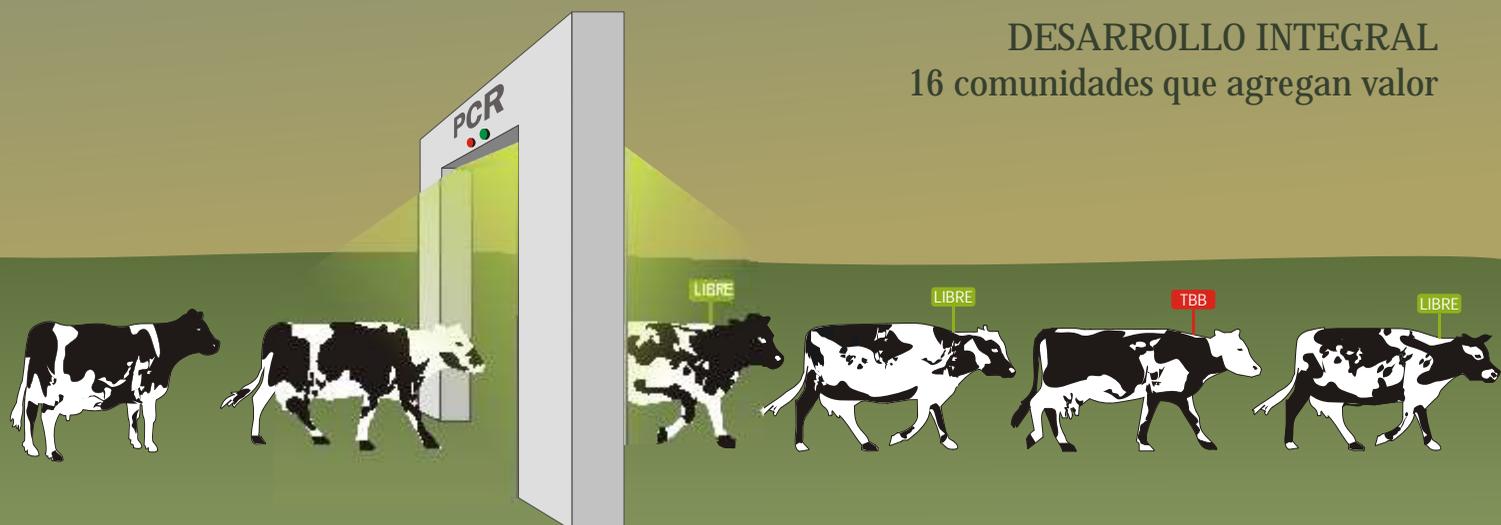


“RECUPERAR EL SABER CIENTÍFICO”
Entrevista exclusiva con Alejandro Ceccatto,
del MinCyT

BIOENERGÍA FORESTAL
6.6 millones de toneladas
de biomasa disponibles

DESARROLLO INTEGRAL
16 comunidades que agregan valor



DETECCIÓN a prueba de errores

PCR para la identificación de Tuberculosis en tambos

Ediciones

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación



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

Institución Editora:
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Cuatrimestral

Vol. 40 N.º 2
Agosto 2014, Buenos Aires, Argentina

Propiedad Intelectual
Propiedad Intelectual N.º 5170109 – IMPRESO

SEDE EDITORIAL

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

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

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

Lo expresado por autores, corresponsales o columnistas no necesariamente reflejan el pensamiento del Comité Editorial, de la revista o de su institución editora.

Indexada en
Latindex (Folio 3346)
CABI Publishing
DOAJ (Directory of Open Access Journals)
Redalyc.org
Núcleo Básico
Thomson Reuters
Dialnet
Scielo
CiteFactor

Errege y asociados
erregeyasoc@aol.com
Carolina Muzilli 5422
C.P. 1440 - CABA

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL INTA

Presidente:
Ing. Agr. Francisco Anglesio

Vicepresidente:
Ing. Agr. José Alberto Catalano

Consejeros Nacionales:
Méd. Vet. Daniel Gustavo Garello MAGyP
Ing. Agr. Oscar Arellano - Facultades de Agronomía
Dr. Eduardo Eliseo Baroni - Facultades de Cs. Veterinarias
Ing. Agr. Horacio Abel Alippe - AACREA
Ing. Agr. Elbio Néstor Laucirica - CONINAGRO
D. Alejandro Lahitte - CRA
Dr. Aldo Paredes - FAA
Sr. Bruno Quintana - SRA

Director Nacional:
Ing. Agr. Eliseo Monti

Directores Nacionales Asistentes:
DNA Sistemas de Información, Comunicación y Calidad
Lic. Juan Manuel Fernández Arocena

DNA de Relaciones Institucionales
Dra. Ana Cipolla

DNA Planificación, Seguimiento y Evaluación
Dra. Susana Mirassou

DNA Organización y RR.HH.
Ing. Agr. Guillermo Semproní

DNA Administración CPN
Lic. Rosendo Tarsetti

Coordinadores Nacionales:
CN de Transferencia y Extensión
Ing. Ftal. Diego Ramilo

CN de Investigación y Desarrollo
Dra. Norma Pensel

CN de Vinculación Tecnológica
Ing. Adolfo Luis Cerioni

COMITÉ EDITORIAL

Presidente:
Dr. Carlos Di Bella - INTA

Vocales:
Ing. Agr. Jorge Mariotti - UNSa
Dr. Ricardo Sager - INTA
Dr. Roberto J. Fernández Aldúncin - UBA-CONICET
Ing. Agr. M.Sc. María Eugenia Beget - INTA
Dr. Miguel Ángel Taboada - INTA

COMITÉ ASESOR

Ing. Agr. M.Sc. María Di Filippo - INTA
Dra. Luciana Couso - UBA
Dra. Betina Kruk - UBA
Ing. Agr. M.Sc. Alejandro Rago - INTA
Lic. Gabriela Marina Iturrioz - INTA
Lic. Marta Zulema Galván - INTA
Ing. Agr. Martín Durante - INTA

STAFF

Dirección:
Dra. Norma Pensel
Lic. Máximo Bontempo

Coordinación editorial:
Lic. Felicitas Terreno

Asistente editorial:
Giselle Miquet
Florencia Castilla

Producción Editorial:
Asesores técnicos y de contenido:
Ing. Agr. Cristian Zuchini
Dr. Martín Irurueta

Diseño y Edición:
Comunicación Visual, Gerencia de Comunicación
e Imagen Institucional

Fotografía:
Área Audiovisual, Gerencia de Comunicación
e Imagen Institucional

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



Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

Sanidad Animal en el INTA

La Sanidad conforma uno de los vértices de la triada basal de la Producción Animal, junto a la Genética y el Manejo. Estos elementos son mutuamente dependientes y la exclusión o carencia de alguno afecta la performance de los otros y el producto final. Sin embargo, la implicancia que tiene la Sanidad excede los perjuicios económicos que puede causar por la potencialidad que tienen los animales de transmitir enfermedades a las personas. Así, la “Salud Animal” representa un concepto más abarcativo que “Sanidad” ya que su fin no sólo es proteger a los animales contra las enfermedades, sino también velar por su bienestar y generar productos inocuos y de calidad. Es cada vez mayor la conciencia y percepción de los consumidores sobre estos aspectos y se deben satisfacer sus demandas si la Producción Animal desea ser una actividad económica, competitiva y sustentable.

La Argentina forma parte de las 27 naciones fundadoras de la Oficina Internacional de Epizootias (OIE), actualmente denominada Organización Mundial de Sanidad Animal y conformada por 178 Países, que busca *“garantizar la transparencia de la situación zoonosaria en el mundo, recopilar, analizar y difundir la información científica veterinaria, asesorar y estimular la solidaridad internacional para el control de las enfermedades animales, garantizar la seguridad sanitaria del comercio mundial mediante la elaboración de reglas sanitarias aplicables a los intercambios internacionales de animales y productos de origen animal”*.

El INTA trabaja en estrecho contacto con la OIE a través del Centro Buenos Aires para la Capacitación de los Servicios Veterinarios (CEBASEV) y posee dos laboratorios de referencia internacional: el de Encefalitis Espongiforme Bovina (BSE) y prurigo lumbar de los ovinos, y el laboratorio de leptospirosis, lo que evidencia su alto grado de especialización y capacidad científica. A su vez, profesionales de la institución participan en distintas organizaciones mundiales que, dentro o fuera de la OIE, tienden al mejoramiento de los conocimientos y servicios en Salud Animal como: red de expertise en influencias (OFFLU), la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA), la Coordinación de la Red de Helminología de la FAO para Latinoamérica y el Caribe; participación en la Red Interamericana para el Diagnóstico e Investigación de la leptospirosis (Rindilepto) de la OMS/OPS; participación en la Red Interinstitucional de Investigación y Desarrollo en Fiebre Aftosa (RIIDFA) junto con SENASA y CONICET;

participación en la Global Foot and Mouth Disease Research Alliance (GFRA) y participación en proyectos de investigación financiados por la Unión Europea. Estas son algunas de las articulaciones internacionales que junto a la participación en organizaciones científicas nacionales mantienen a la Institución en el estado del arte de los conocimientos en Salud Animal.

Desde su creación, la institución contribuyó a mejorar la Salud Animal a través de actividades de investigación y transferencia. Los Institutos de investigación se convirtieron en referentes nacionales e internacionales de temas como brucelosis, leptospirosis y tuberculosis a partir de significativas contribuciones en el campo del diagnóstico y la prevención. Es que las zoonosis, además de limitar la productividad de los rodeos, piaras y majadas, constituyen problemas con connotaciones muy importantes para la Salud Pública, sobre todo para las personas socioeconómicamente menos favorecidas.

Asimismo, desde hace años colabora junto con el SENASA en la vigilancia epidemiológica de la BSE y de otras encefalopatías transmisibles. En base a la información registrada, la OIE calificó al país con “riesgo insignificante” de BSE. A su vez, se lograron avances muy significativos para la prevención de enfermedades que limitaban seriamente la productividad, como la aftosa y la tristeza bovina, a través del desarrollo de vacunas más efectivas.

Luego de la creación del laboratorio de diagnóstico de la EEA Balcarce, el INTA construyó y mantiene una red de grupos de investigación en Salud Animal en las principales zonas agroecológicas del país en las que estudia la problemática sanitaria de las especies y los sistemas de producción, mediante la articulación con otros Institutos de Investigación y actores públicos y privados regionales. Este sistema permitió descubrir nuevas enfermedades, caracterizar agentes etiológicos autóctonos, capacitar profesionales y resolver problemas sanitarios, ya que un total de más de 70 mil casos-problema fueron atendidos en los últimos 30 años por la red, conformando un cuerpo de conocimientos de valor estratégico para afrontar los desafíos futuros.

Hoy el INTA participa en la construcción de un “Proyecto Red Mercosur de Investigación e Innovación en Sanidad Animal-Brucelosis y Tuberculosis” patrocinado por el IICA, y ejecuta un proyecto de investigación con financiación compartida entre INTA y EMBRAPA sobre tuberculosis.

Actualidad en I+D

Editorial

112 Sanidad Animal en el INTA

La sanidad es fundamental en la producción animal. Trasciende el concepto de "Sanidad" ya que tiene implicancias en la Salud Pública y la animal.

Notas

116 Tuberculosis Bovina bajo control

La PCR del programa de vigilancia epidemiológica de Santa Fe es una herramienta nueva y de gran utilidad para la detección de esa enfermedad en tambos.

124 Argentina con energías renovadas

Argentina cuenta con 6.6 millones de toneladas de residuos forestales. El 80 por ciento está disponible para generar energía.



129 CUM: La marca del desarrollo integral

Productores salteños del departamento de Molinos buscan consolidar una identidad común para agregar valor en origen y comercializar su producción.

134 "Acceso libre a la información científica"

En una entrevista exclusiva con Alejandro Ceccatto, el secretario de Articulación Científico Tecnológica del MinCyT, explica las repercusiones de la nueva ley y la función de los repositorios digitales.



139 Pastillas

Un breve resumen de las noticias más sobresalientes.

Trabajos

Revisión

141 Transgénesis de interés zootécnico

Gibbons, A.; Bevacqua, R.J.; Fernández-Martín, R.; Pereyra-Bonnet, F.; Cueto, M.; Bruno-Galaraga, M.; Salamone, D.

Artículos

145 Mastitis subclínica en cabras lecheras

Suarez, V.H.; Martinez, G.M.; Gianre, V.; Calvino, L.; Rachoski, A.; Chavez, M.; Salatin, A.; Orozco, S.; Sanchez, V.; Bertoni, E.

154 Humedad, ecología y manejo del fuego I

Bianchi, L.; Defossé, G.; Dentoni M.; Kunst, C.; Ledesma, R.; Bravo, S.

165 Humedad, ecología y manejo del fuego II

Kunst, C.; Ledesma, R.; Bravo, S.; Defossé, G.; Godoy, J.; Navarrete, V.

182 *Armadillidium vulgare*, nivel de daño en girasol

Faberi, A.J.; Clemente, N.L.; Manetti, P.L.; López, A.N.



189 Mejoramiento genético del alpiste

Cogliatti, M.; Cortizo, L.V.; Rogers, W.J.

196 Caracterización xilo-tecnológica de *P. ponderosa*

Letourneau, F.J.; Medina, A.A.; Andia, I.R.; Andenmatten, E.; De Agostini, N.; Mantilaro, N.

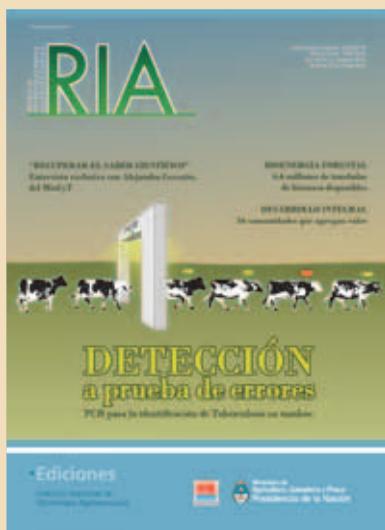
202 Manejo de la calidad foliar de *Festuca arundinacea*

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



208 Tecnologías alternativas para no dañar peras

Rodríguez, A.; Thomas, E.; Cancio, H.; Menni, F.



Nueva técnica para vigilar a la TBB

El INTA y el Ministerio de la Producción de Santa Fe crearon una técnica para detectar la presencia de Tuberculosis Bovina (TBB) en tambos. La Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) tiene la capacidad de amplificar un fragmento del ADN de un virus o bacteria para encontrarlo en muestras mínimas. Con esta herramienta, Santa Fe se ubica a la vanguardia de los planes de vigilancia epidemiológica que se realizan en la Argentina contra TBB, aunque su uso debería ser aplicado en el resto del país para lograr la erradicación final de esta enfermedad zoonótica que también posee importantes consecuencias económicas.

(Actualidad en I+D p. 116)



Bioenergía forestal

En un mundo marcado por la dependencia de los combustibles fósiles, más onerosos y escasos, sumado al aumento del consumo de energía, es indispensable considerar nuevas alternativas más sustentables y con menor impacto ambiental. Así, surgen las energías renovables de origen orgánico (biomasa). De acuerdo con un estudio de la FAO y el INTA, la Argentina cuenta con una disponibilidad de 6.6 millones de toneladas anuales de residuos agroindustriales y forestoindustriales cuyo 80 por ciento podría utilizarse para generar esa energía. Esto plantea una oportunidad única por su gran potencial de recursos y desperdicios biomásicos disponibles.

(Actualidad en I+D p. 124)

Más valor en el Valle Calchaquí

Fruto de un largo trabajo que tiene más de 10 años en el departamento Salteño de Molinos, surge la marca CUM que nuclea a 16 comunidades de esa provincia con el objetivo de agregar valor en origen a sus producciones y generar alternativas de comercialización.

Con el apoyo del INTA y la ONG Red Valles de Altura, más de 350 familias rurales lograron mejoras en el hábitat, la calidad de vida y la producción. Entre sus logros, se desarrollaron importantes obras de agua para el consumo humano y el riego, la instalación de un matadero de campaña y la implementación de campañas de vacunación y botiquines de sanidad animal para quienes lo necesiten.

(Actualidad en I+D p. 129)

Conocimiento libre digital

La ley 26.899 obliga a las instituciones nacionales de Ciencia y Técnica a montar repositorios digitales que faciliten el acceso abierto a las investigaciones financiadas con fondos públicos. Para el secretario de Articulación Científico Tecnológica del MinCyT, Alejandro Ceccatto, "la Argentina ha sido un país pionero en legislación de acceso libre a la información científica".

A largo plazo, "habrá aprovechamientos insospechados del conocimiento que hoy no se dan debido a los altos costos de suscripción a las editoriales internacionales", remarcó el funcionario. Además, destacó el compromiso del Ministerio de Ciencia para modificar los parámetros de evaluación de los científicos.

(Actualidad en I+D p. 134)

Transgénesis de interés zootécnico

Los continuos avances en el conocimiento de la biología molecular permitieron un gran progreso de la Ciencia. Los nuevos procedimientos permiten identificar, reproducir, modificar y transferir material genético en células, tejidos u organismos. A su vez, las modernas técnicas reproductivas que lograron incrementar progresivamente su eficiencia en los últimos años constituyen herramientas indispensables para avanzar en las nuevas investigaciones referidas a la modificación genética en los animales. En este trabajo se describen diversas metodologías para realizar transgénesis en animales de interés zootécnico.

(Actualidad en I+D p. 141)

Mastitis subclínica en cabras lecheras

Al igual que en lechería bovina, en el tambo de pequeños rumiantes las mastitis son un problema mayor que afectan tanto la productividad del sistema como la inocuidad y calidad de los productos. Debido a que su diagnóstico plantea problemas para su correcto monitoreo, el objetivo de los investigadores fue analizar las relaciones entre el estado infeccioso de las mamas, los diferentes métodos de diagnóstico como el conteo de células somáticas, test de mastitis California y la conductividad eléctrica y sus relaciones y posibilidades de aplicación bajo las condiciones de manejo de los tambos caprinos del país.

(Actualidad en I+D p. 145)



Humedad, ecología y manejo del fuego I

El fuego es un modelador de la mayoría de los ecosistemas vegetales del mundo, entre ellos, los de la región chaqueña argentina donde ha sido usado como una herramienta de manejo de la vegetación. Dada una fuente de ignición, para que éste pueda prosperar, deben existir ciertas condiciones. Entre ellas, el contenido de humedad del combustible juega un rol fundamental ya que su magnitud influirá en la probabilidad de ignición, en el posterior comportamiento del fuego y en el impacto que tendrá sobre el ecosistema afectado. Existen diferencias entre el contenido de humedad de los combustibles vivos y el de los muertos.

(Actualidad en I+D p. 154)



Humedad, ecología y manejo del fuego II

El fuego es la manifestación del proceso de combustión del material hidrocarbonado que forma el tejido vegetal. El agua impide o retarda la combustión por su alto calor específico. Así, la humedad de los combustibles vegetales es un índice de su facilidad de encendido y se emplea para caracterizar la posible intensidad y severidad del fuego. En este trabajo, los investigadores evaluaron la dinámica de contenido de agua a través del tiempo del follaje (combustible vivo), hojarasca y residuos leñosos de distinto diámetro (combustibles muertos) de 4 especies de árboles y 5 especies de arbustos nativos de la región.

(Actualidad en I+D p. 165)

Armadillidium vulgare, nivel de daño en girasol

La Siembra Directa (SD) se adoptó como alternativa de la labranza convencional para mejorar las condiciones del suelo y protegerlo de los efectos erosivos. *Armadillidium vulgare* posee escasa capacidad para penetrar en el suelo por lo que la SD ha originado condiciones que favorecen su desarrollo y reproducción. Sus hábitos alimenticios fitófagos los han convertido en plagas en las etapas iniciales de girasol, soja y colza en Buenos Aires, Córdoba y Entre Ríos. En el trabajo, los investigadores buscaron determinar la función de daño en el cultivo en tres ciclos agrícolas según un diseño en bloques completos aleatorizados con cinco repeticiones.

(Actualidad en I+D p. 182)

Mejoramiento genético del alpiste

La Argentina es uno de los principales productores de alpiste. Sin embargo, se invirtió poco en su mejoramiento, lo cual queda en evidencia por la falta de cultivares comerciales nacionales. Para promoverlo, los investigadores evaluaron la variabilidad genética de una colección de germoplasma conformada por poblaciones y cultivares originarios de diferentes partes del mundo, identificando una población marroquí (PI 284184) con adecuado comportamiento agronómico. En el trabajo se evaluaron siete líneas derivadas de la población PI 284184, con la intención de valorar su potencialidad para ser inscriptas como cultivares comerciales.

(Actualidad en I+D p. 189)



Caracterización xilo-tecnológica de *P. ponderosa*

El conocimiento de las propiedades de la madera es esencial para su mejor utilización. Las hay juveniles y maduras que se diferencian por su aptitud de uso. Así, las primeras pueden emplearse como madera redonda o estructural limitada en escuadras grandes y las segundas en carpintería de obra, machimbre de calidad u otros usos. Por ello hay que establecer el momento de transición entre ambas como así también otras propiedades de resistencia de esta especie a edades avanzadas. Para esto se estudiaron la longitud de traqueidas, la densidad básica y las propiedades de resistencia mecánica de la troza basal.

(Actualidad en I+D p. 196)

Manejo de la calidad foliar de *Festuca arundinacea*

Festuca alta (F. arundinacea) es una gramínea con excelente producción de forraje cuya calidad puede verse gravemente afectada si no es manejada adecuadamente. La calidad del rebrote de una pastura en estado vegetativo disminuye como consecuencia del avance de la edad de los tejidos foliares como así también por la producción de hojas progresivamente más largas. El objetivo del trabajo fue evaluar la factibilidad de aumentar la calidad de un rebrote de primavera de *F. arundinacea* mediante la reducción del tamaño de vaina de las hojas al inicio del rebrote a través del manejo de la altura de remanente.

(Actualidad en I+D p. 202)

Tecnologías alternativas para no dañar peras

El viento es una adversidad climática importante. La variedad de pera de mayor producción en el Alto Valle es Williams y es sensible al daño provocado por el viento. El uso de cortinas forestales permite atenuar su efecto sobre los cultivos, aunque suelen competir por luz, agua y nutrientes. Mediante la poda se controla el vigor y se mejora la productividad a la vez que es una alternativa para disminuir el riesgo de daño por rameado. Los investigadores buscaron evaluar y cuantificar el efecto protector de una cortina de álamos y la incidencia de dos tipos de poda sobre los frutos rameados.

(Actualidad en I+D p. 208)

PCR PARA VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA

Tuberculosis Bovina



bajo control

Gracias a esta nueva técnica desarrollada por el INTA y el Ministerio de Producción santafesino, el Estado ahora tiene una herramienta más para mantener a raya a la TBB. Otras provincias podrían acceder a esta técnica aplicada en tambos.

Por Felicitas Terreno



Por año se pierden cerca de **63 millones de dólares** en la Argentina a causa de la Tuberculosis Bovina (TBB), una enfermedad que afecta al 0,6 por ciento de esos animales. Esa cantidad de dinero se calcula en base a la pérdida de peso en los bovinos (36 por ciento), las pérdidas en producción de leche (13 por ciento del total) y el decomiso en mataderos y mataderos (10 por ciento)*. Por este motivo no es raro pensar que esta enfermedad zoonótica repercute fuertemente tanto en la **economía** de una determinada región como en sus sistemas de **Salud Pública**.

Según la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, por sus siglas en inglés), se trata de una enfermedad crónica de los animales que ocasiona un deterioro de su estado general de salud y puede afectar prácticamente a **todos los mamíferos**, incluido al ser humano. Hasta los años 20, cuando se comenzaron a aplicar medidas de control, era una de las principales enfermedades de los animales domésticos.

El coordinador del área de biotecnología pecuaria del Instituto de Biotecnología del INTA Castelar, Ángel Cataldi, asegura que en la Argentina, la TBB “tiene una prevalencia bastante importante, aunque en franco descenso” ya

que “entre el tres y el cinco por ciento de los bovinos estarían infectados”.

Por ello es que el SENASA, en su resolución 128/2012, presentó un nuevo **plan de control y erradicación de la Tuberculosis Bovina** para “la totalidad de los tambos y cabañas de leche de bovinos, caprinos y ovinos, y las cabañas de carne de bovinos y caprinos” del país. Básicamente, este plan consiste en la realización periódica de la **prueba tuberculínica**, (considerada como el “procedimiento básico de diagnóstico para reconocer a los animales infectados en el rodeo”) y la eliminación a faena de los reaccionantes positivos.

