en algunas de las temporadas evaluadas, y que afectaron fuertemente la producción, explicarían la importante variación en los valores de DT entre temporadas y la aparición de valores muy apartados del promedio (Temp 4, 5 y 6). En función del tipo de adversidad y del momento de ocurrencia es el efecto sobre la variable medida sin dejar de tener en cuenta que en este tipo de cultivos de naturaleza perenne, los efectos interactúan de un año a otro. Este mismo comentario es extensivo a lo ocurrido con R; el perjuicio sobre la producción en la Temp 4 (helada tardía) fue seguida de un fuerte crecimiento en DT a diferencia de lo ocurrido en la Temp 8 (granizo) que perjudicó la producción poco antes de la cosecha y que no fue seguido de un aumento de DT comparable al de la Temp 5.

SP mostró adelanto en la entrada en producción, evidente en las tres primeras temporadas. Este hecho, en función de la cantidad de plantas por hectárea, resultó en el logro de buenos rendimientos en los primeros años de producción. Lo comentado coincide con lo informado por Lemus y Valenzuela (1986), Corelli y Sansavini (1991) y Blackburn and Rom (1998).

Las diferencias en la producción por hectárea (ha) fueron más marcadas durante las primeras 4 campañas. Luego se observó un aumento en la producción por planta en el VD que superó a los otros dos sistemas, si bien los rendimientos por ha siguieron siendo mayores en SP y LC, casi hasta el final del período de la experiencia, en virtud de la mayor densidad de plantación.

SP y LC alcanzaron su techo productivo antes que VD; a este efecto contribuiría la mayor competencia entre plantas, producto de la mayor densidad de plantación.

Este hecho lo explicaría con mayor prontitud considerando a la competencia entre plantas como el elemento de mayor influencia en este efecto.

La eficiencia y productiva resultó poco afectada por el tratamiento, no se puede asegurar que la densidad tuviera un efecto determinante sobre la EP. Estos resultados no coinciden con lo expuesto por Crassweller and Smith (1996), quienes reportaron que los sistemas con eje central tendían a ser más eficientes que los de centro abierto.

PPFR resultó afectado por el tratamiento, por el factor año y por la interacción tratamiento por año. En todos los tratamientos, una sobrecarga de frutos estuvo ligada a bajos PPFR. El VD fue el sistema que mayores valores presentó aún cuando la producción por planta superó a la de los otros sistemas en varias de las campañas medidas. PPFR estuvo negativamente relacionado con el número de árboles por hectárea.

Los resultados obtenidos en esta experiencia apoyan, en términos generales, a aquellos reportados por DeJong

et al. (1999) que, luego de una experiencia de 5 años donde se comparó un sistema de conducción plantado en dos densidades diferentes, el sistema más denso tuvo los mayores rendimientos.

Del experimento se desprende que, para la variedad utilizada, la mayor densidad de plantación permitió fundamentalmente, un rápido e importante incremento de la producción por ha. Este factor puede resultar relevante y en consecuencia considerar a las alternativas evaluadas como herramientas útiles al momento de planificar una plantación.

REFERENCIAS

- BALDASARRI, T.: 1963. Ferrara cuna della nuova palmetta. *Frutticoltura* Vol. 25 N.º 10, p. 709-722.
- BALDASARRI, T.: 1975. *Fruticultura Industrial con la Nueva Palmeta*. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España.
- BASSOLS, M.: 1979. Densidade do plantio em pessegueiro. *Anais do V Congresso Brasileiro do Fruticultura*. Vol. III, p 10-15.
- BLACKBURN, B. AND C. R. ROM: 1998. Early performance of six peach training systems. *HortSci.*, Vol. 33(4): 600.
- BRAZANTI, E.; D. COBIANCHI; L. RIVALTA: 1973. Confronto fra due metodi di potatura di due cultivar de percoche. XII Convegno Peschicola Romagnolo Cesena-Italia.
- CELLINI, D.: 1973. Palmeta + Bidone = Palbidone. *Publicación semestral* N.º 24. Zanzivivai. Ferrara. Italia
- COLELLA, F.: 1970. Un nuevo sistema de conducción del duraznero "A Fuso". *Frutticoltura*, Vol. 32 N.º 1-2, p. 35-37.
- CORELLI, L; G. BRIGHENTI; U. PALARA: 1986. Esperienze su forme di allevamento del pesco per medie e alte densita d'impianto. *Frutticoltura*, N.º 12, p.55 - 60.
- CORELLI, L; S. SANSAVINI: 1991. Forme di allevamento, efficienza degli impianti e qualita delle pesche. *Frutticoltura*, N.º 6, p. 13 - 24.
- CRASSWELLER, R. M. AND D. E. SMITH: 1996. Influence of training systems on tree size, yield and fruit quality of 15 peach cultivars. *HortSci.*, Vol. 31(4): 666.
- DEJONG, T. M.; W. TSUJI; J. F. DOYLE AND Y. L. GROSSMAN: 1999. Comparative economic efficiency of four peach production systems in California. *HortSci.* 34: 73 - 78.
- FISHER, D.V.: 1969. High density peach plantings. *Proc. N. J. State HortScience*. Vol 114. p. 203-207.
- FISHER, D.V.: 1971. Why not a small peach tree? *American Fruit Growers*, p.15.
- FRANGI, H.: 1985. Filas dobles para plantación de duraznero en alta densidad. *Carpeta "Día de Campo"*. EEA San Pedro (INTA).
- GROSSMAN, Y.L. AND Y.M. DEJONG: 1998. Training and pruning system effects on vegetative growth potential, light interception, and cropping efficiency in peach trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123: 1058 - 1064.
- HAYDEN, R.; F. EMERSON: 1973. Close ranks for more peach. *American Fruit Growers*, Vol. 193, N.º 12, p. 13-15.
- INTA. Instituto de Suelos. Carta de suelos de la Republica Argentina. Hoja 3360-34 y 35. San Pedro, Baradero, Castelar, INTA: Centro de Investigaciones en Recursos Naturales. s.f. s.n. p. + map
- LEMUS S., G.; J. VALENZUELA B.: 1986. Producción y crecimiento de durazneros en alta densidad y conducidos en eje central, con dos intensidades de poda. *Agricultura Técnica (Chile)* 46 (3): 361 - 364.
- LORETI, F. and R. MASSAI: 2002. The high-density peach planting system: Present status and perspectives. *Acta Hort.* 592:377-390
- MARINI, R. P. AND D. S. SOWERS: 2000. Peach tree growth, yield, and profitability as influenced by tree form and tree density. *HortSci*, Vol. 35(5): 837 - 842.
- MITIDIERI, M.:2003. Enfermedades del duraznero. http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/prv/mm_010.htm, INTA EEA San Pedro, Bs. As. Argentina (verificado marzo de 2010).
- ROBINSON, T. L., R. L. ANDERSEN AND S. A. HOYING: 2006. Performance of Six High Density Peach Training Systems in the Northeastern United States. *Proceedings of the Sixth International Peach Symposium*. *Acta Horticulturae* 713: 311-320
- SEGADE, G: 2006. Calendario de actividades para el manejo de plagas del duraznero en producción convencional. http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/2006/gs_001.htm INTA EEA San Pedro, Bs. As. Argentina (verificado marzo de 2010).