PCR para vigilancia regional

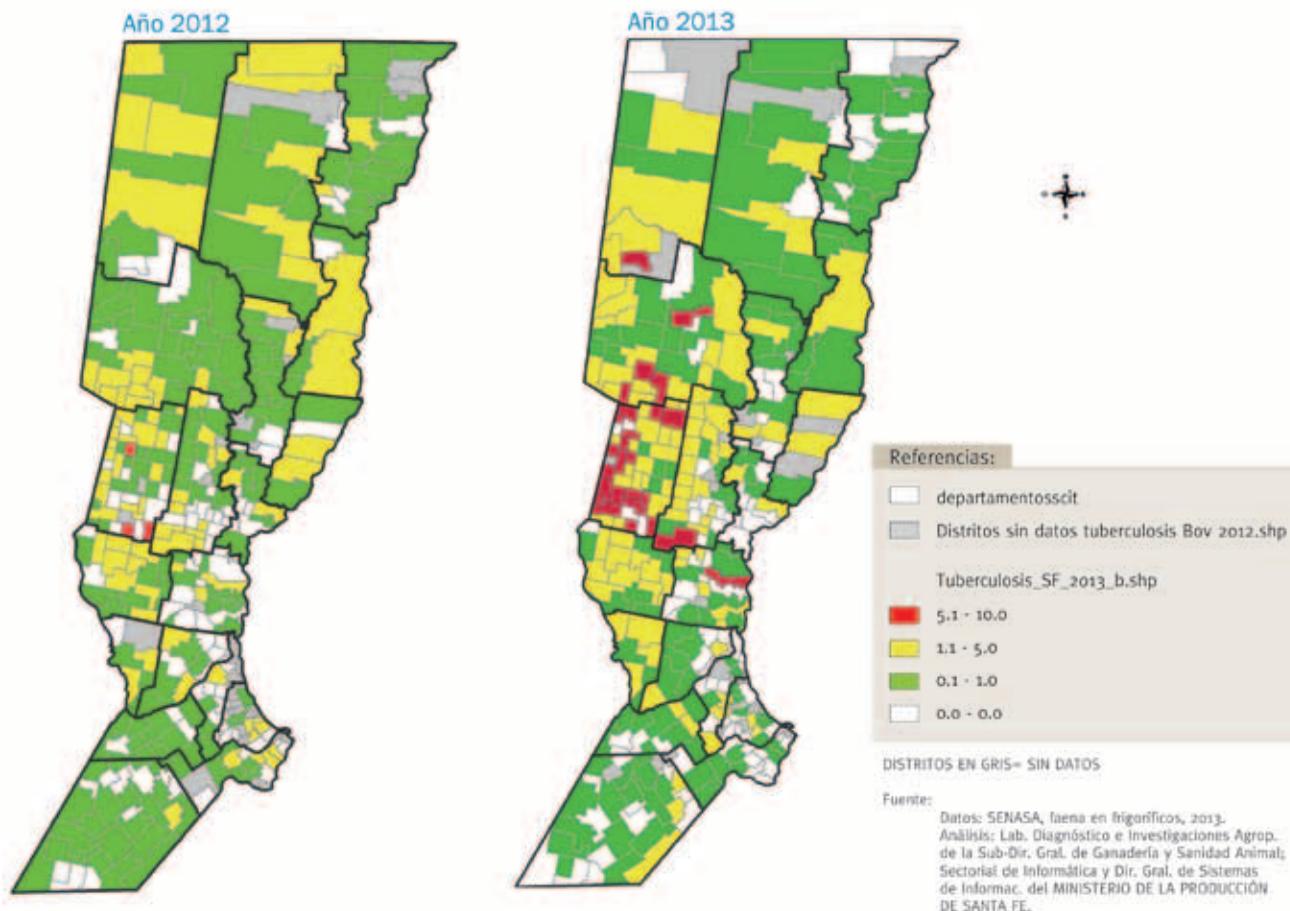
No obstante, además de este test, el organismo de control recomienda aplicar programas regionales que utilicen algún tipo de **sistema de vigilancia epidemiológica** que se sume a los controles que ya se realizan obligatoriamente en mataderos y frigoríficos.

En este sentido, el INTA y el Ministerio de la Producción de la provincia de Santa Fe desarrollaron una metodología para **determinar la presencia de bacilos de TBB** en leche vacuna para ser aplicado en tambos.

* Nader, A.; Husberg, H. (1988). Estimación de pérdidas de producción por tuberculosis bovina en rodeos lecheros. Rev Arg Med Vet. 69 (1): 36-43.

Provincia de Santa Fe

Prevalencia de Tuberculosis bovina en órganos decomisados en frigoríficos de la provincia de Santa Fe.



Según recuerda Cataldi, “nos reunimos con compañeros del INTA Rafaela y de la Dirección de Sanidad Animal del Ministerio para ver si podíamos poner a punto algún método por el cual se haga un **screening** de TBB mediante muestras de leche de tanque de un tambo para tener una idea de todo el rodeo.”

Así, uno de los investigadores del Instituto de Biotecnología del INTA Castelar, Martín Zumárraga, recuerda que “la puesta a punto del método fue una larga tarea”.

Es que la leche, por su composición, constituye una muestra compleja que requiere de un tratamiento especial para poder ser analizada por métodos moleculares. “Para detectar *Mycobacterium bovis* con un método rápido, sensible y específico, **se evaluaron distintos protocolos** entre los que se encontraba la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés)”, señala el inves-

tigador que trabaja bajo la dirección de Cataldi.

Por su parte, la jefa de la división Inmunología del laboratorio de Diagnóstico e Investigaciones Agropecuarias del Ministerio, Adriana Soutullo, comenta que la aplicación de esta técnica era “un desafío” ya que “sabíamos que *M. bovis* estaba en muy pocas cantidades en la leche”. No obstante, también sabían que “la PCR es una **fotocopiadora biológica**, por lo tanto, en bajas cantidades uno puede detectar igual al microorganismo”.

Inicialmente, el equipo estudió leche cruda contaminada artificialmente con bacilos de una cepa de *M. bovis* y, a partir de distintas innovaciones a los protocolos existentes, lograron **detectar hasta tres unidades formadoras de colonias**. Luego se realizó la evaluación del método en muestras individuales de leche de vaca “y, como se obtuvieron resultados alentadores, surgió la idea de su aplicación en le-



TBB: HECHOS CLAVE

- En 1881 Robert Koch descubrió que el bacilo alojado en los tubérculos era el causante de la tuberculosis y, en 1898, fue descrita la bacteria *M. bovis*.
- La pasteurización de la leche procedente de animales infectados acabó en gran medida con la propagación de la tuberculosis bovina en las poblaciones humanas.
- La campaña para eliminar la TBB supuso un gran incentivo para la creación y el desarrollo de los servicios veterinarios de muchos países.
- Aunque en la mayoría de los países desarrollados la enfermedad está bajo control, la persistencia de la infección en animales salvajes complica el objetivo de lograr su completa eliminación.
- En muchos países en desarrollo, la TBB aún representa un grave problema para la salud de personas y animales.

(Fuente: Fichas de información general sobre enfermedades animales -TBB-OIE).

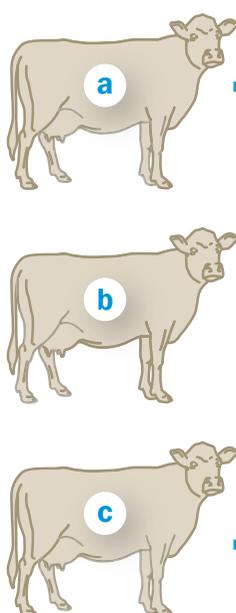
**SE NECESITA
EL COMPROMISO
DE TODOS PARA EVITAR
LA EXPANSIÓN DE LA TBB
A ZONAS NO AFECTADAS
O EN RECUPERACIÓN.**

DetECCIÓN DE TUBERCULOSIS BOVINA CON ANÁLISIS DE ADN EN LECHE

1

TOMA DE MUESTRAS

Se toman muestras de leche en el tambor. Se identifica cada muestra con el ejemplar de origen de la leche colectada.



La leche contiene ADN de distintos orígenes: de la vaca, de bacterias lácticas, de microorganismos en general, etc.



OBJETIVO DEL TEST
Verificar con certeza si la muestra contiene ADN de *Mycobacterium bovis*, la bacteria que causa la tuberculosis bovina.

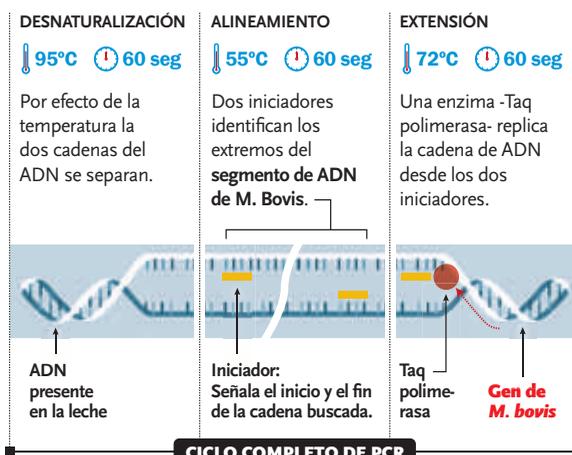
Para la toma de la muestra en el tambor es muy importante seguir un procedimiento adecuado con el fin de evitar una contaminación que afectaría el resultado final del test.

2

AMPLIFICACIÓN DE ADN POR PCR

La técnica permite la identificación y amplificación in vitro de un fragmento específico de ADN entre varios genes.

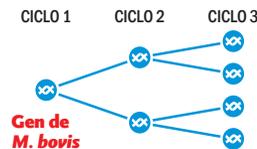
El desafío es encontrar un fragmento de ADN del bacilo *Mycobacterium bovis*, replicarlo y hacer copias suficientes para el test.



Estos tres pasos se realizan de manera automática en un termociclador, un instrumento que permite programar las variaciones de temperatura.

AMPLIFICACIÓN EXPONENCIAL

Se repite el ciclo 30 veces para hacer copias del ADN. En cada ciclo se duplica la cantidad.



30 CICLOS = Millones de copias del ADN

ENTRE EL TRES Y EL CINCO POR CIENTO DE LOS BOVINOS ESTARÍAN INFECTADOS DE TBB EN LA ARGENTINA.

che de tanque de tambor para la identificación de rodeos lecheros con TBB”, explica Zumárraga.

La técnica de PCR sirve para amplificar un fragmento de ADN a partir de una muestra mínima, por lo que suele ser muy utilizada en la identificación de virus y bacterias causantes de una determinada enfermedad. La que se utiliza en Santa Fe tiene una sensibilidad y especificidad muy alta, ya que está diseñada para **detectar sólo el patógeno buscado y no otro.**

El hecho de poder detectarlo en muestras de tanques de leche sirve como una buena fuente de información para saber si ese rodeo está infectado, por lo cual la PCR se convier-

te en una técnica adecuada para llevar un control del **estado sanitario del establecimiento.**

En este sentido, la entonces directora de Sanidad Animal del Ministerio, Ana María Canal, señala que “dentro del plan regional que se aplica en la provincia, incluimos la posibilidad de poder realizar esta técnica en leche no como diagnóstico, sino como prueba de vigilancia complementaria que apoya al productor para el seguimiento del plan sanitario dentro de su establecimiento. O sea, se utiliza para ayudar al sistema a detectar y **bajar la prevalencia de la TBB más rápidamente.**”

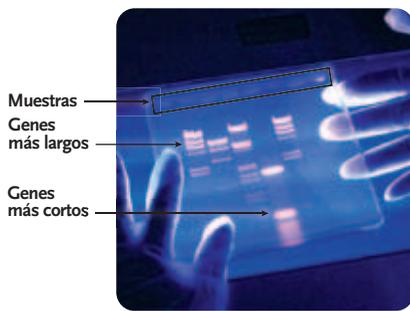
Soutullo asegura que la PCR es “una herramienta desde el punto de vista

La técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) amplifica un fragmento de ADN a partir de una muestra mínima. Suele ser muy utilizada en la identificación de microorganismos causantes de enfermedades infecciosas. En Santa Fe y en Buenos Aires se usa para detectar al bacilo que causa la Tuberculosis Bovina (TBB), a partir de una muestra del tanque de leche.

3

VISUALIZACIÓN DE LA MUESTRA DE ADN

Los genes obtenidos no son visibles al ojo humano. Para poder verlos se colocan en un gel con un colorante específico y se someten a electroforesis. El colorante “tiñe” sólo las moléculas de ADN y así permite la visualización de los genes.



Al colocar el gel en un transluminador con luz ultravioleta se pueden ver los genes en forma de “barras”.

En el gel, por efecto de la corrida electroforética, los genes se alejan de la muestra según su longitud: cuanto más corto sea el gen, más alejado hacia el extremo inferior.

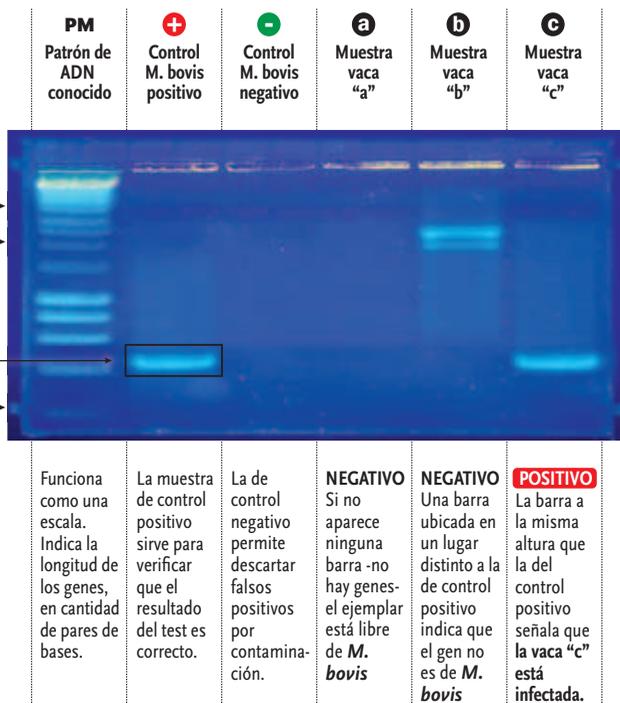
4

RESULTADO DEL TEST

Las aparición de barras en el gel y su ubicación determinan si la muestras analizadas son positivas o negativas.

COLUMNAS

Cada columna corresponde a una muestra distinta:



estatal” debido a que “con una muestra de leche la detección de *M. bovis* es más rápida y se puede tener un ‘pantallazo’ del rodeo”, aunque advierte que luego “será competencia del veterinario” ver cuál de esas vacas está infectada.

Es que esta técnica **no reemplaza a la prueba tuberculínica** que solicita de manera obligatoria el SENASA en su plan de erradicación, sino que es una herramienta importante para control epidemiológico dentro de una determinada región, útil para indicar si las acciones realizadas hasta el momento han surtido efecto o no.

Canal aclara que “la idea del Ministerio no es realizarla sobre los estableci-

mientos positivos (porque esas vacas ya fueron detectadas con la prueba de tuberculina), sino sobre los negativos para tratar de identificar si en ese establecimiento existe algún animal anérgico que no pudo responder a la prueba pero que permaneció en el rodeo y elimina bacilos por leche”.

El **peligro** de esto radica en que “dado que es una **enfermedad de evolución lenta** y pueden pasar meses (o incluso años) hasta que el animal infectado muere, un solo ejemplar puede transmitir la enfermedad a muchos otros componentes del rebaño antes de manifestar los primeros signos clínicos”, según indica un documento de la OIE.

LA NUEVA TÉCNICA NO REEMPLAZA A LA PRUEBA TUBERCULÍNICA, SINO QUE SIRVE PARA CONTROL.

PRIMER MUESTREO POR PCR EN SANTA FE

El uso de la técnica PCR para la detección de tuberculosis bovina (TBB) en Santa Fe se oficializó mediante la resolución 949/2012, por lo que esa provincia es la única que utiliza esta herramienta para la vigilancia epidemiológica de esa enfermedad.

Este plan fue aceptado por el SENASA debido a los trabajos que se han realizado años anteriores y que han permitido recabar una cantidad importante de datos de calidad.

Algunos datos del primer muestreo:

- 10 departamentos de Santa Fe fueron relevados
- 257 tambos fueron evaluados
 - 177 tenían certificación “libre” de TBB, sin embargo un 38% no eran “libres” (TBB por PCR dio positivo), el resto (62%) sí lo eran (TBB por PCR dio negativo).
 - 80 no tenían esa certificación, y en 40% de los tambos PPD(-), la PCR dio positiva.



En el primer muestreo que se realizó con PCR en Santa Fe, se estudiaron 257 tambos, de los cuales 177 tenían certificación de “libres” y 80 no. Lo que se encontró es que el 38 por ciento de ellos no eran tan “libres” como parecían...

Canal explica que existen ocasiones en las que los animales tienen las **defensas tan bajas** que no reaccionan a la prueba oficial. Aún así, ella asegura que “con la PCR se pudo demostrar a los profesionales, a los productores y al Sistema que existían tambos que a pesar de tener un certificado de ‘libre’, contenían bovinos infectados”.

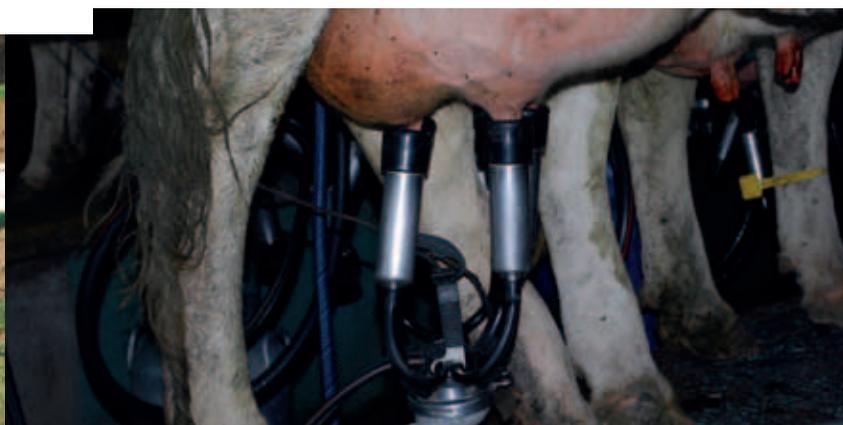
Para Soutullo esto es más bien una cuestión “psicosocial” ya que “cuando las personas sienten que el Estado no

vigila nada, piensan que pueden hacer lo que quieran” y advierte que “ahora contamos con una lupa más grande para luchar contra la TBB”.

La pelea empieza por casa

Enfrentar una mayor prevalencia de esta enfermedad en una provincia es un sólo paso, aunque importante, destinado a erradicar la TBB del país. Pero para lograr ese objetivo se necesitará un **compromiso de todos los involucrados** en el sistema productivo: desde los dueños de cabañas, tambos y demás establecimientos hasta los funcionarios de los órganos de control sanitario. Cada uno es un eslabón fundamental de una cadena que no debe romperse.

LA PCR SE UTILIZA PARA AYUDAR AL SISTEMA A BAJAR LA PREVALENCIA DE LA TBB MÁS RÁPIDAMENTE.





La falta de planes regionales de vigilancia epidemiológica de TBB en otras provincias repercute en la **expansión de la enfermedad** hacia zonas no afectadas o en recuperación.

Según explica Soutullo, “la barca es una sola, y por más que Santa Fe se esmere y cuente con fuertes decisiones políticas y componentes técnicos que acompañen el programa regional, es inevitable que ingrese hacienda de otras localidades donde las acciones no son tan marcadas”.

Y, si bien la normativa del SENASA establece que se encuentra prohibida la venta de animales que hayan salido positivos en la prueba de tuberculina, “poner en un protocolo ‘positivo’ o ‘negativo’ sólo depende del movimiento

de la mano”, asegura Canal, quien advierte que “sin ética profesional ni responsabilidad, se puede cometer un grave problema”.

Hoy Santa Fe es la única provincia que posee escrito un **plan regional de lucha contra la TBB**. Allí, todos los sistemas productivos están obligados a realizar un control ya que conviven muy cercanos unos de otros. En el caso de los tambos, por primera vez se utiliza la PCR para mantener vigilado al rodeo lechero.

La ex funcionaria aclara que esta técnica sirve para detectar posibles infecciones que quizás pasan desapercibidas por los profesionales y productores. “Con ella nos **adelantamos a la enfermedad**: si la podemos captar cuando ingresa o hay baja prevalencia, le damos una mano enorme a ese profesional y a ese productor para que trate de cortar la transmisión de la enfermedad”, señala.

Por ese motivo es que sería importante que esta herramienta de control desarrollada por el INTA y el Ministerio de Producción santafesino se expanda **hacia otras provincias** que deseen mejorar sus mecanismos de control sanitario de TBB con el fin de erradicar esta enfermedad que se encuentra tan arraigada en la Argentina.

En este sentido, Soutullo asegura que “no sólo basta con tener una buena técnica en la mesada de un laboratorio si no pasa tranqueras adentro” y asegura que por ese motivo “las herramientas que tratamos de generar son realmente útiles”.

Asimismo, Cataldi considera que para el INTA “es una satisfacción” llevar adelante un desarrollo que sea utilizado. “Es el propósito que uno tiene: que no quede en un *paper*, sino que sea social, económica y políticamente aprovechable”, destaca, al tiempo que concluye que “siempre pensamos en la Ciencia y la Tecnología aplicada **desde la concepción**”.

Más información:

Ángel Cataldi - Coordinador de Biotecnología Pecuaria del Instituto de Biotecnología del INTA Castelar.

María Ana Canal - Profesora Asociada Patología Veterinaria. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional del Litoral.

Adriana Soutullo - Jefa de la división Inmunología del laboratorio de Diagnóstico e Investigaciones Agropecuarias del Ministerio de la Producción de Santa Fe.

Martín José Zumárraga - Investigador del Instituto de Biotecnología del INTA Castelar.

Alejandro Abdala - Investigador de EEA-INTA Rafaela.

Héctor Tarabla - Investigador de EEA-INTA Rafaela.





RESIDUOS FORESTALES

ARGENTINA

con energías renovadas

La FAO y el INTA comprobaron que el 80 por ciento de los recursos forestales de este país constituyen una importante fuente de biomasa energética. Una alternativa económica y ambientalmente viable.

Por Laura Pérez Casar



En un contexto mundial marcado por la dependencia de los combustibles fósiles, cada vez más onerosos y escasos, sumado al aumento del consumo de energía, nos llevan a pensar en **nuevas alternativas** más sustentables y con un **menor impacto ambiental**. Así, a fin de alcanzar la autosuficiencia y, con ella, el reemplazo de los combustibles fósiles, es que surgen las energías renovables de origen orgánico (biomasa).

Una vez más, **la Argentina cuenta con una oportunidad única** definida por su amplitud territorial, diversidad geográfica y gran potencial de recursos y desperdicios biomásicos disponibles para su aprovechamiento energético.

Así lo entendieron la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) mediante la Secretaría de Energía y el Ministerio de Agricultura de la Nación con participación del INTA, quienes realizaron un estudio en el que comprobaron el gran **potencial biomásico del país** debido a la disponibilidad de recursos y residuos aprovechables para uso energético.

De esta manera, y mediante la metodología WISDOM, (desarrollada por la FAO para cuantificar el potencial disponible de biomasa para uso energético en la Argentina) se determinó que este país tiene una disponibilidad de **6.6 millones de toneladas anuales** de residuos del manejo derivados de las actividades agrícolas, forestales y foresto-

industriales cuyo **80 por ciento podría utilizarse para generar energía**.

Estos, provienen principalmente del cultivo de la caña de azúcar (2 M tn), de la poda de frutales y vid (1.6 M tn), de la industria maderera (1.6 M tn) y cerca de 110 mil de toneladas de biomasa leñosa se originan en bosques nativos e implantados.

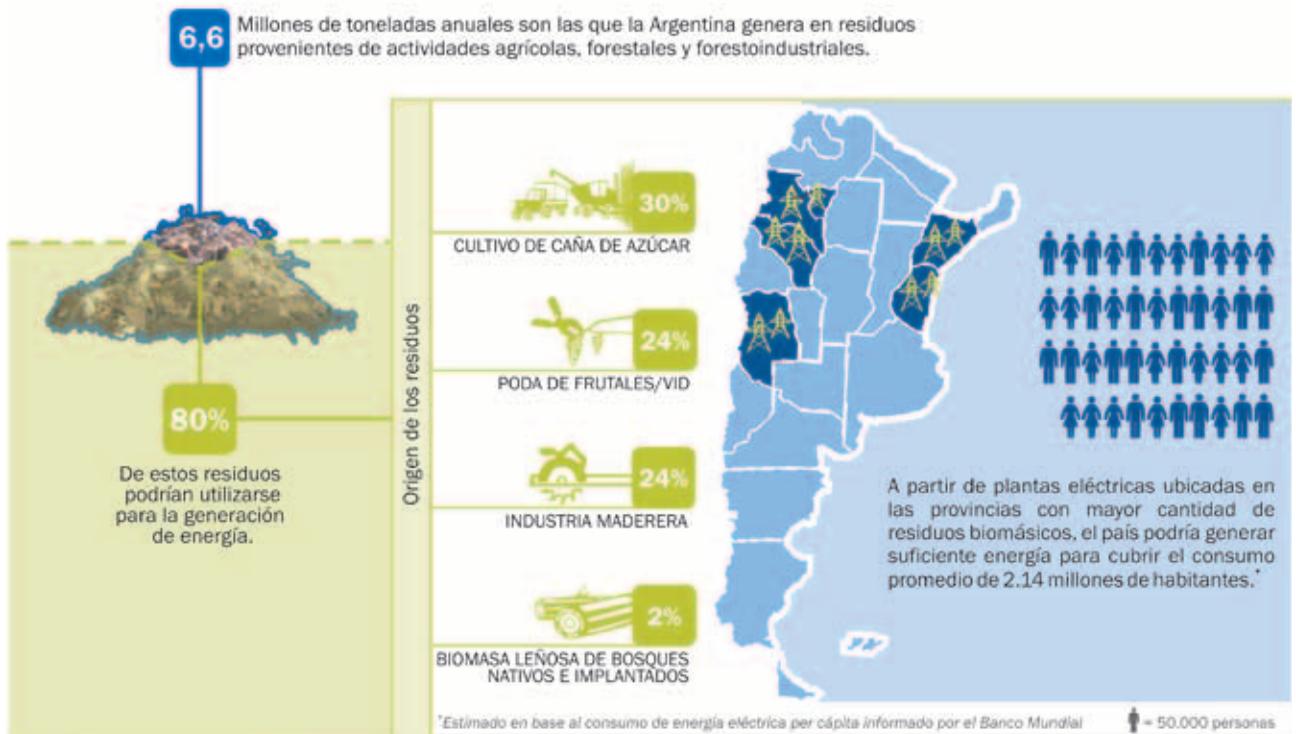
En consecuencia, detalla el informe de la FAO y el INTA, resultaría estratégico aprovechar estas significativas cantidades de residuos de biomasa disponibles en Tucumán, Mendoza, Corrientes, Entre Ríos, Catamarca y La Rioja, mediante la implementación de plantas de generación eléctrica alimentadas con estos residuos.

Por su parte, la técnica del Instituto de Clima y Agua del INTA Castelar y una de las investigadoras que coordinó la colecta de información plasmada en el informe de la FAO, Stella Carballo, adelanta que esta derivación energética "permitirá **mejorar la composición de la matriz energética nacional**, altamente dependiente del petróleo, al tiempo que favorecerá el aprovechamiento de residuos agropecuarios y forestales".

En este contexto, el gerente de Operaciones Forestales de una empresa forestoindustrial llamada "Alto Paraná S.A.", Ricardo Austin, asegura que la biomasa resulta **cinco veces más económica** que los combustibles fósiles (medido como kilocalorías equivalentes).

Carballo manifiesta que ésta es una alternativa económica y ambiental-

Potencial Bioenergético Argentino



UN KILOGRAMO DE BIOMASA PERMITE OBTENER 3.500 KILOCALORÍAS DE ENERGÍA.

mente viable que contribuye a reducir la emisión de gases de efecto invernadero y valorizar las cadenas productivas regionales al promover el **desarrollo económico y social de las comunidades locales.**

Por su parte, el proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (Probiomasa), impulsado por los Ministerios de Agricultura y de Planificación de la Nación, indica que el potencial de su aprovechamiento energético en la Argentina es mucho mayor a su actual utilización, por lo que resulta menester difundir las posibilidades existentes y las tecnologías para su uso.

Residuos: cómo transformarlos en energía

“Un residuo es materia prima mal aprovechada”, reza un proverbio chino. En este sentido, la bioenergía consiste en reutilizar **materiales derivados de fuentes biológicas** (cultivos energéticos, residuos de la agricultura y desechos humanos y de animales) para convertirlo en energía renovable.

Así lo entendió Alto Paraná S.A. que desde hace cuatro años dejó de comprar biomasa a terceros para **trans-**

formar sus propios residuos de la cosecha forestal en combustibles para autoconsumo.

En este sentido, Austin explica que “la demanda de biomasa en Misiones creció mucho en los últimos años y el mercado ya no nos podía abastecer. Fue así que decidimos desarrollar un proyecto de biomasa propio para **aprovechar las 120 mil toneladas de residuos que generamos** y consumirlos en nuestras plantas de cogeneración en Puerto Piray y Puerto Esperanza”.

Según destaca, “de las 7.500 hectáreas de plantaciones que cosechamos al año se producen entre **25 y 30 toneladas por hectárea de biomasa aprovechable**”.



EL 60 POR CIENTO DE UN ÁRBOL TALADO QUEDA ABANDONADO EN EL BOSQUE.

Alto Paraná S.A. administra un patrimonio de 263 mil hectáreas de bosques cultivados renovables y bosques naturales protegidos en Misiones, Entre Ríos, Santa Fe y Buenos Aires. Constituida en Misiones en 1975, la empresa maneja una planta de producción de pasta celulósica de fibra larga, un aserradero, una planta de tableros de mediana densidad (MDF), dos plantas de cogeneración y dos viveros.

Entre las ventajas de la utilización de estos recursos, Austin resalta el ahorro de costos en la preparación de terreno para la reforestación. “Antes, los residuos de la cosecha (ramas, copas y hojas) quedaban tirados en el bosque, por lo que se requería un tratamiento previo a la reforestación que consistía en su triturado o apilado. Hoy, no sólo nos ahorramos este paso, sino que generamos **nuestra propia energía a partir de nuestros residuos**”, asegura.

De acuerdo con Probiomasa, los residuos forestales se dividen en aquellas especies no aptas para aserrado o pulpa que se destinan a la producción de leña, los restos de cosecha y raleo (ramas, despuntes y tocones) y en los desperdicios de aserradero (cortezas, costaneros, aserrín y viruta).

El especialista en bioenergía del INTA, Jorge Hilbert, destacó que “por tratarse de biomasa vegetal, todos estos residuos contienen energía que fue almacenada por la planta para realizar el proceso de fotosíntesis con el

LA BIOMASA ES CINCO VECES MÁS ECONÓMICA QUE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES.

uso del agua y de los nutrientes del suelo para, luego, transformarlas en sustancias orgánicas complejas”.

Para Austin, “el uso de biomasa forestal e industrial como combustible para plantas de cogeneración, es una **alternativa económica y ambientalmente viable**, especialmente en la cuenca de mayor desarrollo foresto industrial del país”. Pero, para aprovecharlos resulta indispensable contar con la tecnología apropiada para su procesamiento y abastecimiento, que suelen ser complejos y variados, según la región.

En este contexto, recomienda **analizar los costos logísticos** por considerarlos “determinantes” para este tipo de proyectos y, por ello, se deben calcular previamente las distancias máximas y medias de transporte de la materia prima desde las fuentes de suministro hasta las plantas consumidoras.

Las tecnologías más utilizadas son el chipeo en cancha, en terminal de acopio y en planta. En el primer sistema se transporta la biomasa por forwarders desde la plantación hasta la vera del camino forestal, donde luego es apilada y triturada usando chiperas ensambladas al tractor o camión.

En el segundo, se transportan los residuos forestales de cosecha hasta una terminal de acopio donde se procesa. Y, por último, está el chipeo en planta mediante el cual se enfarda dentro del rodal y son transportados al camino forestal usando un forwarder

convencional y hacia la planta en un camión forestal convencional.

En todos los casos, se obtienen cilindros de 70 centímetros de diámetro y tres metros de largo con un peso de hasta 500 kilos y una energía aproximada de 1 megavatio-hora (MWh).

Asimismo, entre los procesos de acondicionamiento de la biomasa, Hilbert destacó los **pellets** como una de las mejores opciones por tratarse de un **biocombustible de alta categoría** y recomendado para pequeñas instalaciones domésticas.

Se trata de cilindros sólidos de entre seis y ocho milímetros de diámetro y 38 milímetros de largo que se caracterizan por su densidad, menor humedad y mejor capacidad de almacenamiento, manipuleo y transportación. En promedio, **un kilogramo de biomasa permite obtener 3.500 kilocalorías** (kcal).

Residuos: ventajas y desventajas de su aprovechamiento

Para el técnico del INTA Montecarlo y docente en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones, Roberto Fernández, es necesario ser “**prudentes**” frente al optimismo que despierta la bioenergía, ya que “no todos los escenarios se corresponden con las oportunidades atribuidas a su implementación”.

Según agrega, la transformación de diferentes fuentes de biomasa en





AMPARADOS

La Ley 26.190 establece el “Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica” y declara de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energía renovables con destino a la prestación de servicio público, como así también la investigación para el desarrollo tecnológico y fabricación de equipos con esa finalidad.

De este modo, establece que para 2016 las fuentes de energía renovables deberían alcanzar el ocho por ciento del consumo de energía eléctrica nacional.

Los beneficios que establece la Ley son un régimen de inversión por un periodo de 10 años y una remuneración adicional respecto del precio de mercado de la energía según las distintas fuentes por un periodo de 15 años.

(Fuentes renovables: energía eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás)

ARGENTINA DISPONE DE 6.6 MILLONES DE TONELADAS ANUALES DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES Y FORESTOINDUSTRIALES.

energía es una cuestión “controvertida” para lo cual **aún faltan estudios que evalúen el impacto negativo sobre los recursos naturales** y los servicios ambientales de los agroecosistemas como la calidad del suelo, la dinámica de los nutrientes, la erosión, el consumo de agua, la biodiversidad, y la contaminación del aire y del agua.

En esta línea, Hilbert asegura que “la recolección y manejo de los rastrojos, en muchos casos, afecta el balance general de nutrientes de los agroecosistemas” y agrega que **“el debate es muy amplio y complejo** por la gran diversidad de escenarios edáficos, de ecoregiones y de sistemas productivos implementados para cada situación”.

Por su parte, la FAO sostiene que estas transformaciones ofrecen una buena salida para el follaje excesivo que se acumula en el bosque y los grandes volúmenes de aserrín que se amontonan en los aserraderos. Así, se disminuye la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera, se reduce el riesgo de incendios y la proliferación de enfermedades.

Del árbol caído se hace más que leña

De acuerdo con una investigación del Departamento de Montes de la FAO, el 60 por ciento de un árbol talado queda abandonado en el bosque, mientras

que sólo el 28 por ciento se convierte en madera aserrada, el resto pasan a ser residuos forestales con un gran potencial bioenergético no aprovechado.

Existen cuatro tipos de biomasa: el **aserrín**, la **corteza**, los **chips de leña de origen industrial** y los **chips de residuos de cosecha**. El primero es un subproducto generado a partir del proceso de aserrado de la madera, con una granulometría fina y un alto contenido de humedad.

Por su parte, la corteza surge a partir del descortezado de rollizos en las industrias de transformación primaria y presenta una granulometría intermedia y un bajo contenido de humedad.

Los chips de leña de origen industrial son un producto obtenido de la molienda de costaneros, recortes y despuntes generados del proceso de aserrado de rollizos, mientras que los chips de residuos de cosecha surgen de la molienda de ramas, puntas, horquetas y recortes. En ambos casos se compone de madera sólida, de corteza en diferentes granulometrías y de aserrín.

Más información:

Stella Carballo – Instituto de Clima y Agua. INTA Castelar

Jorge Hilbert – Especialista en Bioenergía. INTA.

Ricardo Austin – Alto Paraná S.A

Roberto Fernández – INTA Montecarlo y Universidad Nacional de Misiones.

COMUNIDADES UNIDAS DE MOLINOS

La marca del desarrollo integral

Con el apoyo del INTA, 16 comunidades de altura que habitan el valle salteño crearon la organización territorial CUM. Una apuesta al trabajo asociativo para mejorar la calidad de vida de la familia rural y agregar valor a materias primas locales.

Por Florencia Castilla

Durante siglos, a más de 200 kilómetros al sudoeste de la capital salteña, el departamento de Molinos con su relieve montañoso, la aridez, las casas de adobe y los pisos de tierra, mostró una paleta de escaso color. Sin embargo, desde hace 10 años, el paisaje cambió: bajo un objetivo en común, sus pobladores se organizaron para producir más y vivir mejor.

Comenzaron con el agua, un bien preciado y escaso que hacía más de 200 años se encontraba en manos privadas. Además de conseguir agua

potable, los agricultores familiares de varias comunidades de Molinos concretaron **obras de riego** para sus cultivos y algunos hasta desarrollaron riego por goteo o sistemas de aspersión.

“¡Ahí viene el agua!”, grita Brisa Belasquez, una nena que vive en el paraje Tomuco, mientras la observa corriendo por el canal. “Todos los caminos ya están saliendo. Es lindo ver todo verde y no como antes que no había nada y estaba todo seco. Ahora hay verduras, los álamos y las plantas ya están grandes”, señala.

Con 26 acueductos, 98 sistemas de riego por goteo y un canal de riego revestido de 4.500 metros, se logró abastecer a las primeras comunidades con agua para consumo humano y para la producción, a partir de ahí se empezó a involucrar en el trabajo a casi 16 comunidades.

“Cuando se concretó la obra de acceso al agua se desmitificó la idea de que no se podía hacer nada, así se empezó a trabajar y comenzaron las demás comunidades a buscar al INTA”, dijo a la Revista RIA la jefa de



LA VOZ DEL VALLE CALCHAQUÍ

En 2012, la organización Comunidades Unidas de Molinos obtuvo una licencia para instalar la radio comunitaria FM 89.3 con el objetivo de superar el aislamiento de los parajes de la zona y generar una red de comunicación entre las comunidades que habitan esa geografía montañosa.

Este logro se concretó mediante un convenio firmado entre el INTA, el Ministerio de Desarrollo Social de la Nación, la Autoridad Federal de Servicios de Comunicación Audiovisual (AFSCA) y el Programa de Desarrollo Rural Incluyente de la Unidad para el Cambio Rural, que financió parte del proyecto. “La radio de la CUM es otro de los frutos del trabajo comunitario. Logramos equipar a las comunidades para que generen programas con contenido y que favorezcan la vinculación, ya sea para organizar el acopio de productos como para socializar los logros y las problemáticas”, señala la jefa del INTA Seclantás, Paula Olaizola.

La radio funcionará en el paraje Cieneguilla que aún no cuenta con luz eléctrica, por lo que la organización gestionó un subsidio nacional para la instalación de 12 paneles solares que faciliten la transmisión.

Para el productor del paraje Tomuco, Santos Belasquez, “la FM será la voz del pueblo. Servirá para abrir los ojos a los jóvenes y las familias para que continúen la pelea, reclamar lo que falta y hablar sobre las cosas buenas que se hacen para estar muy bien informados”.



**“CUANDO SE CONCRETÓ
LA OBRA DE ACCESO
AL AGUA
SE DESMITIFICÓ LA IDEA
DE QUE NO SE PODÍA
HACER NADA”
(PAULA OLAIZOLA).**

la agencia de extensión del organismo en Seclantás, Paula Olaizola.

El departamento de Molinos tiene una población de 5.565 habitantes. El 75 por ciento se encuentra distribuida en parajes rurales y el 25 restante habita en los pueblos de Brealito y Seclantás.

En el 2002, cuando el INTA comenzó a trabajar en ese territorio, la cantidad de hogares con necesidades básicas insatisfechas superaba el 48,4 por ciento. En ese escenario, surgió la ONG Red Valles de Altura y, cuatro años más tarde, la organización territorial Comunidades Unidas de Molinos (CUM) para mejorar la calidad de vida de los pobladores, comenzar a agregar **valor en origen** a la producción y generar alternativas de **comercialización**.

Para la médica veterinaria del INTA Seclantás, Eloisa Ferro, los cambios originados a partir de la organización se evidencian en “una mayor super-

ficie cultivada con producciones diversificadas, mejoras en el hábitat, incorporación de energía alternativa y reciclaje de las aguas grises (aguas con jabón) para regar los frutales”.

La CUM surge como una estrategia para **visibilizar** al sector campesino y alcanzar metas para el desarrollo social y productivo de las 16 comunidades que forman parte de la organización.

Según explica Olaizola, el trabajo de la CUM parte de un **enfoque territorial** y de sistema que no aborda los problemas por cadena productiva. “A partir del 2006 comenzamos a entender que éramos una red de comunidades con problemáticas de alcance regional. Eso marcó que el trabajo siempre fuera a través de los vínculos y la identificación de problemas transversales en la red”.

El productor familiar del paraje Tomuco, Santos Belasquez, cuenta que



cuando había agua en el valle muchas personas vivían ahí pero luego de siete años de sequías sólo permanecieron seis familias. “Cuando trajeron el agua para consumo y se repartió en las casas, comenzaron a volver las familias o los hijos de los que quedaban. A partir de ahí entendimos que hay que trabajar en conjunto y tener más fuerzas, unidos para empezar a pelear desde la CUM”, reflexiona.

Comunidades de base ganadera

En el departamento de Molinos hay más de 350 familias que se dedican a la agricultura en pequeñas parcelas con cultivos característicos de la zona andina como el maíz, la papa, el poroto y la alfalfa. Además, el 90 por ciento cuenta con tropas mixtas de ovejas y cabras que en promedio rondan las 60 cabezas por familia y complementan su **capital de reserva**

con un promedio de 30 cabezas de ganado vacuno.

Según Ferro, “el ganado es la cuenta del banco y el capital de reserva del campesino. Es lo que permite garantizar el autoabastecimiento de la fuente de proteína necesaria para la familia y generar algún excedente para comercializar”.

En un principio, la situación no era favorable para los productores, ya que la raza criolla tenía índices productivos bajos y había una fuerte incidencia de enfermedades ocasionadas por nematodos gastrointestinales o pulmonares y parasitosis externas.

Sin embargo, la asistencia técnica del INTA permitió la conformación de 14 **botiquines sanitarios**, la construcción de sistemas de mangas, básculas y corrales que cubrieron el 50 por ciento de los animales de cada comunidad para mejorar los índices de producción del sistema ganadero.

Nucleados bajo la **cooperativa Bresec**, 24 productores del partido de Molinos se asociaron para generar alternativas locales de comercialización más justa de sus producciones.

A partir de ese momento, y como muestra de la necesidad y del verdadero convencimiento, los productores contribuyeron con el 80 por ciento del capital requerido para construir su propio matadero.

Además, aportaron el terreno y la mano de obra para construir una playa de faena habilitada que garantice condiciones bromatológicas óptimas para el consumo local de carnes.

Sin antecedentes ni experiencias similares en la provincia, el matadero permitió mejorar las condiciones de venta y la **comercialización justa** sin intermediarios. “Significó poder valorizar la producción, fijar los costos involucrados y que el productor pueda



**LA CUM PRODUCE
EN FORMA AGROECOLÓGICA
Y BUSCA CONSOLIDAR
LA MARCA BAJO
EL SISTEMA DE GARANTÍA
PARTICIPATIVA.**

pensar en la actividad familiar con una mínima planificación”, expresa Ferro.

En la actualidad, se gestionaron subsidios y créditos para la construcción de una cámara de frío y la adecuación del establecimiento que permita la **recategorización del matadero** como regional para abastecer mercados cercanos como los puntos turísticos de Cachi, Cafayate y la capital salteña.

Agregar valor en el valle salteño

En el 2013, la cooperativa Bresec logró financiar la apertura de la **carnicería “La Solidaria”** como boca de expendio de la producción derivada del matadero local para llegar al consumidor de forma directa y sin intermediarios que se apropien de la renta. “Se generó una especie de **control social local** de los precios de mercado porque las otras carnicerías tuvieron que adecuarlos y bajarlos”, detalla Ferro.

Al mismo tiempo, tanto en la ganadería como en la agricultura, la CUM produce en forma agroecológica y busca consolidar la marca bajo el sistema de garantía participativa para certificar la venta de cabritos, quínoa y otros cultivos bajo ese sello de calidad.

El espíritu **comunitario** prevalece en cada paso que dan, participan en cada feria local y regional como marca y no como productores individuales, ya que cuentan con un dispositivo de acopio, control de calidad y un referente por comunidad que vende la producción del resto.

La marca CUM ofrece alimentos, ropa y artesanías de alta calidad que les permite extender la comercialización y llegar a mercados más allá de los límites del departamento de Molinos.

En el caso de la producción textil, la primera **colección** de indumentaria de la CUM se enfoca en el poncho salteño, una prenda con diseño innovador orientado a los usos urbanos para llevar las artesanías clásicas a consumidores de moda étnica, una tendencia mundial que se consolidó en los últimos años.

De acuerdo con la diseñadora, Marcela Duhalde, “estaba todo dado para trabajar con estas comunidades porque son grandes artesanos y, sobre todo, por la base de organización que permite hacer un trabajo así. Si lo hubiéramos hecho artesano por artesano, no hubiéramos llegado nunca a una marca colectiva”.

En esa línea, explica que la incorporación del **diseño** “marca un antes y un después”, ya que es un salto cualitativo que convierte un producto típico en uno de diseño que triplica su valor económico y en donde “lo artesanal es un plus”; un valor agregado que motiva el consumo responsable”.

Autocalificadas como “**artesanas poderosas**”, las mujeres de la CUM valorizan su producción a partir de las apreciaciones del público consumidor. Según Olaizola, el hecho de que tengan tantas valoraciones positivas hace que “sientan que están trabajando en algo verdaderamente importante”, lo que motiva la búsqueda de espacios de venta propios de la Marca en el Mercado Artesanal de la ciudad de Salta.

Más de una década de esfuerzo comunitario

Al principio, cuando todavía no se evidenciaban los cambios producidos por el trabajo comunitario en el territorio, eran más los deseos que los logros obtenidos. Por ese entonces, el

productor de la comunidad del Churcal, Blas López, pensaba que “tener una vivienda, agua potable o luz mejoraría el valle y, a partir de eso, quizás, la juventud pensará: Yo me quedo aquí porque tengo todo para poder trabajar”.

Acompañados por los municipios de esas localidades (entre otros organismos y programas de financiamiento), el INTA y la ONG Red Valles de Altura, la CUM comenzó a trabajar y unir esfuerzos para transformar su realidad.

En la actualidad, el fortalecimiento de la organización permite que la CUM cuente con herramientas propias que puedan administrar y prescindir del acompañamiento de los técnicos. Asimismo, uno de los últimos logros obtenidos fue la instalación de una **radio comunitaria** que permitirá sortear el aislamiento de los parajes de la zona para garantizar una vinculación y una mejor organización. (Ver recuadro: “La voz del Valle Calchaquí”).

Para Belasquez, el trabajo conjunto fue la base de los resultados alcanzados debido a que “podemos conseguir más cosas que antes se nos hacían muy difícil. Y aunque todavía falta, sabemos que es importante trabajar y unirse porque si no estamos unidos no conseguimos nada”.

Las comunidades andinas tienen formas organizativas previas con una impronta propia: la minga, la marcada, las fiestas patronales o los clubes de fútbol. De acuerdo con la jefa del INTA Seclantás, el trabajo de los técnicos se apoyó en esa organización y el objeti-

vo fue fortalecer los **vínculos existentes** para impulsar todo el proceso.

“Nosotros nacimos sin apoyo del Estado, estamos acostumbrados a atarlo con alambre y poner el esfuerzo propio. Recién a partir del 2004 empezamos a recibir apoyo de los distintos Ministerios”, señala Olaizola, al tiempo que destaca el trabajo conjunto impulsado por la identificación de las **necesidades** más sentidas y la solidez de los logros obtenidos.