Líneas de girasol de la EEA Pergamino

GONZÁLEZ, J.¹; MANCUSO, N.¹; LUDUEÑA, P.¹

RESUMEN

Se analizaron tres grupos de líneas de girasol (*Helianthus annuus*) de la EEA Pergamino del INTA. Grupo 1: líneas derivadas de los compuestos P1, P2, P4, PGRK y KLM liberadas en la década del 90. Grupo 2: líneas GP logradas de cruces entre las del grupo 1 con otras fuentes, liberadas a partir del 2001. Grupo 3: líneas AO (contenido de oleico > 80%) derivadas de materiales del North Dakota y de cruces con materiales locales. Se analizaron los siguientes caracteres: número de aquenios por capítulo, peso de 100 aquenios, porcentaje de pepita y aceite, altura de planta y número de días desde siembra a floración. El objetivo fue evaluar la variabilidad del germoplasma entre grupos y las asociaciones entre caracteres dentro de cada grupo para identificar el idiotipo y las características diferenciales. El efecto de la selección se manifestó claramente al comparar los grupos. En el Grupo 1, la selección se efectuó principalmente por rendimiento de semilla y, en los Grupos 2 y 3 se dirigió a la mejora del contenido porcentual de aceite y contenido porcentual de oleico, respectivamente. Las líneas del Grupo 2 y Grupo 3 (AO) superaron en contenido de aceite a las del Grupo 1, las cuales fueron de mayor altura y peso de aquenio. Dentro de cada grupo se identificaron de 4 a 6 subgrupos caracterizados por los objetivos del mejoramiento y diferenciándose líneas independientes derivadas por objetivos de selección indirecta. El germoplasma evaluado podría incorporarse a diferentes "backgrounds" genéticos según los objetivos del mejoramiento.

Palabras clave: *Helianthus annuus*, líneas de girasol, mejoramiento.

ABSTRACT

Three groups of sunflower (*Helianthus annuus*) lines from Pergamino Experimental Station, INTA (National Institute of Agricultural Technology) 33° 53'S, 60° 35' O were evaluated. The lines composing the first group (Group 1) were selected from P1, P2, P4, PGRK and KLM populations, released in the decade of the 90's. The second group (Group 2) included lines GP, derived from the crosses between Group 1 and other sources, released after 2001. The third group (Group 3) consisted of lines AO (oleic content >80%) derived from crosses between North Dakota materials and local lines. Height, days to flowering, weight and number of achenes, percentage of oil, oleic acid, and kernel were analyzed. The objective was to evaluate the variability of the germplasm between groups and the associations among characters within each group, to identify the idiosyncrasy and differential characteristics. Selection effect was clearly shown when groups were compared. Group 1 was selected based on seed yield and in groups 2 and 3 by the oil and oleic acid percentage content respectively. The oil content of lines of the groups 2 and 3 was higher than group 1. On the other hand, derived from group 1 were higher and weightier achenes. Four to six sub-groups were identified within each group characterized themselves by the objectives of breeding. Individual lines, derived by indirect selection, were identified. The available germplasm could be included in different genetic backgrounds according to the objectives of the breeding program.

Key words: *Helianthus annuus*; Sunflower lines; Breeding.

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. C.C. 31 (2700) Pergamino, Argentina. Tel: +542477439023. E-mail: pergira@pergamino.inta.gov.ar

Recibido 14 de septiembre de 2010 // Aceptado 2 de febrero de 2011 // Publicado online 09 de marzo

INTRODUCCIÓN

La EEA Pergamino del INTA conduce un programa de mejoramiento genético de Girasol con el objetivo general de contribuir a incrementar la competitividad del cultivo mediante la mejora de atributos asociados con rendimiento y calidad.

Desde 1939, el programa de mejoramiento de girasol de la EEA Pergamino fue liberando germoplasma (compuestos, variedades, líneas, etc.) de diferentes características fenológicas, agronómicas, sanitarias y de calidad industrial.

En sus inicios el programa tuvo por objetivo el desarrollo de variedades de polinización abierta a partir de poblaciones introducidas por los inmigrantes adaptadas a las condiciones locales (Bertero de Romano y Vázquez, 2003) complementándose con las introducciones del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación dirigidas a incrementar el tenor de aceite. Con la aparición de la andro-esterilidad citoplasmática en la década del 70, se orientó a la obtención de líneas endocriadas para el desarrollo de híbridos (González y Mancuso, 2004).

La existencia de variabilidad es una condición indispensable para el desarrollo de un programa de mejoramiento genético. La información proveniente de la descripción de cultivares de girasol, analizada a través de métodos adecuados, permite caracterizar la variabilidad del germoplasma.

Fernández Martínez y Domínguez Giménez (1985) encontraron gran variabilidad en contenido de aceite, peso de 100 semillas, porcentaje de cáscara, contenido de aceite en pepita y composición de ácidos grasos, analizando muestras de una colección mundial de girasol. Los autores encontraron correlación negativa entre porcentaje de aceite y porcentaje de cáscara y no encontraron significación estadística en la correlación entre peso de semilla y su contenido de aceite, mientras que Fick *et al.* (1974) encontraron correlación negativa entre contenido de aceite y peso de semilla.