“Esto se generó desde abajo hacia arriba, con todo lo ganado y por este ejercicio de la **autogestión** y la organización por eso me parece muy difícil que se pueda derrumbar”, concluye Olaizola.

Fruto del impulso y del trabajo de las Comunidades Unidas de Molinos, ese paisaje montañoso, que por años parecía un lienzo blanco, hoy se pinta multicolor como signo de mayor producción, más viviendas y organización.

Más información:

Paula Olaizola - Jefa INTA Seclantás
Eloisa Ferro - Med. Vet. INTA Seclantás

**EL ESPÍRITU COMUNITARIO
PREVALECE, PARTICIPAN
EN CADA FERIA
COMO MARCA
Y NO COMO PRODUCTORES
INDIVIDUALES.**





SISTEMA NACIONAL DE REPOSITARIOS DIGITALES

“Somos pioneros en acceso libre a la información científica”

En una entrevista exclusiva con Alejandro Ceccatto, el secretario de Articulación Científica Tecnológica del MinCyT, explica las repercusiones de la nueva ley y la función de los Repositorios Digitales que las instituciones estatales de investigación deberán tener a cargo.

Por Daniela Novelli

“Con la ley, tratamos de incentivar a otros países para que la imiten, porque sólo cosecharemos el beneficio de una legislación así cuando sea de implementación masiva en el mundo.”

Argentina cuenta por primera vez con una **ley de acceso libre a la información científica** que obliga a las instituciones nacionales de ciencia y técnica a publicar las investigaciones en repositorios digitales.

“El principal objetivo de esta ley establece que toda investigación pagada con fondos públicos sea **accesible a la sociedad argentina** de manera que puedan aprovecharse los resultados del trabajo científico”, explica el secretario de Articulación Científica Tecnológica del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCyT), Alejandro Ceccatto.

Entre los puntos más importantes de la legislación N.º 26.899, el funcionario destacó la obligatoriedad de dar a conocer los resultados de las

investigaciones científico-tecnológicas en forma inmediata y los datos primarios que las sustentan en un plazo no mayor a **cinco años**. De igual modo, señaló “el **resguardo** para aquellas investigaciones que generen algún tipo de propiedad intelectual o derechos que deban preservarse por su valor económico o estratégico”.

¿Qué son los repositorios digitales?

Son estructuras informáticas que deben montar las distintas instituciones

“Somos pioneros en acceso libre a la información científica”



**“EL ACCESO LIBRE
A LA INFORMACIÓN
CIENTÍFICA TAMBIÉN
ES DISCUTIDO EN LOS
PAÍSES CENTRALES”.**

de Ciencia y Técnica del país. Desde el Sistema Nacional de Repositorios Digitales, nos ocupamos de que las instituciones satisfagan ciertos **estándares básicos** en su construcción para ser **interoperables** y que, por una única búsqueda a través de un portal unificado, la persona que esté interesada pueda acceder a toda la información disponible.

Allí se publicarán **materiales inéditos** aunque, no obstante, el autor tiene derecho a enviarlo a alguna revista o editorial internacional. En ese caso, la empresa tendrá un embargo de seis meses para hacer uso exclusivo de la información. Luego, el copyright será recuperado por la institución de origen y la copia final deberá incorporarse al repositorio digital.

¿Cuál fue la respuesta de los investigadores de instituciones públicas a la sanción de la ley?

Entiendo que la comunidad científica la ha visto con **beneplácito** porque ella misma resiente las dificultades para acceder, incluso, a la producción científica realizada en el país. Hasta la implementación de la ley, se daba la situación un poco absurda de que el Estado financiaba investigaciones (a través de sueldos y subsidios), cuyos resultados se publicaban en revistas internacionales que nos cobraban para leerlos.

A su vez, está claro que las universidades privadas, en la medida que no direccionen fondos públicos para su investigación, pueden hacer lo que quieran con lo producido.

¿Qué sucede con la presencia de información científica en los repositorios que surja de proyectos con financiamiento público-privado?

En la reglamentación se estipularán cuáles son las situaciones que **eximen** de colocar una producción científico-tecnológica en el repositorio, aclarando qué tipo de convenio o contrato deberá existir para que tal obligatoriedad se anule.

¿Tiene el repositorio un sistema de evaluación de los materiales que vayan a publicarse?

Por un lado, más allá de la información concreta, los repositorios cuentan con **“metadatos”** que indicarán, entre otras cosas, si esa investigación ha pasado o no por un proceso de revisión dentro del sistema científico. Este recurso permitirá que la persona sepa a qué atenerse cuando accede a esa información.

Por otro lado, hoy la **validación de la ciencia está gobernada por las editoriales**, por los índices bibliométricos, el factor H y los parámetros de impacto de las revistas. Esto ocurre a escala

internacional y exige a la comunidad científica acomodarse a sistemas de evaluación organizados a partir de esos índices pero en realidad son aspectos que conformaron las editoriales para regular su propio negocio. En este contexto, **los Estados** con sus políticas **quedan ausentes** e inhabilitados para ejercer un control directo sobre el Sistema Científico de su propio país.

Aún así, no puede decirse que la Ciencia no ha producido avances a partir de esta forma de evaluación. Pese a que no sea totalmente satisfactoria para los intereses de la Argentina, no podemos construir de un día para otro algo que es aceptado globalmente. Tenemos que ser cautelosos con esta cuestión.

Entonces, ¿cómo debería ser?

Esas son cuestiones que están en discusión a nivel internacional. Lo cierto es que deben reemplazarse estos indicadores por otros que contemplen la intervención de las políticas públicas en investigación.

Debemos **recuperar el manejo** de la producción, la difusión y la conducción del conocimiento científico a través de parámetros lógicos. Hay que **recrear una cultura de la validez científica** sobre otras pautas que están por discutirse y que deberán ser tan globales como los acuerdos actuales.

**“DEBEMOS RECUPERAR
EL MANEJO
DE LA PRODUCCIÓN,
LA DIFUSIÓN
Y LA CONDUCCIÓN
DEL CONOCIMIENTO
CIENTÍFICO”.**

**“HAY QUE RECREAR
UNA CULTURA
DE LA
VALIDEZ CIENTÍFICA
SOBRE OTRAS
PAUTAS QUE ESTÁN
POR DISCUTIRSE”.**

Si hablamos de un cambio cultural, entonces deberíamos hablar de un cambio en el sistema de evaluación científico...

Desde hace dos años, esta Secretaría trabaja con una comisión interinstitucional en la elaboración de nuevas pautas de evaluación para el personal de Ciencia y Técnica. Ya tenemos dos documentos que establecen nuevas pautas en algunos aspectos y, justamente, la primera cuestión abordada fue cómo evaluar el desarrollo tecnológico.

A grandes rasgos, el primer documento dice que la **actividad tecnológica no se evaluará por papers**. Podrá aprobarse o rechazarse un informe de alguien que desarrolle tecnología, pero no porque tenga o no publicaciones. En general, serán evaluados a través de distintas miradas sobre el avance del proyecto.

Por otra parte, el segundo documento se refiere a la **Base de Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social**, cuyas propuestas deben ser elevadas al Ministerio, y en particular a esta Secretaría por las instituciones.

¿Qué relación tienen estas acciones con la ley de repositorios digitales?

Buscamos cambiar la cultura de la evaluación para “salir” de los indicadores bibliométricos. Por ahora, nos abocamos al área de tecnología porque era lo más acuciante. La gente que hace tecnología no puede o no conviene que publique. La idea a futuro es extender la discusión a la ciencia básica; comenzar a **evaluar a partir de la calidad** de la producción científica y no en términos de cantidad como ocurre en la actualidad. Pero es un proceso y requiere un cambio de cultura.



¿Cómo repercutiría la aplicación de esta ley en la actividad de las editoriales internacionales?

Lo que hicimos no configura un hecho aislado a nivel mundial. Por ejemplo, Elsevier, la editorial más grande de literatura científica en el mundo, acepta que los artículos estén publicados en repositorios digitales institucionales aún cuando ellos los publiquen en revistas. Es decir, existe una **corriente internacional** que estaba en desacuerdo con esta política de pérdida de la capacidad de difundir el trabajo científico financiado con fondos públicos.

Pero los países en vías de desarrollo son menos poderosos frente a las editoriales de los países centrales y deben acceder a publicar en ellas...

La realidad es que la Argentina ha sido el primer país en tener una legislación “omnicomprensiva” que estipula el acceso abierto a todo tipo de información científica. Hemos sido **pioneros en legislación de acceso libre a la información científica**. Pero es un caso que requiere decisión política para no ceder ante ese tipo de presiones. Si uno no toma ese tipo de actitudes por sentirse en una situación de

UN REPOSITORIO LATINOAMERICANO

“La Referencia, de la cual somos uno de los países fundadores, es un proyecto de repositorios digitales institucionales en Ciencia y Tecnología que involucra a nueve países de Latinoamérica”, dijo el secretario de Articulación Científico Tecnológica del MinCyT. Entre los principales miembros definidos en cuanto a producción científica, se destacan Brasil, México, Chile, Argentina y Colombia.

Similar a la propuesta del Sistema Nacional de Repositorios Digitales, la Red Federada de Repositorios Institucionales de Publicaciones Científicas (La Referencia) tiene como objetivo “exponer toda la producción científica de Latinoamérica”, afirmó el funcionario. Este espacio fue creado a fines del año 2012 y, al igual que el sistema argentino, permite interconectar los repositorios propios de cada país.

Con la mirada puesta en el futuro, Ceccatto dijo que la plataforma “tomará fuerza a medida que los distintos países aprueben legislaciones que hagan obligatoria la incorporación de la producción científica a los repositorios de acceso abierto”. En la región, después de la Argentina, sólo Perú cuenta con una ley aprobada que avala la liberación de conocimiento.



debilidad relativa por ser un país periférico al orden establecido, las cosas nunca van a cambiar.

¿Qué beneficios económicos representa para el país la creación de estos repositorios?

Esta Secretaría administra la biblioteca electrónica, fuente de información de todo el Sistema Científico, y desembolsa 21 millones de dólares anuales en servicios de suscripciones a editoriales. Paradójicamente, compramos nuestras propias publicaciones dentro

de esa suma. A medida que este tipo de políticas sean más comunes en los países del mundo, se recuperará el acceso a esa información sin la necesidad de adquirir el acceso a una editorial privada. Quizás hoy no veamos un beneficio económico porque es un proceso a largo plazo.

¿Esta ley se interpone a los intereses de la investigación que se realiza en los países centrales?

No diría eso porque esto también es **discutido en los propios países**

centrales. Es decir, ellos advierten que esta es una situación incómoda para sus propios intereses, ya que las editoriales son negocios internacionales que obligan a los consorcios de universidades americanas o europeas a comprar el acceso a la información que ellos mismos generaron.

¿Cómo contribuye la liberación de información científica al avance de la ciencia nacional?

Eso es difícil de medirlo ahora porque es incipiente. Uno puede imaginarse



que cuando el conocimiento esté disponible para todos en una forma absolutamente abierta y sencilla, habrá **aprovechamientos insospechados** que hoy no se dan debido a los altos costos de suscripción. Cuando hablamos de los 21 millones de dólares, nos referimos a suscripciones para la comunidad científica, lo cual deja de lado al resto de la comunidad argentina.

Para usted... ¿Cuál será el aporte más significativo de la ley?

A través de esta legislación, queremos lograr que todos los **Estados**

recuperen el derecho a difundir libremente lo que producen con fondos públicos. Esto no es una idea originada por nosotros, sino que existe una corriente internacional en esa dirección. Con la ley, acompañamos ese proceso y tratamos de incentivar a otros países para que imiten esta idea, porque sólo cosecharemos el beneficio de una legislación de este tipo cuando sea de **implementación masiva en el mundo.**

Latinoamérica produce cerca del cuatro por ciento de la información científica a escala mundial. Así pues, cuando La Referencia contuviera el

conocimiento de todos los países de la región, sólo podríamos acceder a ese cuatro por ciento de información científica (ver recuadro: “**Un repositorio latinoamericano**”). Sin duda, esto tendrá un impacto real cuando se haga masivo y los países centrales también incorporen el acceso libre al conocimiento científico que generan.

Más información:

Alejandro Ceccatto - secretario de Articulación Científico Tecnológica del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación.

“QUEREMOS QUE LOS ESTADOS RECUPEREN EL DERECHO A DIFUNDIR LIBREMENTE LO QUE PRODUCEN”.

UN ESPACIO DEL INTA

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) cuenta un sistema interno para recopilar su propia producción bibliográfica. Este espacio es “la base principal para armar un repositorio institucional” acorde a los requisitos exigidos por la ley 26.899, aseguró la coordinadora del Centro Documental del INTA, Ana Breit. “Si bien aún no tenemos el repositorio institucional instalado que permite soportar los objetos digitales, el proceso de digitalización de materiales comenzó hace tres años con el doble objetivo de preservar la producción intelectual y promover la difusión de esa información”, señaló. Actualmente, el centro documental comenzó con la asignación de metadatos a los archivos digitalizados, aunque continúa en la digitalización progresiva de materiales. Hasta el momento, se escanearon todos los ejemplares de la Revista de Información sobre Investigación y Desarrollo Agropecuario (IDIA) y la Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA). También, se procesaron las colecciones de publicaciones seriadas de las Estaciones Experimentales y los trabajos monográficos de mayor consulta, muchos de los cuales incluyen cartografía de relevancia.

Pastillas

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

¿Cambio climático beneficia a la región?

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) identificó a América del Sur como una de las regiones del mundo que se beneficiarán con las variaciones climáticas que podrían generarse en los próximos años.

“El incremento de los rindes de los principales cultivos en el sudeste del continente, estará asociado a los aumentos de las lluvias y cambios de las temperaturas”, explicó a la Revista RIA la especialista del Instituto de Clima y Agua del INTA Castelar quien participó en redacción del último informe del IPCC, Graciela Magrín. No obstante, recomendó primero adaptarse a la variabilidad interanual del clima.



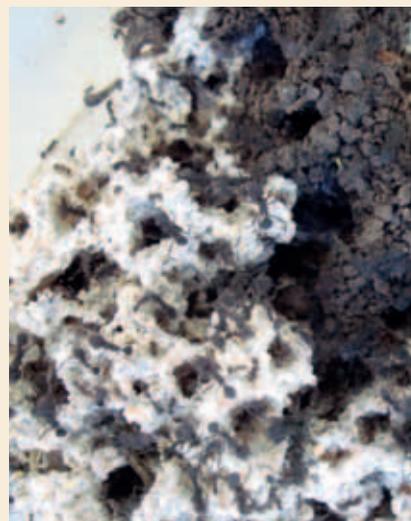
Nuevas tecnologías para alimentos

Investigadores argentinos buscan promover la adopción de tecnologías de procesamiento para impulsar la industria de alimentos y bebidas en la Argentina y convertirla en uno de los principales países exportadores hacia el 2030. El crecimiento poblacional se concentrará en Asia, lo que demandará mayor cantidad de alimentos y, al mismo tiempo, un mercado consumidor mundial exigente y demandante de alimentos inocuos, atractivos y producidos en “forma limpia”. El objetivo es sustentar políticas públicas que promuevan el avance tecnológico y la innovación de la agroindustria alimentaria argentina que agreguen valor y calidad a los productos alimenticios.

Bioinsumos para una mejor producción

El INTA desarrolla bioinsumos para mejorar la calidad y sanidad de los productos agropecuarios a partir del uso de organismos benéficos que podrían ser empleados a pequeña escala por los propios interesados.

“Debido a que no son obtenidos todos con igual tecnología, la articulación público-privada es imprescindible a fin de desarrollar insumos biológicos en cantidad y calidad óptima; mientras que otros productos podrían ser producidos en pequeña escala, por cooperativas, pymes familiares y hasta por los propios interesados”, resaltó el director del Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (IMyZA) del INTA Castelar, Roberto Lecuona, a la Revista RIA.



Aplicación de CO2 en salchichas

Investigadores del INTA logran elaborar salchichas con muy buenas propiedades físicas y organolépticas a partir de una tecnología de procesamiento nueva en el país para ese tipo de productos que permiten aumentar su vida útil y ser seguros para consumo humano. Se trata de la aplicación de dióxido de carbono en fase densa sobre salchichas elaboradas con carne de cordero para producir un alimento inocuo y que, a la vez, tenga buen sabor, color y sus propiedades generales se conserven. La investigación se llevó a cabo con científicos argentinos en conjunto con un grupo perteneciente a la Academia China de Ciencias Agropecuarias.

Tomates de campo con vitamina E

La mejor manera de obtener los 30 mg diarios de vitamina E que componen las dosis diarias recomendadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es a través del consumo de alimentos ricos en ella como frutas, verduras de hoja verde y semillas. Por su alto valor nutricional, se intenta mejorar su concentración en alimentos de consumo masivo como el tomate. Un estudio publicado en la revista Nature Communications, del que participaron Fernando Carrari, Ramón Asís e Iris Peralta, investigadores del CONICET y del INTA, demostró que los tomates cultivados en el campo tienen mayor expresión de vitamina E que los de invernadero.





<http://ria.inta.gov.ar>

Políticas de Publicación

Acceso abierto

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

Autores

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

Autoría del trabajo

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

Responsabilidades

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

Sugerencias

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

Naturaleza de materiales presentados

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

Conflictos de interés

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

Tipos de conflicto

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

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

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

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

Confidencialidad

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

Materiales y exámenes

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

Ética en el uso de animales

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

Transgénesis: una moderna biotecnología reproductiva en animales de interés zootécnico

GIBBONS, A.¹; BEVACQUA, R.J.²; FERNÁNDEZ-MARTÍN, R.²; PEREYRA-BONNET, F.³; CUETO, M.¹; BRUNO-GALARRAGA, M.¹; SALAMONE, D.²

RESUMEN

Los continuos avances en el conocimiento de la biología molecular han permitido un gran progreso de la ciencia, mediante la modificación genética tanto de virus, bacterias como de organismos superiores. Estos procedimientos de alta complejidad que comprenden a la ingeniería genética permiten identificar, reproducir, modificar y transferir material genético en células, tejidos u organismos. A su vez, las modernas técnicas reproductivas que han logrado incrementar progresivamente su eficiencia en los últimos años (inseminación artificial, sincronización hormonal de estros, fecundación "in vitro", fertilización asistida, transferencia de embriones, clonación, etc.), constituyen herramientas indispensables para seguir avanzando en las nuevas investigaciones referidas a la modificación genética en los animales. Se describen brevemente las diversas metodologías empleadas para la realización de transgénesis en animales de interés zootécnico.

Palabras claves: transgénesis, animales transgénicos, transfección.

ABSTRACT

Continuous advances in the understanding of molecular biology have allowed great progress of science, through genetic modification of viruses, bacteria and higher organisms. These highly complex procedures that include genetic engineering enable to identify, reproduce, modify and transfer genetic material into cells, tissues or organisms. In turn, modern reproductive techniques that have managed to gradually increase their efficiency in recent years (artificial insemination, hormonal synchronization of estrus, fertilization "in vitro", assisted fertilization, embryo transfer, cloning, etc.) are essential tools for continue advancing in new research concerning genetic modification in animals. The various methodologies used to carry out transgenesis in animals of zootechnical interest are briefly described.

Keywords: transgenesis, transgenic animals, transfection.

¹Laboratorio de Reproducción de Rumiantes Menores. EEA Bariloche. INTA. *gibbons.alejandro@inta.gob.ar

²Laboratorio de Biotecnología de la reproducción. Dpto. Producción animal. Facultad de Agronomía. UBA

³Instituto de Ciencias Básicas y Medicina Experimental del Hospital Italiano de Buenos Aires.

Los **animales transgénicos** se caracterizan por poseer una característica genética que ha sido introducida artificialmente, que de otro modo no poseerían. Estos animales pueden ser utilizados para distintos objetivos que incluyen modelos de enfermedades humanas y aplicaciones terapéuticas. Actualmente se dispone de modelos de roedores transgénicos para el estudio de diversas enfermedades humanas como el Alzheimer, HIV, cáncer, etc. Adicionalmente, los animales modificados genéticamente, permiten evaluar la eficacia de vacunas y realizar estudios sobre terapia génica para el tratamiento de enfermedades genéticas en los humanos. Las empresas farmacéuticas presentan un gran interés en adquirir animales transgénicos para producir proteínas humanas con fines terapéuticos, tales como enzimas, anticuerpos, hormonas o factores de crecimiento.

En el año 2006, la Agencia Europea del Medicamento (EMA) aprobó la comercialización de la primera proteína recombinante farmacéutica, la antitrombina, que es producida por la glándula mamaria de cabras transgénicas. Otra aplicación, y no menos interesante, ha sido la obtención de animales modificados genéticamente y denominados "xeno-transplanters" (en inglés), que son aquellos individuos que podrán ser utilizados como potenciales donantes de órganos para los seres humanos. Otras aplicaciones comprenden a los animales como "modelos científicos", para realizar investigaciones en biología, fisiología y genética. Así como realizar estudios "in vivo" de la función génica, durante su desarrollo, la organogénesis y el envejecimiento celular.

Las modificaciones en los animales están orientadas a lograr la incorporación y expresión de secuencias de ADN de interés, mediante la tecnología denominada como **transfección** (Lewin, 1999). Por consiguiente, los animales transgénicos incorporan nuevos genes que modificarán su genoma y permanecerán en el individuo de por vida. El objetivo es que los nuevos genes se encuentren incluidos en sus células germinales (espermatozoides u óvulos). Estos animales serán capaces de actuar como "fundadores" de un nuevo linaje transgénico y podrán transmitir a su descendencia las modificaciones genéticas realizadas por el hombre. Si bien en la actualidad más del 95% de los animales transgénicos utilizados en investigación biomédica son ratones, también se está avanzando en incrementar la eficiencia en la obtención de animales transgénicos de interés zootécnico.

La expresión óptima de un transgen requiere de elementos de codificación (genes de interés) y control (ej: promotores específicos) que deben estar incluidos en la construcción del ADN transgénico que se desea incorporar. Los elementos de control dirigen la expresión de los genes de interés hacia un tejido específico. Por ejemplo, la expresión del transgen puede dirigirse hacia la glándula mamaria para que se produzca un determinado producto de interés farmacéutico en la leche. Los **vectores** posibilitan el proceso de transferencia de un gen exógeno a la célula, facilitando su entrada y biodisponibilidad intracelular. Actualmente se han utilizado una gran variedad de vectores con fines experimentales, pudiendo ser clasificados en: vectores virales (adenovirus, retrovirus) y vectores no virales (plásmi-

dos, cromosoma artificial de levaduras o YACs). A pesar de los grandes avances científicos, todavía hoy es necesario realizar múltiples estudios a nivel básico, para poder llegar a entender cómo funcionan los diferentes genes y sus reguladores (promotores que dirigen la expresión a determinados tipos celulares y señales secretoras, responsables del destino de las proteínas codificadas por los genes).

La preparación tradicional de un transgen comienza con el aislado de una molécula de ADN más compleja, básicamente con el uso de enzimas de restricción, oligonucleótidos y PCR. Normalmente se combinan en el transgen secuencias de distintos orígenes, como por ejemplo el gen que codifica la proteína de interés y el promotor que dirige la expresión a un determinado tejido (ej. glándula mamaria para lograr la producción de la proteína de interés en la leche). En la actualidad existen empresas capaces de sintetizar moléculas de ADN de una secuencia dada, que simplifican la preparación del transgen.

Existen varias metodologías de transgénesis animal:

Microinyección pronuclear

Se realiza mediante la utilización de una micropipeta de vidrio (0,1 micras de diámetro) para poder inyectar el ADN de interés en el pronúcleo de un óvulo fecundado. Esta metodología requiere un equipo de ópticas y brazos mecánicos móviles (micromanipulador). La microinyección de ADN fue la primera técnica exitosa para lograr un mamífero transgénico y fue aplicada en ratones por Gordon y Ruddle (1981), luego se utilizó en otras especies como ratas, conejos, ovejas, cerdos, aves y peces. Sin embargo, aún es difícil controlar el lugar donde se integrará el transgen en el cromosoma, y esto a veces es causa de variación en el nivel de su expresión. La microinyección de pronúcleos es técnicamente exigente y tiene una baja tasa de éxito, sobre todo en especies donde la visualización de los pronúcleos es compleja. Por ejemplo, estudios de transferencia de genes revelan que en bovinos fue necesario inyectar 36500 cigotos para generar 18 terneros transgénicos (Eystone *et al.*, 1999). La inserción de ADN es un proceso aleatorio y existe una alta probabilidad de que el transgen introducido no se inserte en el sitio adecuado para su expresión. A su vez su presencia puede ser baja en las células de la línea germinal de la que surgen los gametos. A pesar de estas limitaciones, la microinyección pronuclear todavía es utilizada por los laboratorios de transgénesis, debido a su fiabilidad en producir descendencia transgénica y a la facilidad de su aplicación respecto a otros métodos.