A su vez, Álvarez *et al.* (1991), en un estudio de poblaciones de girasol de diferentes orígenes, informaron correlación negativa entre ciclo a floración y número de granos, mientras que Arango *et al.* (1995), analizando muestras del banco de germoplasma de girasol, encontraron correlación positiva entre contenido de aceite y porcentaje de pepa, pero no encontraron correlación significativa entre contenido de aceite y peso de semilla.

Por su parte, Chikkadevaiah *et al.* (2002), en un estudio sobre líneas de girasol encontraron, que el contenido de aceite se correlacionaba positivamente con altura y peso de semilla y Joksimovick *et al.* (2004), en un estudio sobre líneas e híbridos de girasol, obtuvieron correlación positiva entre contenido de aceite y peso de semilla.

Por último, González *et al.* (2004) encontraron correlación negativa entre contenido de aceite y peso de semilla y positiva entre contenido de aceite y contenido de pepa.

En este trabajo se analizan caracteres productivos, fenológicos y de calidad industrial de varios grupos de líneas. Grupo 1: obtenidas ente los años 1980 y 1990, derivadas de los compuestos Pergamino, PGRK, KLM y de cruzas BXC, etc. Grupo 2: liberadas a partir del año 2001 producto de cruzas entre los materiales antiguos y otros de más reciente aparición. Grupo 3: líneas con alto contenido de oleico.

El objetivo fue comparar los caracteres productivos, fenológicos y de calidad industrial, entre y dentro de los distintos grupos; detectar la variabilidad y asociaciones entre los mismos, y su potencialidad para el logro de idios tipos con características diferenciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizó la información proveniente de 75 líneas mantenedoras de girasol (Anexo: "Origen de las líneas") pertenecientes a los siguientes grupos: Grupo 1, líneas derivadas de los compuestos P1 (compuesto Pergamino 1), P4 (compuesto Pergamino 4), P2 (compuesto Pergamino 2), PGRK (Pozo Genético Ruso por Klein) y KLM (Pozo Genético Klein, Locales, Manfredi) obtenidas en la década del 90; Grupo 2, líneas GP (Girasol Pergamino) provenientes de cruzas entre las del Grupo 1 con otras fuentes obtenidas a partir del 2001; Grupo 3, líneas AO de contenido de oleico mayor al 80% derivadas de materiales del North Dakota y de cruzas con materiales locales.

El análisis de los caracteres de las líneas se efectuó como parte de la descripción de cultivares para el INASE (Instituto Nacional de Semillas) dentro del programa de mejoramiento de girasol de la EEA Pergamino. Las líneas fueron descriptas en distintos años suponiendo un efecto año no significativo (se comparan con los valores de líneas testigo que fueron sembradas todos los años para usarlas como referencia en la descripción). Las fechas de siembra fueron durante el mes de octubre considerándose normales para la zona por su baja incidencia sobre caracteres relacionados con rendimiento y calidad. La parcela experimental fue de un surco de 6m de largo x 0.7m entre líneas, empleándose un diseño estadístico de bloques al azar con 4 repeticiones. Las evaluaciones se hicieron en las campañas 2001/02, 2003/04 y 2007/08.

Se midieron, en 4 plantas de cada línea los siguientes caracteres: número de aquenios por capítulo, peso de 100 aquenios, porcentaje de pepita, de aceite y de ácido oleico, altura de planta y número de días desde siembra a floración. En los dos últimos se tomó el promedio de la parcela.

Se efectuó el análisis de varianza ajustado por los valores de las líneas y testigos comunes sembrados en todas las campañas.

Las observaciones obtenidas fueron analizadas por técnicas de análisis multivariado mediante el programa estadístico INFOGEN. Se empleó el análisis de conglomerados con criterio de agrupamiento jerárquico por el método de encadenamiento promedio (UPGMA), para agrupar las líneas con características comunes con base en número de aquenios por capítulo, peso de 100 aquenios, porcentaje de pepita y de aceite, altura y ciclo a floración y contenido porcentual de ácido oleico (sólo en las líneas del grupo Alto Oleico. La estandarización de las variables se efectuó considerando media igual a cero y una desviación media absoluta igual a uno, obteniendo los "z scores" y la nueva matriz estandarizada. Las asociaciones entre caracteres fueron estimadas por análisis de correlaciones.

En la descripción de las líneas de cada grupo se señalan también características agronómicas y sanitarias (comportamiento frente a *Verticillium dahliae*, *Sclerotinia sclerotiorum*, etc.) por considerarse un aporte de interés del cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla 1 se analiza la variabilidad de los siguientes caracteres: altura, número de aquenios, peso de 100 aquenios, contenido porcentual de pepa y contenido porcentual de aceite.

Los valores de P observados indican diferencias estadísticamente significativas, tanto para grupos como para líneas en todos los caracteres. De acuerdo con estos resultados existirían diferencias, tanto entre las líneas como entre los grupos para los atributos estudiados.

Este resultado sustenta el análisis propuesto en base a los 3 grupos de líneas.

Los utilizados para el análisis se conformaron según época de obtención y atributos específicos.

En la tabla 2 se presentan los promedios de los caracteres analizados. Las líneas del Grupo 2 y las de Alto Oleico (Grupo 3) superaron en contenido porcentual de aceite a las del Grupo 1. Los valores de contenido porcentual de aceite y pepa más altos se obtuvieron en las líneas Alto Oleico y los más altos valores de peso de aquenio y altura se obtuvieron en las líneas del Grupo 1. Comparando las líneas del Grupo 2 y las de Grupo 3 Alto Oleico con las líneas del Grupo 1, se concluye que el mejoramiento logró aumentar el contenido de aceite y reducir la altura de las líneas obtenidas a partir del 2001.

En el dendrograma del Grupo 1 (figura 1) para peso y número de aquenios, contenido porcentual de aceite, contenido porcentual de pepa, altura y ciclo a floración de las líneas, se observan 5 subgrupos. El primer subgrupo está integrado sólo por la línea KLM 295 proveniente del Pozo Genético Klein Local Manfredi. El segundo lo forman dos líneas: RK 456 y RK 426-11, de similar altura y ciclo a floración, originadas en el compuesto PGRK (Pozo Genético Ruso por Klein), que son altas, de ciclo largo y con buen rendimiento en semilla.

	Fuente de variación	Repetición	Grupo	Línea
	gl	3	2	72
Altura	CM	506,5	2432,84	464,61
	p-valor	0,0056	0,0001**	0,0027**
Número de Aquenios	CM	18450,6	416598,12	142420,7
	p-valor	0,5706	<0,0001**	<0,0001**
Peso de cien aquenios	CM	2,2	39,74	6,9
	p-valor	0,0289**	<0,0001**	<0,0001
Pepa (%)	CM	30,21	420,55	88,02
	p-valor	0,058**	<0,0001**	<0,0001**
Aceite (%)	CM	121,11	292,77	51,48
	p-valor	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**

* significativo al 5%. ** significativo al 1%

Tabla 1. Análisis de varianza en caracteres de tres grupos de líneas de girasol.

	Floración (días)	Altura (cm)	Nº de achenios	Peso de achenio(g)	Pepa (%)	Aceite (%)	Oleico (%)
Grupo 1	70 a	154 c	560 a	5,99 b	70,58 a	43,22 a	
Grupo 2	74 a	136 a	557 a	5,02 a	73,81 b	47,22 b	
Grupo 3	72 a	149 b	626 b	4,84 a	74,91 b	48,23 b	86,26
Promedio	72	146	581	5,28	73,1	46,22	86,26
LSD (5%)	5.07	4.22	58,2	0,27	1,11	0,85	

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

Tabla 2. Caracteres de achenio, floración y altura en tres grupos de líneas de girasol.

El tercero lo integran: P1 00/01 y P1 00/02, de mayor altura y provenientes del 2.º ciclo de selección recurrente del compuesto P1 (ruso x silvestre); DXT 00/01, derivada de MP 557/Negro Bellocq y BXC 00/03, derivada de LC 20620/MP 555 (ruso x silvestre) y similares en contenido porcentual de aceite, número de achenios y altura; P2 556 (Compuesto P2 -6B x lenissei-) y DXT 00/02 (MP 557/Negro Bellocq), similares en altura y número de achenios; RK 489 (PGRK) y GP 762 (viejas líneas de la EEA Pergamino), destacadas por el buen rendimiento de semilla y similares en floración, número de achenios y porcentaje de pepa; b 833 y b 821 derivadas de V 196/89 precoces similares en porcentaje de pepa y peso de achenio.

El cuarto subgrupo lo forman: P4 01/01 y P1 01/01, de igual ciclo a floración; BXC 97/01, V 112 y BXC 00/02, de

similar porcentaje de aceite; MP 83/2 y b 632 de similar número de achenios; P4 01/02, de alto contenido porcentual de aceite y de pepa, y P4 04/01 y VN 02/02. Las líneas provenientes del compuesto P4 (rumano: Record, S Os2, S. Horizonte) P4 01/02 y P4 01/01 son de buen comportamiento frente a *Verticillium dahliae* y b 632 posee buen comportamiento frente a *Albugo trogopogonis* y vuelco. Las líneas P1 01/01 y MP 83/2 derivan de ruso por silvestre y se caracterizan por su precocidad y baja altura. BXC 97/01 y BXC 00/02 provienen de LC 20620/MP 555 (ruso por silvestre) resistente a roya negra y de buenas características agronómicas. VN 02/02 deriva de VNNIIMK 1646 resistente a *Verticillium*.

El quinto lo integran P1 02/01 y LXN 621, de similar ciclo y altura; P4 02/01 y AXB 02/01 de similares ciclo y peso de achenio; VN 02/01 de mayor altura y mayor contenido porcentual de aceite, y S 74. P1 02/01 (ruso x silvestre) es de buen comportamiento frente a *Downy mildew* (raza 770), vuelco y *Albugo*; LXN 621 (local por ruso) de altura y ciclo intermedio; VN 02/01, derivada de VNNIIMK 1646 y resistente a *Verticillium*; P4 02/01 (compuesto P4 rumano) y AXB 00/01 derivada de 71538/LC 20620 ambas de buen comportamiento frente a *Verticillium* y *Albugo*.

En el dendrograma de las líneas del Grupo 2 (figura 2) para peso de achenio, número de achenios, contenido porcentual de aceite y de pepa, altura y ciclo a floración se diferencian 6 subgrupos. El primer subgrupo está integrado por la línea GP 02/08 obtenida a partir de cruza-mientos entre líneas locales y públicas americanas. El segundo lo integra la línea GP 01/07, obtenida por cruceamiento entre la RK 416 y HA 89, de buen comportamiento frente a *Sclerotinia sclerotiorum* y a *Albugo*. El tercero lo forman las líneas GP 08/06 (originada a partir de materiales de North Dakota) y GP 01/02 (originada a partir de cruza de materiales de la Estanzuela y Dxt) con coincidencias en número y peso de achenios, y buen comportamiento frente a *Verticillium*.

El cuarto lo integran IMI 05/01 e IMI 04/04, de similar contenido porcentual de aceite y de pepa, con la fuente de resistencia a imidazolinonas de North Dakota; GP 07/15, GP 07/14 y GP 07/10 provienen de la cruce de SB (de origen francés) por BZ (de la EEA Balcarce) con alto contenido de aceite; GP 03/01, derivada de la combina-