Transgénesis mediada por vectores virales

Los virus son muy eficientes en la incorporación de su propio ADN o ARN en el ADN de una célula. Por consiguiente se preconizó la utilización viral como vectores de la transgénesis (Jaenisch, 1976). Estos vectores son más eficientes que la microinyección, en términos de tasas de

transformación y expresión, pero una limitación es el tamaño del transgen que es posible incorporar. La utilización de la transgénesis mediada por virus y la microinyección pronuclear están actualmente limitadas por la integración al azar, ya que su ubicación puede alterar la expresión del transgen.

Transgénesis mediante inyección espermática intracitoplasmática (ICSI-Tr, siglas en inglés)

Si bien el desarrollo de la transgénesis en el ganado está en sus comienzos en comparación con lo realizado en ratones, se ha propuesto que esta metodología permitirá una producción eficaz y menos costosa de animales transgénicos para poder estudiar determinadas enfermedades humanas. La ICSI-Tr es una buena alternativa cuando los transgenes son de gran tamaño (500 kb). La ICSI en ratón fue descrita por Kimura y Yanagimachi (1995) y la ICSI-Tr por Perry *et al.* (1999). Esta última técnica ha sido empleada en nuestros trabajos para generar embriones modificados genéticamente en vacas, ovejas, cerdos, gatos y caballos, siendo la primera vez a nivel mundial que una técnica resulta efectiva para cinco especies de mamíferos diferentes (Pereyra Bonnet *et al.*, 2008).

Transferencia nuclear mediante células somáticas (SCNT; siglas en inglés)

Esta tecnología proporciona una alternativa más eficaz con respecto a la microinyección de ADN. La SCNT ha sido reportada como un método de transgénesis eficiente en los bovinos (Cibelli *et al.*, 1998; Salamone *et al.*, 2006); la tasa de embriones transgénicos producidos a través de este método oscila en un 20% (Cibelli *et al.*, 1998). La transgénesis por SCNT requiere la obtención previa de **clones celulares** a partir de una única célula que contenga el transgen de interés, para luego poder ser usados como donantes de núcleos transgénicos. Es actualmente el método más utilizado para la generación de animales transgénicos de granja con modificaciones precisas, como los *knock-out* o pérdidas de alelos. La tasa de éxito (animales transgénicos nacidos vivos) en mamíferos es reducida (generalmente 1-3% de los embriones transferidos). Sin embargo, en la especie bovina se han logrado valores del 15-20% (Kues y Niemann, 2004). Aquí **la clonación** se utiliza como una herramienta para realizar transgénesis en animales, al transferir células o núcleos con ADN con un gen de interés a ovocitos enucleados, que luego son sometidos a impulsos eléctricos para la fusión de la membrana del núcleo transferido con el ovocito receptor. Finalmente, se procede a la activación química o eléctrica de la división celular para la formación de los embriones. La SCNT tiene su limitación por la alta incidencia de anomalías embrionarias, fetales y/o perinatales y podría ser considerada ineficaz hasta que se logren superar estos inconvenientes.

Nuestra experiencia

En forma conjunta entre el Laboratorio de Biotecnología de Reproducción de la Facultad de Agronomía de

la Universidad de Buenos Aires y el Laboratorio de Reproducción de Rumiantes Menores del INTA Bariloche, hemos realizado una serie de ensayos experimentales para desarrollar nuevas metodologías de transgénesis. A partir de los ensayos en bovinos (Pereyra Bonnet *et al.*, 2011), la técnica de transgénesis por microinyección de vesículas (TMiV) en embriones procedentes de ovocitos fecundados *in vitro* (FIV), adquiere una particular importancia debido a que podríamos estar frente a una técnica muy novedosa e inédita para lograr animales transgénicos, sin la necesidad de usar agentes químicos para inducir el desarrollo embrionario, como en la SCNT. La obtención de animales transgénicos mediante TMiV utilizando membranas citoplasmáticas ovocitarias como vectores de ADN exógeno, ha sido investigada y desarrollada en forma conjunta en ovinos, permitiéndonos obtener en el año 2010 un feto modificado genéticamente con una eficiencia global del 8,3% (usando la construcción pCX-EGFP sin promotor). A diferencia de la microinyección de pronúcleos, esta nueva técnica es más sencilla debido principalmente a la facilidad para inyectar el transgen en el citoplasma y a una mayor simplicidad y menor tiempo para su ejecución. En la microinyección de pronúcleos es imprescindible que los cigotos a inyectar se encuentren en la fase pronuclear. En los ensayos "*in vitro*" resulta relativamente fácil lograr esta sincronización, porque se conoce el momento exacto del comienzo de la FIV. Por el contrario, en los ensayos "*in vivo*" no se cuenta con esta información y se recuperan cigotos en varios estadios nucleares.

La ventaja de la TMiV respecto a la transgénesis por SCNT es que no se requiere la obtención previa de clones celulares a partir de una única célula que contenga el transgen, por lo que no es necesaria la utilización de marcadores de selección o genes de resistencia a drogas. La SCNT requiere la transformación de células fetales o adultas por electroporación, liposomas o agentes virales y una selección de las células que efectivamente contengan el transgen.

En la actualidad, nuestro objetivo es obtener corderos nacidos modificados genéticamente mediante la técnica TMiV con la finalidad de que expresen el gen de interés. Estamos en los primeros pasos de la TMiV y, al igual que con la microinyección pronuclear en sus comienzos, se considera que se puede mejorar su eficiencia. Por ejemplo, actualmente existen numerosas estrategias para aumentar la tasa de integración en las técnicas de transgénesis en mamíferos. Entre ellas podemos destacar el uso de transposasas (Suganuma *et al.*, 2005) y recombinasas (García-Vázquez *et al.*, 2009). Estas enzimas de restricción pueden diseñarse para que reconozcan secuencias específicas del genoma huésped y tienen como finalidad cortar y promover la integración del transgen (Cui *et al.*, 2011). Estas novedosas tecnologías constituyen las nuevas herramientas para mejorar las actuales técnicas de transgénesis. Los últimos avances en la transgénesis para lograr una mayor integración dirigida o específica han sido revisados por Kues y Niemann (2011).

CONCLUSIONES

La utilidad de la tecnología de la transgénesis está sujeta a la capacidad de identificar los genes y las secuencias reguladoras apropiadas para la producción de las características que se desean transmitir en los animales transgénicos. A su vez, dependerá de la metodología para incorporar estos genes deseados de una manera efectiva para que se expresen correctamente y de manera eficiente.

Los animales transgénicos serán claves para encontrar la cura de varias enfermedades, mejorar la calidad de los alimentos, reducir los costos de productos farmacéuticos, cumpliendo las normas éticas que aseguren las condiciones necesarias para el bienestar animal. Para que la confianza del público se fortalezca, será imprescindible realizar una mejor difusión pública de los beneficios de obtener animales transgénicos, para el bienestar de la humanidad.

Una regulación que aliente la investigación con información abierta sobre los temas de tecnologías de ingeniería genética en el mundo académico y la participación de toda la sociedad en el desarrollo de las leyes relativas a estas cuestiones, parece ser la mejor manera de eludir reacciones exageradas o negativas sobre esta importante biotecnología.

En la actualidad, la oferta mundial de alimentos de origen animal a menores precios está condicionada a la reducción de los costos y al aumento de su eficiencia productiva. A su vez, los nuevos avances en la modificación genética animal permitirán una reducción de las pérdidas económicas por enfermedades (virales, bacterianas, parasitarias, etc.) y de la actividad contaminante ambiental de origen animal, posibilitando incrementar la convertibilidad alimenticia. A nivel mundial, se están considerando las diversas aplicaciones potenciales de la metodología de la transgénesis para desarrollar nuevas y múltiples mejoras genéticas del ganado. Por consiguiente, un sinfín de posibilidades pueden ser previstas para un futuro cercano.

En resumen, la transgénesis en los animales de interés zootécnico no está lo suficientemente desarrollada y aun se requiere generar mucha información básica. La premisa será que todos los avances en la transgénesis animal deberán ser para beneficio de la humanidad, y contribuir al bienestar animal y a la conservación de los recursos.

BIBLIOGRAFÍA

CIBELLI, J.B.; STICE, S.L.; GOLUEKE, P.L.; KANE, J.J.; JERRY, J.; BLACKWELL, C.; PONCE DE LEON, F.A.; ROBL, J.M.

1998. Transgenic bovine chimeric offspring produced from somatic cell-derived stem like cells. *Nat. Biotechnol.* 16, 642–646.

CUI, X.; JI, D.; FISHER, D.A.; WU, Y.; BRINER, D.M.; WEINSTEIN, E.J. 2011. Targeted integration in rat and mouse embryos with zinc-finger nucleases. *Nat. Biotechnol.* 29(1):64–67.

EYESTONE, W.H. 1999. Production and breeding of transgenic cattle using in vitro embryo production technology. *Theriogenology* 51:509–17.

GARCÍA-VÁZQUEZ, F.A.; GARCÍA-ROSELLÓ, E.; GUTIÉRREZ-ADÁN, A.; GADEA, J. 2009. Effect of sperm treatment on efficiency of EGFP-expressing porcine embryos produced by ICSI-SMGT. *Theriogenology* 72:506–518.

GORDON, J.; RUDDLE, F. 1981. Integration and stable germ line transmission of genes injected into mouse pronuclei. *Science* 214: 1244–1246.

JAENISCH, R. 1976. Germ line integration and Mendelian transmission of the exogenous Moloney leukemia virus. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 73(4) 1260–1264.

KIMURA, Y.; YANAGIMACHI, R. 1995. Intracytoplasmic sperm injection in the mouse. *Biol Reprod.* 52(4):709–20.

KUES, W.A.; NIEMANN, H. 2004. The contribution of farm animals to human health. *Trends Biotechnol.* 22, 286–294.

KUES, W.A.; NIEMANN, H. 2011. Advances in farm animal transgenesis. *Veterinary Medicine* 102:146–156.

LEWIN, B. 1999. *Genes VII.* Oxford, Oxford University Press, 990 p.

PEREYRA-BONNET, F.; FERNÁNDEZ-MARTÍN, R.; OLIVERA, R.; JARAZO, J.; VICHERA, G.; GIBBONS, A.; SALAMONE, D. 2008. A unique method to produce transgenic embryos in ovine, porcine, feline, bovine and equine species. *Reproduction, Fertility and Development* 20, 741–749.

PEREYRA-BONNET, F.; BEVACQUA, R.; ROSA, I.L.; SIPOWICZ, P.; RADRIZZANI, M.; FERNANDEZ-MARTIN, R.; SALAMONE, D. 2011. Novel methods to induce exogenous gene expression in SCNT, parthenogenic and IVF preimplantation bovine embryos. *Transgenic Res.* 2011 Mar 24. PMID: 21431868.

PERRY, A.C.; WAKAYAMA, T.; KISHIKAWA, H.; KASAI, T.; OKABE, M.; TOYODA, Y.; YANAGIMACHI, R. 1999. Mammalian transgenesis by intra-cytoplasmic sperm injection. *Science* 284, 1180–1183.

SALAMONE, D.; BARANAO, L.; SANTOS, C.; BUSSMANN, L.; ARTUSO, J.; WERNING, C.; PRYNC A.; CARBONETTO, C.; DABSYS, S.; MUNAR, C.; SALABERRY, R.; BERRA, G.; BERRA, I.; FERNANDEZ, N.; PAPOUCHADO, M.; FOTI, M.; JUDEWICZ, N.; MUJICA, I.; MUNOZ, L.; ALVAREZ, S.F.; GONZALEZ, E.; ZIMMERMANN, J.; CRISCUOLO, M.; Melo, C. 2006. High level expression of bioacTMIv recombinant human growth hormone in the milk of a cloned transgenic cow. *J. Biotechnol.* 124(2):469–72.

SUGANUMA, R.; PELCZAR, P.; SPETZ, J.F.; HOHN, B.; YANAGIMACHI, R.; MOISYADI, S. 2005. Tn5 transposase-mediated mouse transgenesis. *Biol Reprod.* 73(6):1157–63.

Relaciones entre el recuento de células somáticas, test de mastitis California, conductividad eléctrica y el diagnóstico de mastitis subclínicas en cabras lecheras

SUAREZ, V.H.¹; MARTINEZ, G.M.¹; GIANRE, V.²; CALVINHO, L.²; RACHOSKI, A.¹; CHAVEZ, M.¹; SALATIN, A.¹; OROZCO, S.¹; SANCHEZ, V.¹; BERTONI, E.¹

RESUMEN

En el tambo caprino, las mastitis son un problema sanitario mayor que afecta tanto la productividad como la inocuidad y calidad de los productos. Debido a que el diagnóstico de las mastitis subclínicas plantea problemas para su correcto monitoreo, el objetivo planteado fue analizar las relaciones entre el estado infeccioso de las mamas, los diferentes métodos de diagnóstico como el conteo de células somáticas (CCS), test de mastitis California (CMT) y la conductividad eléctrica (CE) y sus relaciones y posibilidades de aplicación en las condiciones de los tambos caprinos del país. A partir de cabras, mayormente Saanen (71,9%) en ordeño en los periodos sept/2010-mar/2011 y jun/2011-dic/2011, se tomaron mensualmente muestras de leche individuales (n=846) de cada medio mamario. El estado infeccioso de cada muestra se determinó por cultivos bacteriológicos dividiéndolo en medios mamaros no infectados (NI), infectados con patógenos menores y patógenos mayores. El CCS se realizó por Fossomatic, y a modo de control por microscopía directa mediante técnicas de Breed clásica y método de Verde metil Y pironina (VMYP). Las pruebas de conductividad eléctrica (CE) se realizaron por dispositivo manual y el CMT fue el clásico. Además, con sólo 30 muestras se evaluó un test comercial "PortaSCC goat" para leche caprina. Las relaciones entre variables fueron analizadas por correlación lineal y regresión simple y sus diferencias por Chi cuadrado o análisis de varianza. Se calculó la sensibilidad (S) y la especificidad (E) y los valores predictivos (VP) de las pruebas. Como patógenos menores se aislaron *Staphylococcus* sp. coagulasa negativo, SCN (n=37) y como patógenos mayores sólo *Staphylococcus aureus* (n=13). La presencia de patógenos elevó los CCS (P<0,0001) y los CMT (P<0,0001), pero no la CE (0,09). Las medias de los CCS para NI, SCN y *S. aureus* fueron respectivamente de 789427±1139886, 1891432±1521385 y 5296615±3806640. La correlación hallada entre el CCS y de la CE con el estado sanitario de los medios mamaros fue respectivamente de r=0,41 (P<0,0001) y de r=0,12 (P<0,03). El CCS tuvo una correlación de r=0,86 (p<0,0001) con el VMYP, de r=0,64 (p<0,0001) con el CMT, de r=0,24 (p<0,0001) con la CE y de 0,47 (p<0,009) con el PortaSCC. El VMYP dio un conteo celular de un 20,8% inferior al Breed. Los CMT 0, T, 1, 2, y 3 se correspondieron a CCS medios respectivos de 326823, 494294, 741670, 1680557 y 3842440. La S y E respectivamente fueron de 70% y 79% para CCS, del 68% y 80% para el CMT y de solo 58% y 60% para la CE. El estudio muestra que tanto el CCS (línea de corte <1000000) como el CMT (0, T, 1) pueden ser usados para monitorear la presencia de mastitis subclínicas, teniendo en cuenta que presentan una E buena y alto VP negativo (98%) para el diagnóstico de ubres sanas y una S aceptable para detectar infecciones (especialmente patógenos mayores), siempre que se tengan en cuenta el diagnóstico bacteriológico, la recurrencia de los diagnósticos y otros factores no infecciosos ligados al aumento del CCS en las cabras.

Palabras clave: mastitis subclínica, cabra lechera, etiología, prueba diagnóstica.

¹INTA EEA Salta, CC 228, Cerrillos, 4400, Salta. ²INTA EEA Rafaela, CC 22, 2300, Rafaela, Santa Fe.
Correo electrónico: suarez.victor@inta.gob.ar

ABSTRACT

Mastitis in udders is a major health problem, affecting productivity, safety and product quality in the dairy goat. Because the diagnosis of subclinical mastitis is problematic for accurate monitoring, the objective of this study is to evaluate the relationships among the infectious status of half udder and different diagnosis methods: somatic cell count (SCC), California mastitis test (CMT) and electric conductivity (CE) and its diagnostic possibilities in the real dairy goat systems. From milked goats (Saanen, 76%) during Sept/2010-March/2011 and June/2011-Dec/2011 periods, monthly samples (n=846) of milk were taken from each half udder. Udder halves infectious status was assessed by bacteriological cultures and classified in three groups: negative culture (NI), and intrammary infections by minor pathogens and by major pathogens. Chi square, analysis of variance and correlation and regression analysis were carried out to analyse interrelations between variables. Sensitivity (S), specificity (SP) and predictive values (VP) were calculated. Coagulase-negative Staphylococcus sp SCN (n=37), were the minor pathogen and Staphylococcus aureus (n=13), was the only major pathogen isolated. Pathogen increase CCS ($P<0.0001$) and CMT ($P<0.0001$) but not CE (0.09). The average values for CCS of NI, SCN y S. aureus were respectively 789427 ± 1139886 , 1891432 ± 1521385 y 5296615 ± 3806640 . The correlation obtained between CCS and CE was respectively $r=0.41$ ($P<0.0001$) and $r=0.12$ ($P<0,03$). The CCS had significant ($p<0.0001$) correlations of $r=0.86$ with VMYP, $r=0.64$ with CMT, $r=0.24$ with CE and 0.47 with PortaSCC. The VMYP cell counts was 20.8% lesser than Breed counts. CCS averages were for the CMT scores of 326823 (0), 494294 (traces), 741670 (1), 1680557 (2) and 3842440 (3) cells/ml. S and SP were of 70% and 79% for CCS, 68% and 80% for CMT and 58% y 60% for CE respectively. The study shows that both the CCS (cut line <1000000) and CMT (0, T, 1) can be used to monitor the presence of subclinical mastitis, considering that exhibit good high negative VP (98%) and good SP for the diagnosis of healthy udders and acceptable S for infections (specially major pathogens), provided that the bacteriological diagnosis, recurrence of diagnosis and other no infectious factors associated to elevated CCS are taken into account.

Keywords: subclinical mastitis, dairy goat, aetiology, diagnostic test.

INTRODUCCIÓN

Al igual que en lechería bovina, en el tambo de pequeños rumiantes las mastitis son un problema mayor que afectan tanto la productividad del sistema como la inocuidad y calidad de los productos (Haenlein, 2002; Leitner *et al.*, 2008). A nivel mundial (Contreras *et al.*, 2006) como a nivel nacional, las noxas del género *Staphylococcus* spp son los patógenos de más alta prevalencia responsables de infecciones intramamarias (Suárez *et al.*, 2012; Miranda *et al.*, 2001). Además, *Staphylococcus aureus* es el patógeno que mayores efectos negativos tiene en la salud y productividad de los animales como también en la de los consumidores por los riesgos que producen sus toxinas termoestables en los productos lácteos.

El diagnóstico definitivo de mastitis subclínica se realiza a partir del aislamiento de muestras de leche de patógenos, mayormente por cultivo bacteriológico. Esto suele resultar a escala de majada costoso y con el inconveniente de no tener los resultados en el momento de extraer la muestra. Para facilitar el diagnóstico de las mastitis subclínicas a nivel rebaño se desarrollaron métodos indirectos en lechería tales como el conteo de células somáticas (CCS), el test de mastitis California (CMT) o pruebas basadas en la conductividad eléctrica (CE).

Los CCS, el CMT o la CE han demostrado tener buena sensibilidad y especificidad para detectar infecciones intramamarias, es decir, mastitis subclínicas en lechería vacuna (Schalm *et al.*, 1971). También el CCS y CMT han evidenciado buena correlación y ser útiles en el diagnóstico del estado sanitario en lechería ovina (Suarez *et al.*, 2002). Sin embargo, en lechería caprina debido a diferencias fisiológicas, los valores patrones en cuanto a CCS utilizados en leche bovina no muestran ser precisos para un buen diagnóstico de mastitis (Haenlein y Hinckley, 1995). La secreción láctea de los caprinos difiere sensiblemente de aquella de las vacas, ya que es apócrina, es decir que se almacena en las células de las glándulas y al eliminarse hay partículas citoplasmáticas en esta leche que dificultan y alteran su lectura. Además, el nivel de polimorfonucleares en leche caprina sin infecciones es mucho más elevado que en la leche vacuna. Esto hace que los estándares de calidad de leche vacuna sean discriminatorios para las cabras al igual que la metodología de diagnóstico de mastitis plantea problemas en los caprinos debido a que el CCS está relacionado con otros factores como ser el número de partos, la raza, los sistemas de producción y el rinde de las cabras (Perrin *et al.*, 1996). Todo esto conlleva a que en leche caprina el CCS como metodología diagnóstica debe ser evaluado bajo diferentes condiciones y sistemas productivos (De Cremoux *et al.*, 1994).

Por otro lado, en general la lechería caprina es sostenida por pequeños y medianos productores a los cuales por recursos o escala no les es rentable o posible acceder a un análisis de CCS pero sí a otros medios diagnósticos como el CMT que aunque subjetivo es de simple y económica ejecución. Además, debido a que el CMT se basa en la reacción entre el reactivo, conteniendo lauril sulfato de sodio y púrpura de bromocresol, y el ADN de las células, tendría la capacidad de diferenciar las partículas citoplasmáticas de la leche de cabra de las células nucleadas con ADN. Por último hay algunos antecedentes que justifican la evaluación ya que han encontrado buena correlación entre el CMT y el CCS en cabras bajo otros sistemas productivos (Boscós *et al.*, 1996; Perrin *et al.*, 1996).

Debido a estos planteos que dificultan el diagnóstico de las inflamaciones mamarias subclínicas en los tambos caprinos, el presente ensayo plantea analizar las relaciones entre el estado infeccioso de las mamas, los diferentes métodos de CCS y el uso rutinario del CMT bajo las condiciones de la lechería caprina intensificada de los valles templados del NOA.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar y animales en ensayo

El estudio fue realizado en el tambo caprino de la Estación Experimental Agropecuaria Salta del INTA en cabras, mayormente de raza Saanen (71,9%) y en menor proporción Toggenburg (17,4%) y Alpina (10,7%), sometidas a una rutina diaria de ordeño mecánico al tarro. Las observaciones se realizaron en 45 y 42 cabras a lo largo de dos períodos de lactancia: septiembre 2010 a marzo 2011 y junio 2011 a diciembre 2011, comprendiendo todo el ordeño hasta el secado de las cabras.

Procedimientos y muestreo

Mensualmente se tomaron en forma individual y luego de eliminar los primeros chorros de leche, muestras de leche de cada medio mamario, constituyéndose cada uno en la unidad de muestra. Para los análisis microbiológicos se tomaron asépticamente 5 cc de leche en envases estériles. En total se analizaron 929 muestras de leche.

Además, para evitar interferencias con otros problemas sanitarios, se observó el estado de las cabras en ordeño en general y de sus ubres. Al iniciar el ensayo se revisaron clínicamente las ubres, registrando la presencia de nódulos, tumefacciones y estado de los pezones.

El CMT se llevó a cabo según método de Schalm *et al.* (1971) luego de extraer los primeros chorros de leche. Según el grado de aglutinación y se clasificó en negativo sin aglutinar (0), trazas de aglutinación (0,5), moderada aglutinación (1), fuerte aglutinación (2) y gelificación completa (3).

El CCS se llevó a cabo mediante diferentes procedimientos; se utilizó el CCS por microscopía fluorescente por citometría de flujo, s/Fossomatic 5000. También el CCS se

realizó mediante recuento microscópico directo según técnica de Prescott y Breed (1910), con tinción en base a azul de metileno y la técnica de tinción con verde de metil Y pironina (VMYP) descrito por Dulin *et al.* (1982).