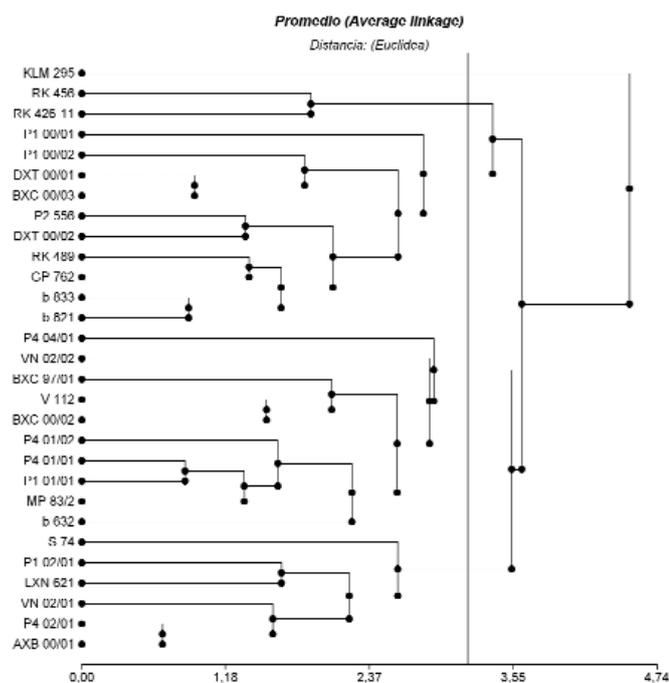


Figura 1. Grupo 1. Dendrograma(*) de clasificación de líneas en base a número y peso de achenios, contenido de pepa y de aceite, altura y floración, derivadas de los compuestos P1, P4, P2 PGRK y KLM obtenidas en la década del 90. (*) Williams W.T. (1976).

ción de E (material de la Estanzuela)/KLM 280 (línea de EEA Pergamino)/HA 300 (línea americana) presenta resistencia a *Downy mildew*. Las líneas GP 07/15 y GP 07/14 coinciden en ciclo a floración, número de achenios y contenido porcentual de aceite y GP 07/10 y GP 03/01 coinciden en ciclo a floración y contenido de aceite.

El quinto subgrupo lo forman GP 07/08 y GP 07/07, de similar ciclo a floración y contenido porcentual de pepa; GP 08/07, GP 07/11, GP 03/03 y GP 02/03 de similar contenido porcentual de aceite y de pepa y GP 02/04. Las líneas GP 03/03 y GP 02/03 provienen de AxB/BxC y presentan buen comportamiento sanitario frente a *Verticillium*, *Sclerotinia* y *Albugo*. La línea GP 07/11 proviene de AO 03/15x BZ tiene alto contenido de aceite y GP 08/07 proviene de materiales de North Dakota con resistencia a *Downy mildew*.

El sexto lo integran las líneas IMI 03/02, IMI 03/01y GP 02/06 similares en contenido porcentual de pepa; GP 03/02, GP 03/07, GP 02/05 y GP 02/01 similares en ciclo a floración, altura y contenido porcentual de aceite, y GP 01/01. GP 02/06 deriva de HA 89/DxT con buen comportamiento frente a *Sclerotinia*, *Albugo* y vuelco; GP 03/02 deriva de MP 83/2/HA 89 con buen comportamiento frente a *Sclerotinia*, *Verticillium* y *Albugo*; GP 03/07 proviene de la cruce de HA 89/HA 300; GP 02/05 derivada de DXT/HA 89 con buen comportamiento a *Verticillium* y GP 02/01, derivada de MP 83/2/HA 89 con buen comportamiento a *Albugo*. Por último, GP 01/01, proviene de MP 557/Negro Bellocq /Ha 89 con buen comportamiento frene a *Verticillium*.

En el dendrograma del Grupo 3 líneas AO (figura 3) para peso y número de achenios, contenido porcentual de aceite, de pepa y de oleico, altura y ciclo a floración, se diferencian 4 subgrupos. El primer subgrupo integrado AO 02/03 y AO 02/02 de igual ciclo a floración y similar altura y contenido porcentual de aceite; originadas a partir de cruzamientos de materiales locales con la línea de Alto Oleico HA 343, son materiales "mid oleico" con buen comportamiento a *Sclerotinia* y a *Albugo*. El segundo está formado sólo por la línea AO 03/20.

El tercero lo forman GP 06/04, AO 03/17, AO 03/19 y AO 03/12, de similar número de achenios; GP 07/12, GP 07/13, GP 06/03, AO 03/14, AO 03/15 y AO 03/03, similares en contenido de ácido oléico, y GP 06/01, GP 06/04 y AO 02/01.

GP 06/04 proviene de Luch/AO 01/03, presenta buen comportamiento frente a *Verticillium*; AO 03/17 y AO 03/19 se originaron en cruzas con HA 343, teniendo AO 03/19 buen comportamiento frente a *Albugo*; GP 07/12 y GP 07/13 provienen de VN 02/01/ AO 02/01; GP 06/03 deriva de AO 01/02/BXC/AXB y las líneas AO 03/12, AO 03/15, AO 03/14 y AO 03/03 de ND 01 y AO 03/15 y AO 03/03 se destacan por su alto contenido de aceite.

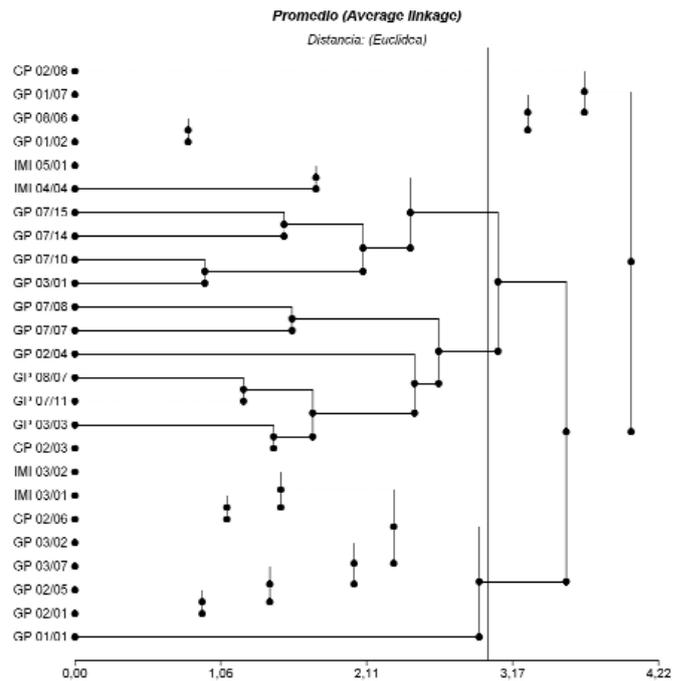


Figura 2. Grupo 2. Dendrograma(*) de clasificación de líneas GP en base a número y peso de achenios, contenido de pepa y de aceite, altura y floración, provenientes de cruzas de líneas del Grupo 1 con otras fuentes, obtenidas a partir del 2001. (*) Williams, W.T. 1976