La prueba de conductividad eléctrica (CE) se realizó a través del dispositivo manual (Milk checker, Eisai, Japón).

Además, se probó en 30 muestras la prueba denominada comercialmente "PortaSCC goat milk test", que es un kit diagnóstico para estimar el número de células somáticas específico para leche caprina (www.portacheck.com/portascccoat.php). Esta prueba es de fácil lectura y utiliza una cartilla que vira en 45 min a diferentes graduaciones de colores: A, B, C y D que indican respectivamente un CCS de <500000, <1000000, 1500000 y >3000000.

Las muestras recolectadas para los cultivos bacteriológicos se obtuvieron luego de eliminar los 2 ó 3 primeros chorros de leche antes del ordeño de cada cabra; éstas se tomaron asépticamente recogiendo en envases estériles. La identificación bacteriana se realizó por medio de procedimientos estándar (National Mastitis Council Inc. Madison, WI., 2004) De acuerdo al resultado de cultivos bacteriológicos, se clasificaron en negativos, glándulas sanas sin desarrollo bacteriano (S/D), en glándulas con infecciones intramamarias debida a patógenos menores o banales (Pm) que alteran la calidad de la leche e infecciones debidas a patógenos mayores (PM), aquellos que además de alterar la leche son agentes etiológicos de enfermedades para los caprinos o para el ser humano. Los procedimientos para diagnosticar el virus de encefalitis-artritis caprina no fueron considerados debido a que no hay diagnósticos previos en la región de estudio.

Análisis estadísticos

Las relaciones entre variables como grado del CMT, CE, diferentes métodos para estimar CCS y el resultado de los cultivos bacteriológicos fueron analizadas usando correlación lineal (Pearson) y regresión lineal simple. Para demostrar asociaciones entre muestras con y sin patógenos con el CMT o sobre o debajo el umbral obtenido para el CCS se utilizó la prueba de Chi cuadrado y, para analizar diferencias entre variables continuas, se usó análisis de varianza. En el caso del CMT y de los resultados de los cultivos bacteriológicos, por tratarse de variables discretas a partir de ellas, para su análisis se crearon variables indicadoras o "dummy". Para los análisis indicados se utilizó el paquete estadístico InfoStat (2012).

De acuerdo a los resultados se calculó la sensibilidad (S) y la especificidad (E) y los valores predictivos (VP) de las pruebas diagnósticas (Thursfield, 1990). Para la línea de corte o umbral a utilizar como mejor se tomó en cuenta el criterio de Andrews *et al.* (1983), es decir, que los falsos negativos (FN) sean menor del 15% de los falsos positivos (FP) y que fuera máximo el número de animales correctamente clasificados (CC).

RESULTADOS

Análisis microbiológicos

Para análisis microbiológicos de las 929 muestras se analizaron 846, de las cuales 50 resultaron positivas (5,91%). De ellas, en 37 (4,37%) se aislaron *Staphylococcus coagulasa* negativos (SCN: patógenos menores) y en 13 (1,53%) sólo se aisló *Staphylococcus aureus* como patógeno mayor.

De las cabras que se aislaron SCN sólo dos repitieron aislamientos positivos en dos muestreos seguidos.

No se observaron diferencias significativas ($p < 0,40$) entre los rindes lácteos de las cabras sin aislamientos positivos y aquellas con inflamaciones intramamarias con patógenos menores y mayores cuyos rindes promedios al momento del diagnóstico fueron respectivamente de 1129,6, 1105,5 y 1000 ml de leche.

De las cabras con inflamaciones mamarias a *S. aureus* con posterioridad al diagnóstico, siete se secaron y tres presentaron mastitis clínicas (una con mastitis gangrenosa y pérdida total de la ubre).

La prevalencia de mastitis se incrementó significativamente ($X^2 48,42$; $p < 0,0001$) con el número de pariciones de las cabras; el porcentaje de muestras con aislamiento positivo, es decir con mastitis subclínicas, fue para las ca-

bras de 1ra, 2da, 3ra, 4ta y 5ta o más pariciones respectivamente de 3,9%, 2,04%, 6,81%, 7,14% y 11,68%.

No se aislaron patógenos ambientales.

Relación entre las mastitis subclínicas y los métodos diagnósticos

La tabla 1 muestra las medias y otros valores de centralización relativos al aislamiento o no de patógenos y el CCS por Fossomatic, donde los valores señalan diferencias significativas entre medios mamarios no infectados, aquellos infectados con SCN y los infectados con *S. aureus*.

La infección aumentó significativamente ($p < 0,0001$) el CCS (tabla 2), mostrando una correlación de $r = 0,44$ y un $R^2 0,19$ ($p < 0,0001$) entre el CCS y las variables regresoras (estatus infeccioso) creadas en variables indicadoras y utilizando los medios sanos como referencia.

La infección aumentó significativamente ($X^2 180,5$; $p < 0,0001$) el grado de CMT, como muestra la tabla de contingencia (tabla 3).

En la figura 1 se observa de acuerdo al grado de CMT observado, el porcentaje de medios mamarios infectados con patógenos menores y mayores.

Estatus infeccioso	n	Media aritmética	D.E.	Mínimo	Máximo	Mediana	M. geométrica
NI	796	784401 a	1139886	12000	7557000	381000	404022
SCN	37	1891432 b	1521385	80000	5355000	1619000	1181217
S.a.	13	4988923 c	3806640	990000	10718000	4431000	3161147

Tabla 1. Valores de los CCS discriminados por el estatus infeccioso de los medios mamarios. No infectado NI, infectados con SCN e infectados con *S. aureus*. S.a.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
Constante	784401,38	42159,51	701651,4	867151,2	18,61	<0,0001
SCN	1107031,05	200040,16	714395,9	1499666,1	5,53	<0,0001
<i>S. aureus</i>	4204521,7	332581,55	3551736,7	4857306,6	12,64	<0,0001

Tabla 2. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados al estatus infecciosos transformado en variables indicadoras (dummy) SCN y *S. aureus*.

Estatus infeccioso	CMT 0	CMT trazas	CMT 1	CMT 2	CMT 3	Total
No infectado	263	191	184	124	34	796
SCN	2	4	10	10	11	37
<i>S. aureus</i>	0	0	0	2	11	13
Total	265	195	194	136	56	846

Tabla 3. Estatus infeccioso de los medios mamarios y CMT hallados

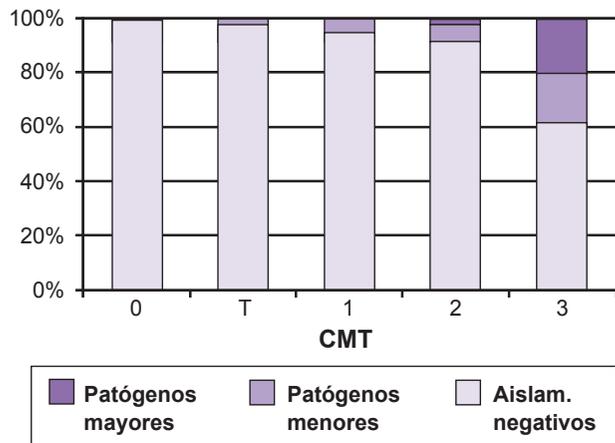


Figura 1. Proporción de muestras positivas a microorganismos patógenos recuperados de los medios mamarios según grado de CMT.

La infección mostró un aumento significativo general con respecto a la CE, pero con baja correlación del $r = 0,12$ y un $R^2 0,01$ ($p < 0,03$), siendo los valores medios de CE de 5,7, 6,1 y 6,7, respectivamente, para las muestras negativas, con SCN y *S. aureus*. Sólo se observaron diferencias ($p < 0,03$) entre las CE de los aislamiento de *S. aureus* con respecto a los de los muestreos negativos.

Los resultados en cuanto al test diagnóstico PortaSCC, mostraron que, aunque la infección aumentó significativamente ($X^2 8,8$; $p < 0,04$) los índices del test, éste no mostró una buena correlación entre las graduaciones y las mastitis halladas concentrándose el 60% de estas en el grado B que indica de 500000 a 1000000 de células somáticas.

Relación entre CCS, CMT y CE

Las medidas de resumen de los CCS de acuerdo al grado del CMT se indican en la tabla 4.

Los grados del CMT transformados en variables indicadoras tuvieron una buena correlación ($r = 0,67$) con el CCS y un $R^2 0,45$ ($p < 0,0001$), como muestra la tabla 5. En las tablas 4 y 5 respectivamente se pueden ver la relación observada en el presente ensayo entre el CCS y el CMT y los valores estimados a partir de los grados de CMT (transformadas en variables indicadoras) utilizados como variables determinantes del CCS.

La conductividad eléctrica presentó una correlación de $r = 0,24$ y un $R^2 0,06$ ($p < 0,0001$) con el CCS y de $r = 0,30$ y un $R^2 0,09$ ($p < 0,0001$) con el CMT.

Los resultados del test diagnóstico PortaSCC mostraron una correlación de $r = 0,47$ ($p < 0,009$) y $der = 0,72$ ($p < 0,0001$) con el CMT.

Relación entre el CCS por Fossomatic y por microscopía ocular

Al comparar, entre las mismas muestras ($n = 48$), los CCS de leche de cabra realizados por los métodos de tinción con azul de metileno (Breed) y de verde de metil Y pironina que promediaron respectivamente 1815916 y 1419971, se observó una cifra promedio inferior del 20,8% en los conteos de la técnica de tinción de verde de metil Y pironina.

Los CCS por Fossomatic y por la tinción de verde de metil Y pironina tuvieron una correlación de $r = 86\%$ ($p < 0,0001$).

CMT	n	Media	D.E.	Valor mínimo	Valor máximo	Mediana	Media geométrica
0	301	326823	423488	12000	2932000	178000	184026
T	217	494294	527925	55000	3857000	333000	337916
1	202	741670	704501	79000	4107000	499000	530975
2	147	1680557	1425357	73000	6786000	1185000	1183722
3	59	3842440	2995175	600000	13557000	3033000	2786348

Tabla 4. Promedio y DE, valores extremos y mediana de los CCS de acuerdo al grado del CMT.

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
Const.	317069,5	56569,1	206050,6	428088,4	5,6	<0,0001
CMT T	147925,8	87368,1	-23537,1	319388,8	1,69	0,0908
CMT 1	412695,3	89355,1	237332,9	588057,7	4,62	<0,0001
CMT 2	1336277,4	98865,3	1142250,7	1530304	13,52	<0,0001
CMT 3	3470613,8	138949,9	3197919,7	3743307,8	24,98	<0,0001

Tabla 5. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados a los grados del CMT transformados en variables indicadoras (dummy) y el CCS.

Esta última tinción tuvo una buena correlación ($r=0,43$) y un $R^2 0,18$ ($p<0,0001$) con el CMT.

Sensibilidad y especificidad

La tabla 6 muestra los parámetros de validez diagnóstica para mastitis subclínicas, tomando como infecciones positivas diferentes grados de CMT. Al considerar como positivos a los CMT de grado 2 y 3 y a los patógenos menores y mayores aislados, la prueba muestra una sensibilidad (S) del 68% y una especificidad (E) del 80% con un valor predictivo positivo (VP+) del 18% y un valor predictivo negativo (VP-) del 98%. Al considerar sólo el grado 3 del CMT, la prueba muestra una S del 44% y una E del 96% con un VP+ del 39% y un VP- del 96%. Al considerar como positivos a los patógenos mayores, el CMT grado 3 aumenta la S y mantiene la E, aunque no toma en cuenta a los patógenos menores.

Al comparar la S y E del CMT en las cabras con menos de dos pariciones con la de más de dos pariciones no se hallaron diferencias.

La tabla 7 muestra los parámetros de validez diagnóstica de los CCS. Considerando los criterios que establecen que para fijar el mejor umbral para S y E, es aquel en el cual los falsos negativos deben ser menores en un 15% a los falsos positivos (Andrews *et al.*, 1983) y que el número de animales bien clasificados debe ser el máximo, el mejor valor umbral o de corte para considerar al CCS como positivo estaría entre 789000 y 1000000. Tomando los mejores valores que clasificaron bien un mayor número de cabras (71,2 y 78,1%), la pruebas con umbrales de CCS=789000 o 1000000, serían los mejores para realizar el mejor diagnóstico.

Al comparar la S y E del CCS en las cabras de no más de dos pariciones con la de más de dos pariciones no se

hallaron diferencias, aunque en las primeras el umbral de 550000 células mostro la mayor S (75%) y E (62%)

DISCUSIÓN

Los resultados muestran que sólo se aislaron aquellos patógenos más comúnmente asociados a las infecciones intramamarias en los rumiantes menores (Contreras *et al.*, 2007). Tanto los SCN como *S. aureus* fueron las noxas prevalentes al igual que en observaciones previas en ovinos (Suarez *et al.*, 2002), aunque en este caso no se aislaron microorganismos de otras especies. En Italia o en España hallaron prevalencias SCN del 80 y 96%, con la especie *Staphylococcus epidermidis* como más abundante (38%) (Moroni *et al.*, 2005; Contreras *et al.*, 2007). No se aislaron patógenos ambientales tales como *Streptococcus* spp., *Escherichia coli* o *Pseudomonas* spp., generalmente estrechamente asociados a la higiene de las camas en los corrales o a los periodos lluviosos. Probablemente, la ausencia de otros microorganismos se deba a la baja prevalencia de mastitis subclínicas (5,2%) al compararla con otros trabajos donde la prevalencia de mastitis subclínicas fue muy superior, oscilando entre el 18 y al 40,2% (Contreras *et al.*, 1996; Boscos *et al.*, 1996; Moroni *et al.*, 2005; Marogna *et al.*, 2012).

Al igual que en trabajos previos de Europa, la prevalencia de mastitis se incrementó a medida que aumentaba la edad y número de pariciones de las cabras (Boscos *et al.*, 1996; Haenlein, 2002). Moroni *et al.* (2005) hallaron un mayor número de mastitis subclínicas en las cabras de 3 a 4 pariciones al igual que en el presente trabajo.

La presencia de patógenos aumentó el CCS; los promedios de CCS de las muestras positivas a SCN (1891432 ± 1521385) y a *S. aureus* (5296615 ± 3806640) mostraron

Infección positiva	CC	S	E	VP+	VP-	(S+E)/2
CMT 2 y 3	672 (79,4%)	0,68	0,8	0,18	0,98	0,74
CMT 3	784 (92,6%)	0,44	0,96	0,39	0,96	0,7
CMT 3*	799 (94,4%)	0,85	0,95	0,2	1	0,9

Tabla 6. Umbral y parámetros de validez para el diagnóstico de mastitis subclínicas caprinas a partir del CMT. Falsos positivos (FP) y falsos negativos (FN).

*Parámetros considerando como positivo solo a los patógenos mayores

Umbral del CCS	Correctos Clasificados	S	E	VP+	VP-	(S+E)/2	FP	FN
< 550000	507 (59,9%)	0,86	0,58	0,11	0,99	0,721	332	7
<700000	574 (67,8%)	0,74	0,67	0,13	0,98	0,701	259	13
<790000	603 (71,2%)	0,72	0,71	0,14	0,98	0,716	229	14
<1000000	661 (78,1%)	0,7	0,79	0,17	0,98	0,743	170	15

Tabla 7. Umbral y parámetros de validez para el diagnóstico de mastitis subclínicas caprinas a partir del CCS. Falsos positivos (FP) y falsos negativos (FN).

cifras similares a las observadas en Francia por Lerondelle *et al.* (1992).

También las infecciones intramamarias subclínicas se correlacionaron con mayores graduaciones de CMT, donde el 84% de los *S. aureus* aislados se ubicaron en el grado 3, el cual tuvo un promedio de CCS de $5904091 \pm 3281861,28$. El CMT y el CCS mostraron una buena correlación evidenciando la posibilidad de su uso diagnóstico bajo determinadas condiciones. Las graduaciones del CMT coincidieron con resultados de trabajos en tambos caprinos de Francia y España (Lerondelle *et al.*, 1992; Contreras *et al.*, 1996).

Los CCS a través de la microscopía óptica, ya sea a través de la coloración de Breed y VMYP, tuvieron una alta correlación con el CCS. Sin embargo, al igual que resultados previos, el método de Breed sobrestimó en un 21,8% el número de células somáticas y no sería el recomendado para leche caprina (Mirek y O'Donnell, 2007). Contrariamente, al igual que los resultados del presente ensayo, el método directo a partir de la tinción de VMYP tuvo valores cercanos al CCS por Fossomatic calibrado para leche de cabra. Esta tinción es específica para ADN, diferenciando leucocitos y evitando la inclusión en el recuento de partículas citoplasmáticas (Dulin *et al.*, 1982). Debido a estas características es considerado como método de referencia oficial para leche caprina por la Administración de Estados Unidos de Alimentación y Drogas (US Food and Drug Administration; <http://www.fda.gov>) para chequear otros métodos de CCS automatizados y se considera que debe ser usado en caso de precisar resultados (Zeng *et al.*, 1999). Trabajos previos demuestran que el CCS automático por Fossomatic de leche caprina resulta un 27% menor al ser calibrado con leche de cabra y al compararlo con CCS calibrados para leche de vaca (Zeng, 1996).

Contrariamente, la CE no tuvo una buena correlación con el CCS y el CMT, al igual que esta con la presencia de patógenos, no observándose diferencias entre los valores de CE y los aislamientos de microorganismos, como si lo es como test de diagnóstico en bovinos basados en el aumento de conductividad eléctrica de la leche debido a su mayor contenido electrolítico especialmente iones de sodio y de cloro (Norger *et al.*, 2004). Tampoco obtuvieron una relación significativa la CE y el CCS durante el ordeño de cabras Alpinas y Anglo Nubian (Park, 1991).

Debido a que se contaba con un kit del test diagnóstico PortaSCC, solo se pudieron analizar un número limitado (n: 30) de muestras, impidiendo dar una opinión sobre el test y sólo referirse a los resultados.

Entre el CMT y los CCS se halló una buena relación ($r=0,64$) y diferencias entre los valores medios del CCS para cada grado de CMT (tabla 4), lo que indica que ambos métodos dan similares resultados y que los grados del CMT pueden traducirse en valores de CCS. Estos datos coinciden con la observaciones de Sung *et al.* (1999) en Taiwán, quienes hallaron correlaciones de $r=0,65$ entre CMT y CCS y las observaciones de Perrin *et al.* (1997) en Francia, donde obtuvo valores de CCS correspondiéndose con los grados de CMT.

El CCS (umbrales de 790000 y 1000000) mostró regular sensibilidad (72 y 70%), es decir que ese porcentaje es diagnosticado como verdaderos positivos, con mastitis y mediana especificidad o porcentaje de verdaderos negativos (71 y 79%). Al ver la tabla 6 se observa que el mejor umbral o línea de corte para establecer medios infectados está entre 790000 y 1000000 de CCS ya que el número de casos correctamente clasificados es mayor y el promedio de la S y E también. Otros autores que probaron líneas de corte de infecciones intramamarias de un amplio rango de CCS coinciden que el umbral de las no infectadas estaría por debajo de las 550000 y 1000000 células (De Cremoux *et al.*, 1994, Contreras *et al.*, 1996, Perrin *et al.*, 1997).

Aunque el CMT es subjetivo, sobre todo al considerar diferencias entre dos graduaciones continuas y no tanto las extremas, resultó útil para dar como negativos aquellos animales que sí lo son al igual que el CCS. Los grados 0, T y 1 al considerarlos negativos muestran un 80% de clasificaciones negativas correctas con un VP- de 98%. Por otro lado, los grados 2 y 3 (considerados positivos) muestran poca sensibilidad (68%), lo que hace considerar otros factores que pueden estar influyendo en el CMT, como el número de partos, la etapa de ordeño, el rinde, situaciones estresantes (Haenlein, 2002). Los resultados del presente ensayo muestran que el CMT así considerado tiene un 79,4% de clasificaciones correctas. La utilización del CMT para el diagnóstico de patógenos mayores, considerando como muestras negativas los grados 0, T, 1 y 2 y positivas el 3, muestra que la sensibilidad (85%) y especificidad (95%) aumentan. Sólo se debe tener en cuenta que rindes muy bajos al final de la lactancia elevan el CMT significativamente ($p<0,001$), como fue observado en este (Suarez, comunicación personal) y otros ensayos (Perrin *et al.*, 1997; Contreras *et al.*, 2007).

Estos resultados indican que tanto el CMT como el CCS, este con mayor precisión, son válidos para predecir que no hay mastitis subclínicas debido a su alto VP- (98%), es decir que un medio mamario es verdaderamente negativo (Thursfield, 1990). Pero si es algo más preciso para diagnosticar infecciones positivas a patógenos mayores, como en caso de infecciones por *S. aureus* donde los valores de CCS son elevados. Igualmente existen una serie de factores como aquellos ligados al rinde lácteo, período de lactancia, número de pariciones, plano sanitario y de estrés de las cabras que influyen significativamente en el CCS y el CMT y deben ser tenidos en cuenta (Haenlein, 2002; Suarez *et al.*, 2012) a la hora de considerar la existencia de una mastitis infecciosa y de prever un tratamiento de secado posterior.

Aunque no fue posible diferenciar las especies de *Staphylococcus coagulasa* negativos, es importante señalar que los casos clasificados como falsos negativos (FN= 32%) correspondieron a infecciones producidas por SCN, mientras que el 100% de infecciones producidas por *S. aureus* fueron clasificadas como infectados, es decir, como verdaderos positivos. Trabajos previos en tambos de España señalan que en la mayor parte de los falsos negativos se aísla *Staphylococcus caprae* que es un SCN que presenta

poca reacción inmunológica a partir de generar un limitado incremento del CCS y afectar muy poca la productividad y composición de la leche (Martínez y Peris, 1998). Estos autores concluyen para el caso de plantear tratamientos de secado, que se debe considerar un umbral de CCS que favorezca el VP+; es decir, se trataría un menor número de cabras y aquellos animales con infecciones que no serían tratados, sufrirían mayormente infecciones por *S. caprae* de menor importancia en concepto de calidad y producción de leche.

CONCLUSIONES

El CCS por Fossomatic calibrado con leche caprina, se correlacionó bien con el CCS directo por microscopía por tinción con Verde de metil Y prironina usado como método de referencia, indicando que podría utilizarse para estimar células somáticas al igual que el CCS por VMYP.

Aunque estos datos deben ser validados con nuevos ensayos bajo otros sistemas productivos, los resultados permiten concluir que a pesar de la baja prevalencia de mastitis subclínicas, el CCS por Fossomatic tuvo una buena correlación con el CMT y una S y E buena para diagnosticar ubres sanas y aceptable para diagnóstico de ubres infectadas (>1000000) y elaborar estrategias de control, siempre que se tengan en cuenta otros factores ligados al aumento del CCS en las cabras.

También estos resultados parciales arrojan que los CMT de 0 a 1 se pueden tomar como indicadores de ubres sanas, que el CMT 3 puede ser considerado como indicador de mastitis y que un CMT 2 debe ser tratado como un cuadro dudoso, que de repetirse se debe indicar un cultivo bacteriano. Esto siempre considerando diagnósticos repetidos en el tiempo en un animal y otros factores como etapa de lactancia, fundamentalmente cerca del secado, número de partos, rindes bajos, etc.

Al compararlo con los resultados de CCS por Fossomatic, el CMT usado en las condiciones normales de un tambo es un método seguro para chequear el estatus sanitario del rebaño, aunque siempre se debería considerar el diagnóstico por cultivo de microorganismos. Los presentes resultados muestran que el CMT compensa sus limitaciones frente al CCS por su sencillez de uso, por ser económico y por la obtención rápida de resultados, especialmente bajo estos tipos de sistemas manejados por pequeños o medianos productores que no tienen otra posibilidad de diagnóstico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la desinteresada colaboración de José Alfaro en las tareas de toma de muestras y de campo.

BIBLIOGRAFÍA

ANDREWS, R.J.; KITCHEN, B.J.; KWEE, W.S.; DUNCALFE, F. 1983. Relationship between individual cow somatic cell counts

and the mastitis infection status of udder. *Austr. J. Dairy Technol.* 38,71-74.