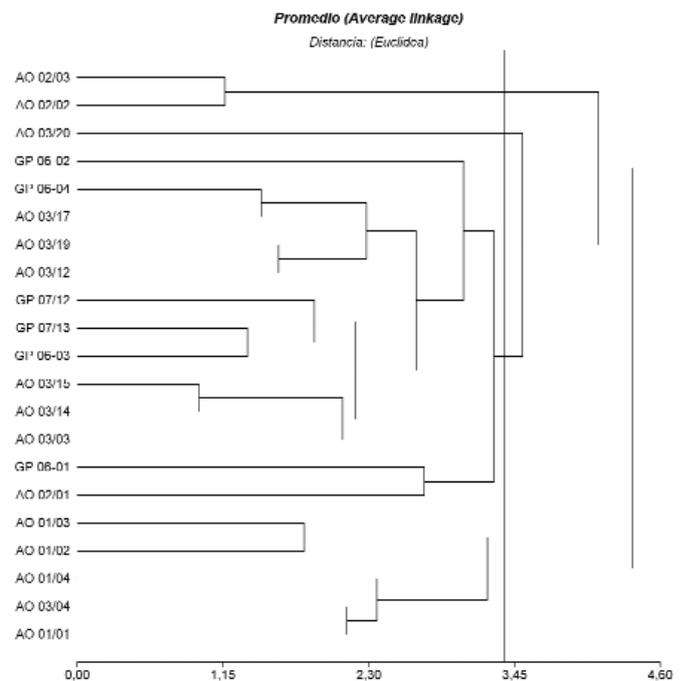


Figura 3. Grupo 3. Dendrograma(*) de clasificación de líneas AO (contenido de oleico mayor a 80%) en base a número y peso de achenios, contenido de pepa, aceite y oleico, altura y floración, derivadas de cruza entre materiales del North Dakota y locales (*) Williams, W.T. 1976

El cuarto subgrupo lo integran AO 03/04 y AO 01/01 de similar ciclo a floración y contenido de ácido oleico, y AO 01/02, AO 01/03 y AO 01/04. Todas las líneas de este subgrupo provienen de ND 01; AO 01/01 y AO 01/04 tienen buen comportamiento frente a *Sclerotinia*.

En el Grupo 1 (tabla 3) se encontró correlación positiva entre número de achenios-ciclo a floración y porcentaje de aceite–porcentaje de pepa y se correlacionaron en forma negativa: ciclo a floración–porcentaje de pepa, número de achenios–peso de 100 achenios, peso de 100 achenios–porcentaje de aceite y peso de 100 achenios–porcentaje de pepa. La correlación negativa entre peso de achenios y porcentaje de aceite coincidió con lo reportado por Fick *et al.* (1974) y discrepó con los resultados de Chikkadevaiah *et al.* (2002) y de Joksimovic *et al.* (2004).

En el Grupo 2 (tabla 4) se encontró correlación positiva entre número de achenios-ciclo a floración, número de achenios–porcentaje de aceite y porcentaje de aceite–porcentaje de pepa. Álvarez *et al.* (1991) obtuvieron correlación negativa entre número de achenios–porcen-

taje de aceite. La correlación entre peso de 100 achenios-ciclo a floración fue negativa.

En el Grupo AO (tabla 5) se encontró correlación positiva entre número de achenios-ciclo a floración y porcentaje de oleico-ciclo a floración y se correlacionaron en forma negativa: ciclo a floración–altura y número de achenios–altura.

En los 3 grupos se encontró asociación positiva entre número de achenios-ciclo a floración y en los Grupos 1 y 2 hubo correlación positiva también entre porcentaje de aceite–porcentaje de pepa. Este último resultado fue coincidente con lo informado por Arango *et al.* (1995).

Los ciclos a floración más largos favorecerían la diferenciación de un mayor número de flores y, por lo tanto, aumentaría el número de achenios.

En los materiales de obtención más reciente (Grupos 2 y 3) no se dio la asociación negativa entre peso y número de achenios observada en el Grupo 1.

	Altura	N.º Achenios	Peso 100	Aceite(%)	Pepa(%)
Floración	-010 NS	0.43 (*)	-0.32 NS	0.05 NS	- 0.33(*)
Altura	-	0.20 NS	-0.21 NS	-0.11 NS	-0.07 NS
Nº Achenios	-	-	-0.43 (*)	0.15 NS	-0.17 NS
Peso 100	-	-	-	-0.29 (*)	-0.29(*)
Aceite(%)	-	-	-	-	0.60 (*)

(*) significativo estadísticamente. NS no significativo estadísticamente

Tabla 3. Correlaciones entre floración, altura, número y peso de achenios, contenido de aceite y pepa en líneas del Grupo 1.

	Altura	Nº Achenios	Peso 100	Aceite (%)	Pepa (%)
Floración	0.12 NS	0.37 (*)	-0.47 (*)	-0.31 NS	-0.19 NS
Altura	-	0.20 NS	0.30 NS	-0.15 NS	-0.10 NS
Nº Achenios	-	-	-0.11 NS	0.39 (*)	0.15 NS
Peso 100	-	-	-	-0.20 NS	-0.07 NS
Aceite (%)	-	-	-	-	0.61 (*)

Tabla 4. Correlaciones entre floración, altura, número y peso de achenios, contenido de aceite y pepa en líneas del Grupo 2.

	Altura	Nº Achenios	Peso 100	Aceite (%)	Pepa (%)	Oléico (%)
Floración	-0.64 (*)	0.67 (*)	-0.02 NS	0.18 NS	-0.30NS	0.58 (*)
Altura	-	-0.50 (*)	0.14 NS	-0.19 NS	0.37 NS	-0.45 NS
Nº Achenios	-	-	0.16 NS	0.20 NS	0.12 NS	0.29 NS
Peso 100	-	-	-	0.15 NS	0.16 NS	0.39 NS
Aceite (%)	-	-	-	-	0.26 NS	0.11 NS
Pepa (%)	-	-	-	-	-	0.18 NS

Tabla 5. Correlaciones entre floración, altura, número y peso de achenios, contenido de aceite, pepa y oleico en líneas del Grupo 3 (AO).

La correlación positiva entre número de aquenios y ciclo a floración podría explicarse por el origen de los materiales y por el proceso de selección al que fueron sometidos. El mejoramiento del cultivo tuvo originalmente el objetivo de lograr materiales de alto rendimiento en semilla que superaran el de las primeras introducciones, precoces y de baja producción. Para tal fin, se buscaban genotipos de buena producción de semilla (alto número de aquenios/capítulo), carácter asociado a ciclos largos a floración. En la actualidad, el mejoramiento busca revertir la tendencia mediante el logro de cultivares de ciclo intermedio-corto adaptados al sistema de cultivo, tomando como objetivo no sólo el rendimiento de semilla sino el rendimiento de materia grasa/ha (producto del rendimiento de semilla por el contenido porcentual de aceite).

La correlación negativa entre peso y número de aquenios observada en el Grupo 1, logró anularse por el mejoramiento en los materiales más nuevos (Grupos 2 y 3). De esta forma, podrían obtenerse altos rendimientos sin que la mejora de uno de los componentes incidiera negativamente en el otro.

El mejoramiento del contenido porcentual de aceite se logró por un aumento del contenido de pepa en la semilla, tal como se observa en la correlación positiva obtenida entre estos dos caracteres (Grupos 1 y 2). Por lo tanto el mejoramiento se concentró en el logro del aumento del rendimiento en materia grasa.

Deberían continuarse analizando las asociaciones entre caracteres en los diferentes materiales resultantes del proceso de mejoramiento para orientar la intensidad de selección y mejorar la eficiencia de utilización de los recursos ambientales y la competitividad del girasol en los sistemas de producción.

CONCLUSIONES

A través de los dendrogramas se identificaron en cada grupo 4 a 6 sub-grupos, caracterizándose por los objetivos del mejoramiento y diferenciándose líneas independientes derivadas por selección indirecta.

La presión de la selección orientada se manifestó claramente al comparar los grupos. En el Grupo 1 la selección se efectuó principalmente por rendimiento de semilla y en los Grupos 2 y 3 se dirigió a la mejora del contenido porcentual de aceite y contenido porcentual de oleico respectivamente. Las líneas del Grupo 2 y Grupo 3 (Alto Oleico) superaron en contenido de aceite a las del Grupo 1; mientras que éstas se diferenciaron por altura y peso de aquenios.

Dada la amplitud de líneas de diferentes orígenes que presentaron correlaciones positivas con caracteres asociados a la producción y calidad, el germoplasma evaluado podría incorporarse a diferentes programas según los objetivos del mejoramiento genético.

AGRADECIMIENTOS

Al Grupo de trabajo Girasol de la EEA Pergamino del INTA por su colaboración en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

ARANGO, M., GONZÁLEZ, J., OLIVA, C., MANCUSO, N. y RE, S. 1995. Caracteres de semilla de girasol (*Helianthus annuus* L.) del Banco de Germoplasma de Pergamino. Primer Congreso Nacional de Soja y Segunda Reunión Nacional de Oleaginosos. Tomo I. Cap. V: 1/7. Octubre 1995.

ALVAREZ, D.; LUDUEÑA, P.; FRUTOS, E.; 1991. Correlaciones y causalidad entre caracteres de girasol. Primera reunión nacional de Oleaginosos. Rosario, Argentina: 384-388.

BALZARINI, M.; DI RIENZO, J. 2004. Info-Gen: Software para análisis estadístico de datos genéticos. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. Argentina.

BERTERO DE ROMANO, A.; VÁZQUEZ, A.N. 2003. Origin of the Argentine sunflower varieties. *Helia*, 26:127-136.

CHIKKADEVAHIAH; SUJATHAHA, H. L.; NANDINI 2002. Correlation and path analysis in sunflower *Helia* 25 N.º 37 : 109-118.

FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, J.; DOMÍNGUEZ GIMÉNEZ, J. 1985. Evaluación de la variabilidad en caracteres de la semilla de una colección mundial de girasol. 11.º Conferencia Internacional de Girasol, Mar del Plata, 1985. Actas. Buenos Aires, Asociación Argentina de Girasol. pp. 535-540.

FICK, G.N.; ZIMMER, D.E.; ZIMMER, D.C. 1974. Correlation of seed oil content in sunflower with other plants and seed characteristics. *Crop Science* 14: 755-756.

GABRIEL K.R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika* 58: 453-467.

GONZÁLEZ, J., MANCUSO, N. 2004 Variabilidad en caracteres de planta y aquenio de líneas de girasol de diferentes orígenes. 25-29. *Revista de Tecnología Agropecuaria*. Vol. IX, N.º 27.

GONZÁLEZ, J.; MANCUSO, N; AMÉNDOLA, C. Y LUDUEÑA, P. 2004. Production Characters and Industrial Quality of Sunflower from Buenos Aires Region (Argentina). 16.º International Sunflower Conference. North Dakota, USA. Tomo I: 235-242, August 29-September 2, 2004.

JOKSIMOVIC, J; ATLAGIC, J; JOVANOVIC, D; MARINKOVIC, 2004. Path Coefficient analysis of some head and seed characteristics in sunflower. 16.º International Sunflower Conference. North Dakota, USA. Tomo II: 525-530, August 29- September 2, 2004.

WILLIAMS, W.T., 1976. Pattern Analysis in Agricultural Science. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam.

ANEXO

Líneas de EEA Pergamino INTA. Ref.: Línea | Origen.