BOSCOS, C.; STEFANAKIS, A.; ALEXOPOULOS, C.; SAMARTZI, F. 1996. Prevalence of subclinical mastitis and influence of breed, parity, stage of lactation and mammary bacteriological status on Coulter Counter Counts and California Mastitis Test in the milk of Saanen and autochthonous Greek goats. *Small Ruminant Research*, 21, 139-147.

CONTRERAS, A.; SIERRA, D.; CORRALES, J.C.; SANCHEZ, A.; MARCO, J. 1996. Physiological threshold of somatic cell count and California mastitis test for diagnosis of caprine subclinical mastitis. *Small Rumin. Res.* 21, 259-264.

CONTRERAS, A., SIERRA, D., SANCHEZ A., CORRALES, J.C., MARCOC, J.C., PAAPE, M.J., GONZALO, C. 2007. Mastitis in small ruminants. *Small Ruminant Research* 68, 145-153

DE CREMOUX, R. ; POUTREL, B. ; PILLET, R. ; PENIN, G. ; DUCCELLIER, M.; HEUCHEL, V., 1994. Utilisation des numérations cellulaires pour le diagnostic des infections mammaires d'origine bactérienne chez la chevre. (Use of somatic cell counts for diagnosing mammary infections of bacterial origin in goats). *International Symposium on Somatic Cells and Milk of Small Ruminants*, 25-27 September 1994, Bella, Italy, pp. 22-24.

DULIN, A.M.; PAAPE, M.J.; WEINLAND, B.T. 1982. Differentiation and enumeration of somatic cells in goat milk. *J. Food Prot.* 45, 435-439.

HAENLEIN, G.G.W.; HINCKLEY, L.S., 1995. Goat milk somatic cell count situation in USA. *Int. J. Anim. Sci.* 10, 305-310.

HAENLEIN, G.G.W., 2002. Relationship of somatic cell counts in goat milk to mastitis and productivity. *Small Ruminant Research* 45, 163-178

HOGAN, J.S.; GONZÁLEZ, R.N.; HARMON, R.J.; NICKERSON, S.C.; OLIVER, S.P.; PANKEY, J.W.; SMITH, K.L. 1999. *Laboratory Handbook on Bovine Mastitis*. National Mastitis Council Inc. Madison, WI. pp. 222.

LEITNER, G.; SILANIKOVE, N.; MERIN, U. 2008. Estimate of milk and curd yield loss of sheep and goats with intramammary infection and its relation to somatic cell count. *Small Ruminant Research* 74, 221-225.

LERONDELLE, C.; RICHARD, D. ; ISSARTIAL, J. 1992. Factors affecting somatic cell counts in goat milk. *Small Rumin. Res.* 8, 129-139.

MAROGNA, G, PILO, C., VIDILI, A., TOLA, S., SCHIANCHI, G., LEORI, S.G. 2012. Comparison of clinical findings, microbiological results, and farming parameters in goat herds affected by recurrent infectious mastitis. *Small Rumin Res.* 102, 74-83

MARTÍNEZ, B.; PERIS, C. 1998. Utilización del RCS del control lechero dentro de un programa de control de mastitis subclínicas en el ganado caprino. *Producción Ovina y Caprina*, XXIII, 369-373

MIRANDA A.O.; SUAREZ V.H.; CALVINHO L.; BUSETTI M.R.; CANAVESIO V.; BEDOTTI, D.O. 2001. Epidemiología de las mastitis subclínicas en ovejas lecheras en la región pampeana. *Vet. Arg.*, XVIII, N° 176: 411-422

MIREK, E.; O'DONNELL, S. 2007. A Comparison of Pylonin Y-Methyl Green Stain and Methylene Blue Stain for Somatic Cell Count in Sheep Milk. University of Rhode Island, <http://digitalcommons.uri.edu/srhonorsprog/49>.

MORONI, P.; PISONI, G.; RUFFO, G.; BOETTCHER, P.J. 2005. Risk factors for intramammary infections and relationship with somatic-cell counts in Italian dairy goats. *Prev. Vet. Med.* 69, 163-173

NORBERG, E.; HOGVEEN, H.; KORSGAARD, I.R.; FRIGGENS, N.C.; SLOTH KHMN, D.; LØVENDAHL, P. 2004. Electrical

- Conductivity of Milk: Ability to Predict Mastitis Status. *J. Dairy Sci.* 87, 1099–1107.
- PARK, Y.W., 1991. Interrelationships between somatic cell counts, electrical conductivity, bacteria counts, percent fat and protein in goat milk. *Small Rumin. Res.* 5, 367–375.
- PERRIN, G.G. ; MALLEREAU, M.P. ; LENFANT, D. ; BAUDRY, C. 1997. Relationships between California mastitis test (CMT) and somatic cell counts in dairy goats. *Small Ruminant Research* 26, 167-170.
- PRESCOTT, S.C.; BREED, R.S. 1910. The determination of the number of the body cells in milk by a direct method. *J. Infect. Dis.* 7, 632-640.
- SCHALM, O.W.; CARROL, E.J.; JAM, N.C. 1971. Bovine Mastitis. *Physical and Chemical Tests for Detection of Mastitis.* Lea y Febiger, Philadelphia, pp. 128-157.
- SUAREZ, V.H. 2012. Mastitis ovinas y caprinas. Diagnóstico y control. En: Programa de Ámbito Nacional Leche. Producción técnica-científica de Proyecto Cartera 2006-2009 / 2010-2012. (Eds, Taverna M., Comeron, E.A., Suarez, V.H.) Producciones INTA, Argentina, 793-794 p.
- SUAREZ V.H.; Buseti M.R.; MIRANDA A.O.; CALVINHO L; BEDOTTI D.O.; CANAVESIO V. 2002. Effects of infectious status and parity on somatic cell count and California mastitis test in Pampinta dairy ewes. *J Vet. Med. B*, 49, 230-234
- SUNG, Y.Y.; WU, T.I.; WANG, P.H. 1999. Evaluation of milk quality of Alpine, Nubian, Saanen and Toggenburg breeds in Taiwan. *Small Rumin. Res.* 33, 17–23.
- THURSFIELD, M. 1990. *Epidemiología Veterinaria (Veterinary Epidemiology).* Editorial Acribia S.A., Zaragoza., 339 pp.
- ZENG, S.S. 1996. Comparison of goat milk standards with cow milk standards for analyses of somatic cell count, fat and protein in goat milk. *Small Rumin. Res.* 21, 221–225.
- ZENG, S.S.; ESCOBAR, E.N.; HART, S.P.; HINCKLEY, L.; BAULTHAUS, M.; ROBINSON, G.T.; JAHNKE, G., 1999. Comparative study of the effects of testing laboratory, computing method, storage and shipment on somatic cell counts in goat milk. *Small Rumin. Res.* 31, 103–107.

Dinámica de la humedad de los combustibles y su relación con la ecología y el manejo de fuego en la región chaqueña occidental (Argentina) I: conceptos básicos

BIANCHI, L.¹; DEFOSSÉ, G.¹; DENTONI M.²; KUNST, C.³; LEDESMA, R.³; BRAVO, S.⁴

RESUMEN

El fuego es un modelador de la mayoría de los ecosistemas vegetales del mundo, entre ellos, los correspondientes a la región chaqueña argentina donde asimismo ha sido usado ampliamente como una herramienta de manejo de la vegetación. Dada una fuente de ignición, para que un fuego pueda prosperar deben existir ciertas condiciones. Entre ellas, el contenido de humedad del combustible (CH) juega un rol fundamental ya que su magnitud influirá en la probabilidad de ignición, en el posterior comportamiento del fuego y en el impacto que éste tendrá sobre el ecosistema afectado. Existen diferencias entre el contenido de humedad de los combustibles vivos (CHCV) y el de los muertos (CHCM), debido a que el contenido del agua en cada uno de ellos responde a procesos distintos. Mientras que el CHCV responde a características propias de las especies como su fisiología y fenología, el CHCM varía de acuerdo a leyes físicas universales que regulan el intercambio de humedad entre ese combustible y el ambiente que lo rodea. Dada la relevancia que tiene CH, se han desarrollado diversos métodos y sistemas para medirlo, estimarlo, y/o poder predecirlo. Conocer su dinámica a lo largo del tiempo permite, además, determinar los períodos en los que el fuego es más propenso a ocurrir en cada ecosistema. Al presente, se han realizado estudios preliminares para algunas especies de la región chaqueña. Para el desarrollo de indicadores de peligro y modelos de comportamiento que permitan llevar a cabo quemas prescriptas con un mayor grado de seguridad y mejor cumplimiento de los objetivos, es necesario incrementar este conocimiento a un mayor número de especies. El objetivo de este trabajo fue, por lo tanto, ampliar la información existente, cuantificando la dinámica estacional del CH en diferentes especies nativas de gramíneas, arbustos y árboles de la región chaqueña. Además analizamos los efectos de la estación climática, el sitio ecológico y las características del combustible sobre el CH. En esta primera parte, presentamos las bases conceptuales sobre la combustión de los vegetales y su relación con el CH, las características que hacen a las diferencias entre combustibles vivos y muertos, los factores que inciden en sus respectivas dinámicas, y las metodologías que existen para su determinación. En los siguientes aportes se darán a conocer estas determinaciones en las principales especies de la región chaqueña argentina.

Palabras clave: combustión, tipo de combustible, incendios forestales, quemas prescriptas.

¹Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico, (CIEFAP) y Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Sede Esquel, Esquel, Chubut. Correo electrónico: gdefosse@ciefap.org.ar

²Plan Nacional de Manejo de Fuego.

³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero, Jujuy 850, Santiago del Estero, G4200CQR, Argentina. Correos electrónicos: kunst.carlos@inta.gob.ar; Ledesma.roxana@inta.gob.ar

⁴Universidad Nacional de Santiago del Estero, Cátedra de Botánica, Facultad de Ciencias Forestales, Av. Belgrano (S) 1912, Santiago del Estero, Argentina.

ABSTRACT

Fire is one of the main natural disturbances that have shaped most of the world's terrestrial ecosystems. In the Chaco region of Argentina, fire has also been used as a management tool for pastures improvement. Given an ignition source, for a fire to develop certain conditions must occur. Among them, the fuel moisture content (FMC) plays a very important role, since its values will affect the behavior of the fire and the consequences on the disturbed ecosystem. There are differences between live (LFMC) and dead (DFMC) fuel moisture content, mainly because the water content is governed by different processes. The LFMC depends on the species' physiological and phenological characteristics, while DFMC varies according to universal physical laws that regulate the moisture content exchange between the fuels and their environment. Given its relevance, several methods have been proposed to measure and predict FMC. Also, the knowledge of their dynamics along the seasons allows to determine the most critical periods for fire occurrence. Up to the present, preliminary studies of FMC have been determined for some species of the Chaco region. However, for developing protocols for the implementation of prescribed burning, it is necessary to broaden this knowledge to comprise a wider number of species. For the accomplishment of these objectives, we analyzed the influence of the climatic seasons, the ecological site, and the characteristics of the fuel on the FMC. In this first part, we present the conceptual bases dealing with vegetation combustion and its relations with FMC, the characterization of the differences between LFMC and DFMC, the factors controlling their respective dynamics, and the main methodologies used in their determination. In the following chapters, we will present the dynamics of FMC of the different key species of the Chaco region of Argentina.

Keywords: combustion, vegetable fuels, wildfires, prescribed burning.

INTRODUCCIÓN

El fuego es un disturbio natural que ha modelado la estructura y dinámica de la vegetación en la mayoría de los ecosistemas terrestres por milenios (Komarek, 1965). El fuego selecciona a las especies vegetales de acuerdo a su sensibilidad/resistencia al fenómeno y, en conjunto con su época de ocurrencia, intensidad, severidad y frecuencia, es uno de los factores determinantes de la composición botánica de los ecosistemas actuales (Pausas y Moreira, 2012). Para que un foco de fuego prospere, la energía disponible debe ser suficiente como para elevar la temperatura del combustible hasta niveles de ignición para que luego se produzca la combustión. Este proceso y el posterior comportamiento del fuego están condicionados por el contenido de humedad (CH) y la inflamabilidad de los combustibles (Agee *et al.*, 2002). En general, la intensidad del fuego, su velocidad de propagación y las dificultades en su manejo (ej. control) se incrementan cuando el CH disminuye (Pellizzaro *et al.*, 2007).

En la Argentina, se han encontrado valores característicos de CH para las hojas verdes y el mantillo de distintas especies arbóreas del bosque andino-patagónico (Bianchi, 2009). En otros lugares del mundo, en general, se han encontrado pocas variaciones en la dinámica de CH de combustibles vivos (CHCV) de árboles, con disminución del mismo en la primavera en las coníferas (Alexander, 2010), e incrementos durante la brotación en latifoliadas (Valette, 1992; Pellizzaro *et al.*, 2007). En cuanto al CHCV de los

arbustos, se encontraron en general dos grupos de especies: por un lado, aquellas que presentan una dinámica del CH variable y relacionada con los cambios en las condiciones meteorológicas y la humedad en el suelo; y por otro, aquellas que se ven poco influenciadas por estos cambios (Viegas *et al.*, 2001; Pellizzaro *et al.*, 2007; Alessio *et al.*, 2008). Las especies del primer grupo presentan menores valores de humedad durante la temporada más seca y luego la recuperan, alcanzando el máximo cuando ocurren las precipitaciones. En cuanto a los pastizales, se considera clave el porcentaje de material que se encuentra vivo o muerto, siendo esta proporción una de los principales componentes que definen la carga de combustible disponible (Fire & Emergency Services Authority of Western Australia 2008; Cheney y Sullivan 2008). Al mismo tiempo, tanto en pastizales como en el mantillo de arbustales y bosques, el CH de los combustibles muertos (CHCM), es crucial en la ignición y propagación del fuego (Aguado *et al.*, 2007). Se han encontrado distintos valores umbrales de CHCM que permiten la propagación inicial del fuego de acuerdo a la composición de especies, tipo de combustible, etc. Estos umbrales se han descrito para pastizales (De Groot *et al.*, 2005), y en el mantillo superficial de bosques (Blackmarr, 1972; Tanskanen *et al.*, 2005; Fernandes *et al.*, 2008) y arbustales (Plucinski y Anderson, 2008).

En la región chaqueña argentina, además de cumplir con un rol ecológico, el fuego ha sido usado como herramienta de manejo de la vegetación (Morello y Saravia Toledo,

1959; Bravo *et al.*, 2001; Fischer *et al.*, 2012). El régimen de fuego de esta región se caracteriza en general por su marcada estacionalidad, iniciándose en junio al comienzo de la estación fría y seca, y finalizando en octubre, con la llegada de las primeras lluvias (Bravo *et al.*, 2001). Observaciones empíricas permiten deducir que la estación seca es la más propensa al fuego, probablemente por la desecación del combustible vegetal. Este proceso, que sólo fue estudiado para algunas especies, permitió determinar que existen variaciones significativas del CH y su dinámica entre estas especies (Kunst *et al.*, 2006). Por ese motivo, se destaca la necesidad de estudiar exhaustivamente la dinámica del CH en un número mayor de especies chaqueñas. La información obtenida generará no sólo conocimiento desde el punto de vista ecológico, sino también de utilidad para la prevención y el manejo del fuego, permitiendo comprender mejor el régimen de fuego de cada una de las especies de la región.

El objetivo general de este trabajo fue cuantificar la dinámica estacional del CH en diferentes especies nativas de gramíneas, arbustos y árboles de la región chaqueña, y analizar los efectos de la estación climática, el sitio ecológico y las características del combustible sobre el CH y su relación con la humedad del suelo y la precipitación. Esta información servirá de base para la elaboración de protocolos y ejecución de quemas prescriptas y también para implementar índices de peligro y comportamiento del fuego.

El objetivo de esta contribución es proveer el marco teórico general sobre el proceso de combustión de la vegetación, similitudes y diferencias del CH entre combustibles vivos y muertos, los factores que inciden en su dinámica temporal, y las metodologías que existen para su determinación según la estructura y características propias de cada uno. La información generada servirá de base para aumentar el conocimiento sobre la determinación y dinámica de CH, y sobre cómo influye en los procesos de probabilidad de ignición, propagación inicial, velocidad de avance, intensidad, y severidad del fuego. Estos datos son cruciales para comprender el funcionamiento del mismo y sus posibilidades de gestión (quemas prescriptas, actividades de supresión, etc.) en los distintos ecosistemas del país.

1. La combustión vegetal

El fuego es el resultado del proceso de combustión del tejido vegetal vivo (biomasa) o muerto (fitomasa). Este "combustible" está compuesto por celulosa, hemi-celulosa y lignina, y se lo representa como un carbohidrato sin estructura definida: (CH₂O) (Sullivan y Ball, 2012). Existen además otros componentes que participan en la combustión, tales como minerales, sales, proteínas, almidones, ácidos, aceites, resinas, flavonoides, ceras y terpenos. La presencia de compuestos de carbono complejos aumenta la inflamabilidad y la combustibilidad debido a que entran en combustión a temperaturas más bajas que la celulosa y la lignina (Rundel, 1981). La combustión es un proceso de oxidación, dominado por la termo-conversión de la celulosa y es una reacción en cadena que ocurre rápidamente

y a altas temperaturas (Byram, 1959; Sullivan y Ball, 2012). Aunque las moléculas que conforman el tejido vegetal son complejas, la oxidación se considera como una reacción inversa a la fotosíntesis. La oxidación de una molécula de glucosa se representa como (fórmula 1, Sullivan y Ball, 2012):



donde Q representa el calor de combustión liberado. La magnitud de Q depende de la especie y del tipo de tejido vegetal involucrado en la combustión, variando entre 12 y 22 MJ.kg⁻¹ (Alexander, 1982).

La combustión posee tres fases: 1. *Pre calentamiento*: los combustibles delante del frente de llama comienzan a secarse y calentarse, eliminando gases; 2. *Combustión*: la pérdida de gases continúa, y éstos comienzan a arder. La unión de estas dos fases es la parte de la combustión donde comienza la oxidación y es lo que se denomina "ignición"; y 3. *Llama*: en esta última fase, el combustible se quema como un sólido y la oxidación ocurre en su superficie (Byram, 1959). En un fuego activo, las tres fases se superponen y ocurren en forma simultánea.

2. El contenido de humedad de los combustibles (CH)

El CH se expresa como un porcentaje del peso de la materia seca del combustible (Canadian Interagency Forest Fire Centre 2002, fórmula 2).

$$CH = 100 * [Ph - Ps] / Ps \quad (2)$$

Donde: Ph = peso húmedo (g) y Ps = peso seco, (g) del combustible, respectivamente. El cálculo de CH empleando peso seco implica que algunas especies y órganos pueden presentar CH ≥ 100% (Countryman y Dean, 1979). Si CH = 100%, significa que por 1 gr de peso seco hay un equivalente de 1 gr de agua (Agee *et al.*, 2002). El CH juega un rol fundamental dentro de las 'características' de los combustibles (tamaño, distribución espacial, contenidos químicos, etc.) relacionadas con el comportamiento del fuego (probabilidad de ignición, propagación inicial, velocidad de avance, intensidad, etc. (Rothermel, 1972; Van Wagner, 1977; Nelson, 2001; Trollope y Trollope, 2002; Fernandes *et al.*, 2012). El agua tiene la capacidad de impedir/retardar la combustión debido a su alto calor específico. Para desplazar el agua, secar el combustible y llegar a la temperatura de ignición, se requiere una elevada cantidad de energía (Byram, 1959; Alexander, 1982). El agua eliminada reduce la tasa de transferencia de energía radiante de las llamas a las partículas de combustible adyacentes (Marsden-Smedley y Catchpole, 2001). Se produce la combustión si la energía requerida para elevar la temperatura del combustible hasta la temperatura de combustión es menor a la energía disponible a través de la convección y la radiación provenientes de las llamas adyacentes.

En el momento del pasaje del frente de fuego, el CH determina la proporción de los combustibles disponibles para la combustión, y si estos contribuirán o retardarán el avance del fuego (Agee *et al.*, 2002). Debido a ello, se considera

al CH como un indicador del peligro de ocurrencia de un incendio. La estimación correcta del CH es entonces un dilema técnico de gran importancia en el estudio de la ecología del fuego (Pook y Gill 1993; Beck y Armitage, 2004; Chuvieco *et al.*, 2004a; De Groot *et al.*, 2006; Alves *et al.*, 2009; Sharples y Mcrae 2011; Qi *et al.*, 2012).

Para abordar este dilema y estudiar correctamente el CH, se han clasificado a los combustibles en vivos y muertos, debido a que la variación de CH en cada uno responde a distintos procesos. En los combustibles vivos, compuestos principalmente de hojas y pequeñas ramitas, el CHCV depende en gran medida de procesos fisiológicos como apertura y cierre de estomas o del movimiento del agua y savia dentro de los tejidos fotosintéticamente activos, pudiendo variar a través del tiempo debido a cambios en la fenología y fisiología de las especies (Wittich, 2011). En los combustibles muertos, el CHCM varía en cambio de acuer-

do a leyes físicas universales que regulan el intercambio de humedad entre el combustible y el ambiente que lo rodea.

2.1. Combustibles muertos

Se denomina combustible muerto (CM) a todo tejido vegetal que ha perdido la capacidad fisiológica (actual o futura) de realizar fotosíntesis y/o de transportar o almacenar sustancias; y está compuesto generalmente por hojas de pastos, arbustos y árboles, troncos y ramas ubicadas sobre la superficie o subterráneas; o ubicadas en el dosel de árboles y arbustos. En la práctica, se considera al combustible como 'muerto' cuando su CH es menor al 30% (fig. 1). El CHCM depende principalmente de las condiciones meteorológicas (precipitación, viento, temperatura y humedad relativa del aire, insolación, etc.) ocurridas durante los meses y días previos al momento de su determinación (Pyne

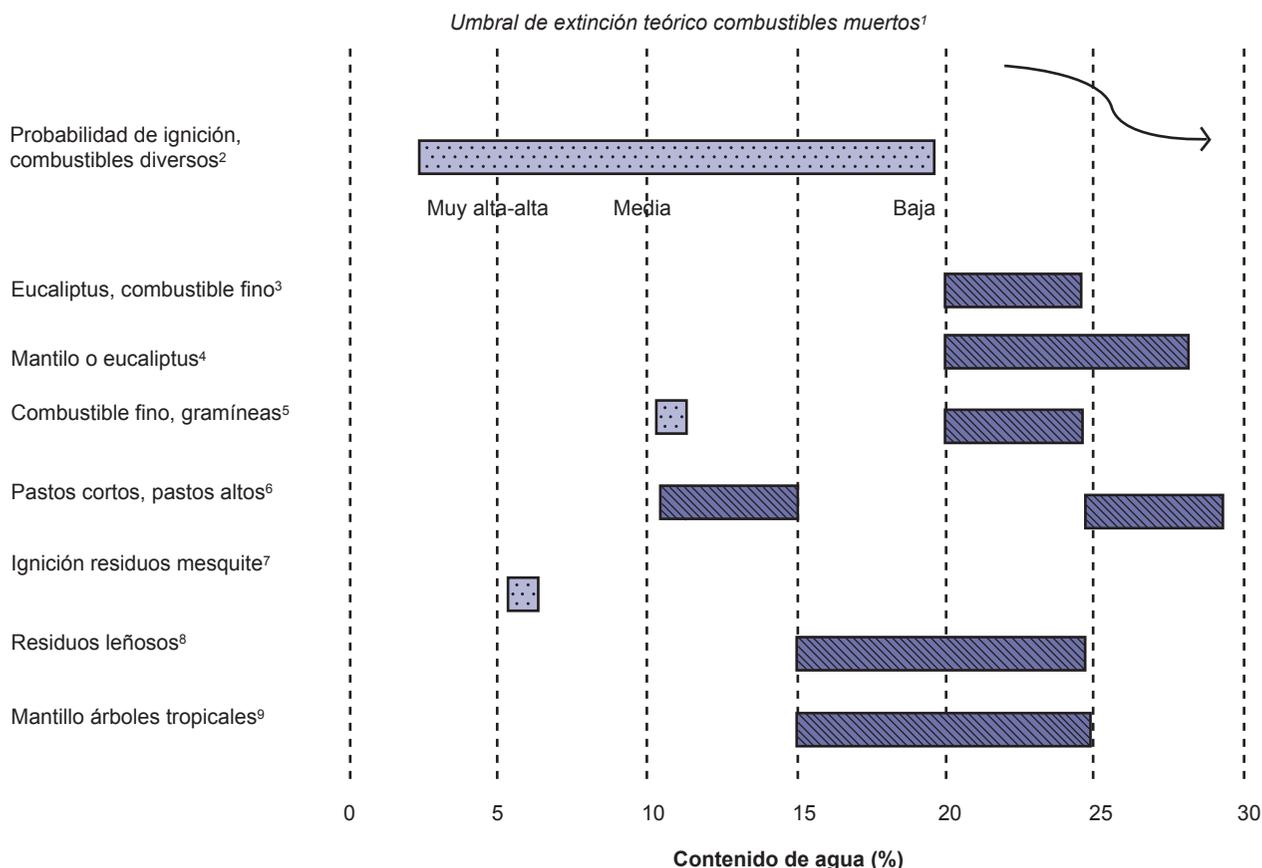


Figura 1. Rangos de humedad en distintos combustibles y sus umbrales de CH de extinción (HE) y encendido informados en la bibliografía. Referencias: barras con puntos, umbral de encendido; barras con rayas, umbral de extinción.