AXB 00/01 | AxB 3479-2-2-1 (71/538 (de origen similar a MP 555) por LC 20620
b 632 | b-632 P4 S6 (Record, sintética Os2 y sintética Horizonte)
b 821 | V 196 x 89 F8 de EEA Pergamino
b 833 | V 196 x 89 F8
BXC 00/02 | BXC 3495-2-1-1 (LC 206020 por MP 555)
BXC 00/03 | BXC 3496-1-3-3 (LC 206020 por MP 555)
BXC 97/01 | LC 206020 por MP 555 rusas X silvestres con resistencia a roya
DXT 00/01 | DXT 3330-3-2-4 (MP 557/ Negro Bellocq)
DXT 00/02 | DXT 3331-3-1-2 (MP 557/ Negro Bellocq)
GP 762 | Viejas líneas del programa de la EEA Pergamino del INTA
KLM 295 | compuesto Klein, Locales, Manfredi EEA Pergamino
LXN 621 | Líneas locales estriadas / líneas de aqueño negro de origen ruso
MP 83/2 | Mezcla Precoz de EEA Pergamino origen ruso y silvestre.
P1 00/01 | 60-10-5-1 (Compuesto P1), (cruzas ruso x silvestre).
P1 00/02 | 2.º ciclo de selección recurrente del Compuesto P1EEA Pergamino
P1 01/01 | Compuesto P1 ciclo 2 de Pergamino (115) s2-11-1-1-3
P1 02/01 | 60 (S2)-10-4-1 (Compuesto P1), (cruzas ruso x silvestre)
P2 556 | Compuesto P2 de EEA Pergamino (estriado), (cruza de 6B x lenissei)
P4 01/01 | P4 C3-22-2-2-7 rumano (Record, Sintética Os2, Sintética horizonte)
P4 01/02 | P4 C3-25-2-2-4 rumano (Record, Sintética Os2, Sintética horizonte)
P4 02/01 | P4 C3-25-2-2-4 rumano (Record, Sintética Os2, Sintética horizonte)
P4 04/01 | P-4-C-3-25-2-2-3 rumano (Record, Sintética Os2, Sintética horizonte)
RK 426-11 | PGRK (variedades rusas por la variedad argentina Klein)
RK 456 | PGRK (variedades rusas por la variedad argentina Klein)
RK 489 | PGRK (variedades rusas por la variedad argentina Klein)
S 74 | Sintética Os2 de origen Rumano
V 112 | MP-543 x (71-538 x H argophyllus).

VN 02/01 | VN 1646-3-2-2-4 compuesto ruso VNNIMK 1646
VN 02/02 | VN 1646-30-3-1-1 compuesto ruso VNNIMK 1646
GP 01/01 | DxT 3330-3-2-4/HA 89-1-3-3 (MP 557, Negro Bellocq ; HA 89)
GP 01/02 | E-1-1-2/DxT-3330-1-1-2-3-3-2 (E-1-1-2 -orig. La Estanzuela-)
GP 01/07 | R-K-416/ HA 89-3-2-4
GP 02/01 | MP 83/2/HA 89-6-3-3
GP 02/03 | AXB 3479-2-2-3/BXC 3495-2-1-1-2-3-3
GP 02/04 | KLM 280/HA 300-1-2-3
GP 02/05 | DxT 3330-3-2-4/HA 89-1-4-1
GP 02/06 | HA-89/DxT 3330-3-2-4-1-1-1-3
GP 02/08 | HA 822-RK 416-HA 300-GP 762-KLM 280-28-1
GP 03/01 | GP-01/02 / GP-02/04-1 -1-2-1-4
GP 03/02 | MP-83/2/HA-89-6-3-2
GP 03/03 | AxB-3479-2-2-3/BxC-3495-2-1-1-1-3-3
GP 03/07 | HA-89 /HA-300-4-3-3-1
GP 06/01 | AO-01/02 / BxC-00/01-1-2-2-4
GP 06/02 | AO-01/02 / BxC-00/01-1-2-4-1
GP 06/03 | AO-01/02 / BxC-97/01/AxB-00/01-1-1-3-2-4-2-1-3
GP 06/04 | LUCH-1-1-1-1-1/AO-01/03 -4-1-1
GP 07/07 | BZ-3669-2-5-3/KLM-280/HA-300-1-2-3-2-2-2-3
GP 07/08 | BZ-3669-2-5-3/KLM-280/HA-300-1-2-3-2-2-2-3-4
GP 07/10 | SB-04/01/BZ-3669-2-5-3-2-2-1-1-3-1
GP 07/11 | AO-03/15/BZ-3669-2-5-3-2-2-1-2-5-2
GP 07/12 | VN-02/01/AO-02/01-2-3-1-4-2
GP 07/13 | VN-02/01/AO-02/01-2-3-2-4-1
GP 07/14 | SB-04/01/BZ-3669-2-5-3-2-2-1-1-2-3 (SB (origen francés)
GP 07/15 | SB-04/01/BZ-3669-2-5-3-2-2-1-1-2-4 (BZ R.Rodriguez (Balcarce)
GP 08/06 | 2341/27 North Dakota (Miller)
GP 08/07 | 2341/28 North Dakota (Miller)
AO 01/01 | ND-01-1394-1-1-1 compuesto ND 01
AO 01/02 | ND 01-1394-1-1-2 compuesto ND 01
AO 01/03 | ND 01-1396-3-1-1-2 compuesto ND 01
AO 01/04 | ND-01-1397-3-1-3-4 compuesto ND 01
AO 02/01 | 2872-1-6 (HA 343 x Hib.F1 N.º 2 de ND)
AO 02/02 | 2881-2-4-1 (HA 343 x Hib.F1 N.º 2)
AO 02/03 | 2872-2-4-3 (HA 343 x Hib.F1 N.º 2)
AO 03/03 | ND-01-1396-2-1-1-4 compuesto ND 01
AO 03/04 | ND-01-1396-3-1-1-4 compuesto ND 01
AO 03/12 | ND-01-1397-3-1-3-2 compuesto ND 01
AO 03/14 | ND-01-1397-3-4-5-6 compuesto ND 01
AO 03/15 | ND-01-1397-3-3-2 compuesto ND 01
AO 03/17 | 2841-3-5-3 (HA 343 x Hib.F1 N.º 1)
AO 03/19 | 2813- 1-4-4 (HA 343 x Hib.F1 N.º 2)
AO 03/20 | 2875- 1-2-3 (HA 343 x Hib.F1 N.º 2)
IMI 03/01 | 2329-5-34-4-1-1 silvestre (Miller, N.Dakota; Bcross RHA 376)
IMI 03/02 | 2329-5-36-5-2-1silvestre (Miller, N.Dakota; Bcross RHA 376)
IMI 04/04 | 2309-1-5-4-1-1 N .Dakota; B.cross HA 89
IMI 05/01 | 2309-1-5-4-1-3 N.Dakota; B.cross HA 89



Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Rivadavia 1439 (C1033AAE) - Buenos Aires