¹Rothermel, 1983.

²The Forest Foundation, 2012: Fire severity related to fuel moisture content <http://www.calforestfoundation.org/pdf/Fire+Severity+Related+to+Fuel+Moisture+Content.pdf>

³y ⁴ Fuel moisture content and bushfire behaviour, (<http://www.csiro.au/Outcomes/Safeguarding-Australia/FuelMoistureAndBushfires.aspx>, verificado 11 de diciembre de 2012).

⁵Sullivan, 2010.

⁶Chuvieco *et al.*, 2004a.

⁷McPherson y Wright, 1987.

⁸Fernandes *et al.*, 2008, 2012; Pyne, 1984.

⁹Ray *et al.*, 2005.

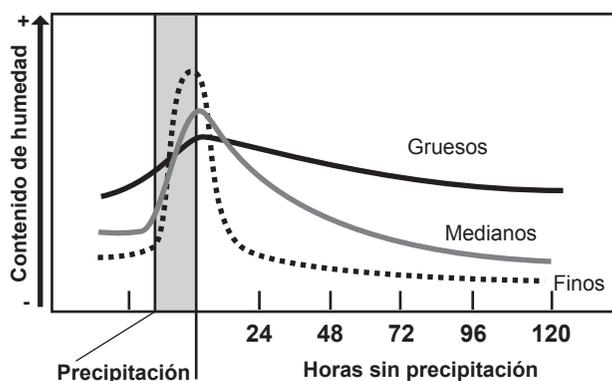


Figura 2. Concepto de tiempo de retardo: luego de unos días de sequía, los combustibles muertos de menor diámetro estarán más secos que aquellos medianos o gruesos. Al ocurrir una lluvia, el CH de los combustibles se incrementará rápidamente en los combustibles finos, alcanzando valores superiores que en los medianos o en los gruesos. Del mismo modo, pasada la precipitación, los combustibles medianos y gruesos perderán humedad más lentamente y los más finos lo harán rápidamente, quedando disponibles para arder.

1984). Los CM ganan y pierden humedad hasta que logran el equilibrio con la atmósfera que los rodea: Esta 'humedad de equilibrio' depende de la temperatura y humedad iniciales, de la ganancia o pérdida de humedad (histéresis) y de características propias del CM (Blackmarr, 1971; Catchpole *et al.*, 2001).

La dinámica temporal del CHCM presenta el fenómeno de histéresis. Debido al mismo, la humedad de equilibrio a la que llega el CM al perder agua es mayor que a la que se llega a través del proceso inverso de captar agua (Blackmarr, 1971; Catchpole *et al.*, 2001). El proceso de perder/captar agua en CM está influido por: (a) el tamaño del CM (Viney 1991; Catchpole *et al.*, 2001), y (b) la densidad, forma y tipo de superficie que lo recubre (Anderson, 1990). La velocidad a la que el CM tiende hacia la humedad de equilibrio determina el tiempo de retardo (denominado también tiempo de respuesta, o 'time-lag' en idioma inglés, (Viney, 1991). El tiempo de retardo es entonces el tiempo

que tarda el combustible en alcanzar alrededor del 63% del cambio desde su contenido de humedad original hasta la humedad de equilibrio (Catchpole, 2001). Este "tiempo de respuesta" aumenta con el tamaño de los combustibles. Ante cambios en las condiciones ambientales, como por ejemplo, la ocurrencia de una precipitación o la entrada de una masa de aire relativamente más cálido y seco, el CHCM de los combustibles de menor tamaño puede alcanzar la humedad de equilibrio en poco tiempo. En los combustibles más grandes alcanzar el equilibrio de CH con el ambiente requiere en cambio de muchas horas, o incluso días. Por lo tanto, este tipo de combustibles difícilmente alcancen el equilibrio de CH, ya que las condiciones ambientales no permanecen constantes el tiempo suficiente como para alcanzarlo (fig. 2).

La pérdida y/o ganancia de humedad por parte de los combustibles se realiza a través de su superficie, ocurriendo a una tasa directamente asociada con la relación área por unidad de volumen. Por ejemplo, en un cilindro, la relación área-volumen está inversamente relacionada con el radio (Bradshaw *et al.*, 1984). Por tal motivo y a los fines prácticos, los CM se clasifican de acuerdo a su tamaño (= diámetro) y al tiempo de retardo asociado. Para determinar el tiempo de retardo, se utilizan dos clasificaciones difundidas hoy en todo el mundo, una de ellas desarrollada en Canadá, y la otra en los Estados Unidos. Ambas tienen en cuenta el tamaño de los combustibles y el estado de la materia orgánica presente en el suelo a la que pueden asociarse las distintas clases (tabla 1; Lawson y Armitage, 2008; Mölders, 2010; National Wildfire Coordinating Group, 2011). La canadiense divide a los CM en tres categorías (Lawson y Armitage, 2008), mientras que la estadounidense lo hace en cuatro (Anderson 1982; tabla 1). En la práctica, las categorías de las dos clasificaciones se consideran comparables, aunque no son exactamente iguales (Van Nest y Alexander, 1999).

Cuando ocurre un fuego de superficie (es decir que se propaga a través de combustibles ubicados en el suelo), el CHCM influye de manera significativa en la velocidad de propagación, en la intensidad de línea y en la posibilidad de

País						Materia orgánica en el suelo
Canadá			Estados Unidos			
Clase	Diámetro (cm)	Tiempo de retardo	Clase	Diámetro (cm)	Tiempo de retardo	
Finos	<0,6	16 horas	Finos	<0,6	1 hora	Hojarasca y otros combustibles finos sobre la superficie, profundidad <2cm
			Regulares	0,6-2,5	10 horas	
Medianos	0,6-5,0	15 días	Medianos	2,5-7,5	100 horas	Suelta, poco compacta y profundidad moderada (~10cm)
Gruesos	>5,0	53 días	Gruesos	>7,5	1000 horas	Compactada y a mayor profundidad (>10cm)

Tabla 1. Clases diamétricas utilizadas en Canadá y Estados Unidos para clasificar combustibles muertos de acuerdo a su tamaño y al tiempo de retardo asociado. Aunque el desarrollo teórico de cada clasificación fue diferente, en la práctica las clases similares de cada sistema pueden considerarse como análogas (Van Nest y Alexander, 1999; Lawson y Armitage, 2008; Mölders, 2010; National Wildfire Coordinating Group, 2011).

coronamiento (Byram 1959; Rothermel 1972; Aguado *et al.*, 2007). Los combustibles finos muertos se encienden más rápidamente que los de mayor diámetro y están relacionados directamente con la ignición y propagación inicial del fuego (Rothermel, 1972). Los CM medianos y gruesos influyen en la intensidad de la línea de fuego, en el tiempo de residencia de las llamas en un punto, y en la severidad o impactos del fuego, fundamentalmente en el suelo (Ryan, 2002).

Existe un umbral del CH denominado 'humedad de extinción' (HE), a partir del cual el fuego no puede propagarse, especialmente a través de los CM finos (Rothermel, 1972, fig. 1). La magnitud de HE de los CM finos varía dependiendo de las especies, del tipo de combustible (pequeñas ramas, hojas, acículas de pino, etc.) y de la compactación del mantillo, entre otros factores (Blackmarr, 1972; de Groot *et al.*, 2005).

2.2. Combustibles vivos

En este tipo de combustibles, la influencia de las condiciones meteorológicas sobre el CH es significativamente menor que en el caso de los combustibles muertos. Los combustibles vivos (CV) son más ricos en extractivos (aceites esenciales, terpenos, etc.), que también pueden influenciar y/o modificar su inflamabilidad. El CHCV y el contenido de extractivos varían entre especies, de acuerdo a sus distintas estrategias morfológicas y fisiológicas para adaptarse a las condiciones del entorno (ej. forma de las hojas, compuestos antiherbívoros, momento de apertura y cierre de estomas, profundidad explorada por las raíces, etc.). A los fines prácticos, para que un combustible sea considerado "vivo", debe poseer un CH $\geq 30\%$ (Jolly, 2007).

El CHCV es un parámetro clave en la probabilidad de que un fuego de superficie se traslade a las copas de los árboles o arbustos (evento llamado "coronamiento") y en su posterior propagación (Van Wagner, 1977; Agee *et al.*, 2002). Si ocurre coronamiento, el fuego se torna difícil de controlar por la intensa radiación liberada, por su alta velocidad de propagación, y porque puede independizarse del control atmosférico, generando 'tormentas de fuego' (Alexander y Cruz, 2012).

La dinámica temporal del CHCV y su relación con la inflamabilidad de diversas especies ha sido estudiada en distintos ecosistemas alrededor del mundo para prever períodos de mayor peligro de incendios (Trabaud, 1976; Burgan, 1979; Valette, 1992; Pellizzaro *et al.*, 2007; Bianchi, 2009; Ganteaume *et al.*, 2011; Blackhall *et al.*, 2012; Qi *et al.*, 2012).

3. Estimación del CH

Debido a la importancia del CH de los combustibles vegetales vivos y muertos en el comportamiento del fuego, se requieren metodologías factibles para su medición o estimaciones precisas de manera de contar con esta información en el momento de manejar y controlar el fuego. Existen a tal fin métodos directos e indirectos, cada uno con sus ventajas y desventajas.

3.1 Métodos directos.

Los métodos directos requieren de la recolección de muestras de cada combustible para poder estimar su CH.

- **Método gravimétrico.** Requiere de la recolección y pesado en húmedo de las muestras y su posterior secado durante 24-48 hs a temperaturas entre 60 y 105° C, hasta llegar a un peso constante. El CH se determina mediante la fórmula 2 (ver sección 2; Jolly y Hadlow, 2012). Este método es muy preciso, pero laborioso y costoso. Es utilizado en trabajos de investigación, pero es poco práctico para tareas operativas que requieran mediciones rápidas, dado el tiempo que transcurre entre la recolección de las muestras y la obtención del CH (Marsden-Smedley y Catchpole, 2001; Jolly y Hadlow, 2012). Este método es ineficaz, por ejemplo, cuando se necesita conocer el CH en el momento de ocurrencia de un incendio para tomar las medidas inmediatas de control o gestión. En el caso de la planificación de una quema prescrita, resulta muy útil como referencia previa. Sin embargo, es preciso remarcar que dado el tiempo que lleva su determinación, el CH de las especies ubicadas en el área a tratar puede sufrir modificaciones hasta momento de realizar la quema.

- **Medidores portátiles.** Son instrumentos que permiten determinar el CH casi al instante. Se destacan:

- **Varillas de madera (hazard sticks):** son un instrumento tradicional, que consiste en colocar en el terreno varillas ($n > 2$) de un tipo de combustible y de peso seco conocidos. El CH se calcula mediante la diferencia entre el peso seco y el peso húmedo de la varilla en el terreno (Péché, 1969; Jolly y Hadlow, 2012). El método se basa en la misma teoría que el método gravimétrico, obteniendo resultados de igual precisión. La ventaja de este método es que la varilla está sometida a las mismas condiciones ambientales que el resto de los combustibles e integra, de esta manera las condiciones actuales como las que prevalecieron recientemente. Las principales desventajas son que la estimación de la humedad es particular de la especie vegetal con la que fue confeccionado la varilla, y que se requiere de un tiempo considerable (10-14 días) para que la misma se equilibre con el ambiente antes de que pueda utilizarse. La vida útil de la varilla es de alrededor de 12 semanas debido a la descomposición bajo condiciones de campo (Marsden-Smedley y Catchpole, 2001).

- **Rapid Moisture Analyser:** combina un calentador radiante con una balanza de precisión, permitiendo obtener resultados en menos de 15 minutos. La determinación del CH se realiza calentando la muestra hasta que la tasa de pérdida de masa sea inferior a un valor determinado (Jolly y Hadlow, 2012). Existen también dispositivos que relacionan la capacitancia eléctrica de una muestra de combustible con su CH y permiten obtener un resultado rápidamente (Chatto y Tolhurst, 1997). Estudios previos encontraron una alta correlación de los valores de CH obtenidos con este instru-

mento y aquellos obtenidos con el método gravimétrico ($R^2 = 0,99$; Jolly y Hadlow, 2012).

- *Speedy moisture meter*: es un método químico que mide los cambios de presión resultantes de la oxidación de carburo de calcio al introducirse partículas de combustible dentro de una cámara sellada (Dexter y Williams, 1976). Brinda resultados similares a los obtenidos con el método directo, pero su desventaja radica en que para que las mediciones sean precisas, las muestras deben ser preparadas con meticulosidad y la cantidad de combustible y de carburo de calcio cuidadosamente medidas (Marsden-Smedley y Catchpole, 2001). El rango de medición está limitado entre el 7 y el 50% de humedad (Chatto y Tolhurst, 1997).

Otros métodos químicos son la destilación con Xileno, muy sencillo de aplicar pero sólo en laboratorio por lo que no es útil en el campo y el empleo de yodo, piridina y metanol, es muy preciso, pero muy complejo y requiere de profundos conocimientos de química para aplicarlo correctamente (Chatto y Tolhurst, 1997).

Los dispositivos descriptos brindan resultados precisos del CH (Chatto y Tolhurst, 1997; Catchpole *et al.*, 2001; Jolly y Hadlow, 2012). Aunque el resultado está disponible en pocos minutos, la desventaja es que requieren calibración para cada tipo de combustible y una re-calibración frecuente. Además, suelen ser mucho más caros que el equipo requerido para aplicar el método gravimétrico (Jolly y Hadlow, 2012).

En cuanto a su nivel de precisión, los trabajos que utilizan los métodos descriptos en los párrafos anteriores presentan pequeñas variaciones (en más o en menos) al ser comparados con el método gravimétrico, que es el utilizado como el método directo, patrón o estándar para la determinación del CH de los distintos combustibles.

3.2 Métodos indirectos

La utilidad de los métodos directos es limitada al no poder emplearse en sitios lejanos o de difícil acceso (Catchpole *et al.*, 2001). Por ello, resulta más útil estimar el CH con métodos indirectos a partir de parámetros ambientales (Marsden-Smedley y Catchpole, 2001) o que puedan conocerse a la distancia. La determinación indirecta del CH se puede realizar a través de índices, derivados de imágenes satelitales (Chuvienco *et al.*, 2004a; Todone, 2009; Nieto *et al.*, 2010) o a partir de variables ambientales más fáciles de medir, generalmente meteorológicas (Van Wagner, 1987; Marsden-Smedley y Catchpole, 2001; Viegas *et al.*, 2001; Dimitrakopoulos y Bemmerzouk, 2003).

Los índices obtenidos mediante sensores remotos se utilizan para estimar el CHCV, siendo muy útiles para grandes superficies con vegetación uniforme. Estudios en laboratorio demostraron que el CH de las hojas está muy relacionado con la información de onda corta infrarroja (SWIR) registrada por algunos sensores (Chuvienco *et al.*, 1991). Se han encontrado buenas correlaciones entre el CH e índices derivados de imágenes satelitales como el 'índice de

vegetación de diferencia normalizada' (NDVI) para pastizales y otras herbáceas, pero los resultados al aplicarlo para bosques no han sido buenos (Chuvienco *et al.*, 2004b). Las correlaciones más altas comparando datos obtenidos con el método gravimétrico y datos obtenidos por medio de sensores remotos se observaron para aquellas bandas en el infrarrojo medio o de onda corta (SWIR) para pastizales y en el infrarrojo cercano (NIR) para arbustales. Las correlaciones para los arbustales, fueron generalmente más bajas que para pastizales (Yebra *et al.*, 2008). El uso de imágenes térmicas, para registrar la temperatura del dosel (T) también ha sido muy utilizado, ya que la temperatura del dosel es afectada por los cambios en el CH al estar muy relacionada la disponibilidad de agua con la evapotranspiración (Chuvienco *et al.*, 2004b). En general, la relación NDVI/T brinda el mejor indicador de CH mediante el uso de sensores remotos. Sin embargo, en áreas con vegetación compuesta por especies con distintas características fisiológicas y estructurales, el método directo es más exacto (Viegas *et al.*, 1992; Matthews, 2010). Incluso, algunos autores afirman que la contribución del CH de todo el dosel arbóreo a la reflectancia registrada por los sensores remotos es mucho más débil en comparación con otros factores como geometría de la hoja, sombras, estado del suelo, etc. (Chuvienco *et al.*, 1991). El empleo de metodologías relacionadas con la inversión de modelos de transferencia radiativa parecen ser promisorios para incrementar la precisión de medición de CH en grandes superficies (Yebra *et al.*, 2008, 2010).

Los índices derivados de variables ambientales, aunque desarrollados para evaluar las condiciones de sequía o el CHCM, son útiles para estimar el CHCV de algunas especies (Viegas *et al.*, 2001; Dimitrakopoulos y Bemmerzouk, 2003).

Las investigaciones más recientes se han enfocado en el desarrollo de modelos matemáticos basados en los procesos físicos que gobiernan los cambios en el CH y brindan predicciones muy precisas (Nelson, 2000; Wittich, 2005; Matthews, 2006; Matthews *et al.*, 2010). Estos modelos están asociados a variables ambientales y requieren de cálculos matemáticos muy complejos, por ello y aunque sus estimaciones son acertadas, no resultan prácticos ni de fácil aplicación para fines operativos cuando los recursos en general (personal, tiempo, capacidad de cálculo, etc.) son escasos.

En general, los materiales disponibles en el campo son anemómetros y psicrómetros portátiles, lápiz, papel y calculadora de mano. En esas condiciones es preferible resignar algo de precisión del modelo a cambio de mayor simplicidad (Sharples y Mcrae, 2011). Existen modelos semi-físicos de cálculos sencillos y adaptables a un gran rango de condiciones y sitios. Estos modelos se basan en la teoría de Byram (1959) sobre la difusión del agua en la madera, y por lo tanto, en la velocidad con la que el CH se aproxima al de equilibrio (Ruiz *et al.*, 2009). Uno de los más difundidos es el Índice Meteorológico de Peligro de Incendios canadiense (*Canadian Forest Fire Weather Index System*, FWI; Van Wagner, 1987). El cálculo del FWI está relacionado con las variaciones de las condiciones atmosféricas de mediano y largo plazo, e incluye tres 'códigos': el FFMC (*Fine*

Fuel Moisture Code), el DMC (*Duff Moisture Code*) y el DC (*Drought Code*), que son indicadores relativos del contenido de humedad para combustibles finos, medianos y gruesos, respectivamente (Lawson y Armitage, 2008).

El FWI es utilizado en Canadá y también ha sido implementado en diversas regiones del mundo, por ejemplo, EEUU, Nueva Zelanda, Indonesia, Malasia, China, México, Portugal y sur de Europa (Vega-García *et al.*, 1999; Alexander y Cole, 2001; Rainha y Fernandes, 2002; Taylor y Alexander, 2006; de Groot *et al.*, 2006; Tian *et al.*, 2011). En la Argentina, este modelo ha sido evaluado con resultados satisfactorios en diversas regiones (Taylor, 2001; Dentoni *et al.*, 2006, 2007), pero es necesario continuar adaptándolo a las particularidades de los ecosistemas presentes en cada región para lograr su total implementación a nivel nacional.

Se debe tener en cuenta además que aunque la inflamabilidad de las especies vegetales (capacidad de un combustible de encenderse y mantenerse ardiendo) depende del CH, también influyen las características químicas del tejido de cada una, su fenología y el régimen de fuego del ecosistema en que se encuentran (Mutch, 1970). Si bien existe una relación entre el CHCV y su inflamabilidad, ésta no siempre es lineal (Trabaud, 1976).

4. Consideraciones finales

Es necesario entender la relación entre el CH y las condiciones ambientales para su predicción diaria, o estimar sus características a lo largo de una temporada (Kreye y Varner, 2007). Los métodos analizados poseen ventajas y desventajas: los directos poseen gran precisión, pero consumen mucho tiempo y su empleo en grandes superficies es limitado. Por ello los métodos indirectos han presentado gran desarrollo en los últimos años, pero muchas veces falta un estudio de correlación entre los directos e indirectos, que permitiría obtener información precisa para grandes áreas.

En la Argentina como en otros países, la predicción del CH está limitada por la falta de conocimiento de su variabilidad espacio-temporal y de los muchos tipos de ambientes y combustibles presentes (Pook y Gill, 1993). El estudio del CH en ciertas especies clave, tanto árboles como arbustos y pastos de las distintas regiones del país, brindará información básica de utilidad tanto para el control de incendios como para la ejecución de quemas prescriptas y el manejo del fuego. El método gravimétrico es el más preciso y adecuado para estas investigaciones, debido a que no se requiere inmediatez en la obtención de los resultados o conocer el CH a la distancia, sino tener valores precisos de la dinámica del CH de un número importante de especies. El estudio de la dinámica del CH será una contribución básica que aporte al conocimiento de la dinámica del mismo que ya existe para otros ecosistemas del país (Bianchi, 2012). Esto permitirá asimismo contribuir gradualmente con la información necesaria para conformar el Sistema Nacional de Evaluación del Peligro de Incendios (SINEPI).

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el Proyecto FP6-018505 FIRE PARADOX 'An innovative approach of integrated wildland fire management regulating the wildfire problem by the wise use of fire: solving the fire paradox', European Union, 6th Framework, y por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Área Estratégica Forrajes y Pasturas, Proyecto Específico 1503 'Incremento de la productividad de pastizales naturales' 2006-2009.

BIBLIOGRAFÍA

- AGEE, J.; WRIGHT, C.; WILLIAMSON, N.; HUFF, M. 2002. Foliar moisture content of Pacific Northwest vegetation and its relation to wildland fire behavior. *Forest Ecology and Management* 67: 57-66.
- AGUADO, I.; CHUVIECO, E.; BORÉN, R.; NIETO, H. 2007. Estimation of dead fuel moisture content from meteorological data in Mediterranean areas. Applications in fire danger assessment. *International Journal of Wildland Fire* 16: 390.
- ALESSIO, G.; PEÑUELAS, J.; LLUSIÀ, J.; OGAYA, R.; ESTIARTE, M.; DE LILLIS, M. 2008. Influence of water and terpenes on flammability in some dominant Mediterranean species. *International Journal of Wildland Fire* 17(2), 274-286.
- ALEXANDER, M. 1982. Calculating and interpreting forest fire intensities. *Canadian Journal of Botany* 60: 349-357.
- ALEXANDER, M. 2010. Foliar moisture content input in the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System for areas outside of Canada. En: VI International Conference on Forest Fire Research.
- ALEXANDER, M.; COLE, F. 2001. Rating fire danger in Alaska ecosystems: CFFDRS provides an invaluable guide to systematically evaluating burning conditions. *Fireline* 12: 2-3.
- ALEXANDER, M.; CRUZ, M. 2012. Interdependencies between flame length and fireline intensity in predicting crown fire initiation and crown scorch height. *International Journal of Wildland Fire* 21 95-113.
- ALVES, M.; BATISTA, A.; SOARES, R.; OTTAVIANO, M.; MARCHETTI, M. 2009. Fuel moisture sampling and modeling in *Pinus elliottii* Engelm. plantations based on weather conditions in Paraná - Brazil forest. *Biogeosciences and Forestry* 2: 99-103.
- ANDERSON, H. 1990. Moisture diffusivity and response time in fine forest fuels. *Canadian Journal of Forest Research* 20: 315-325.
- BECK, J.; ARMITAGE, O. 2004. Diurnal Fine Fuel Moisture Characteristics at a northern latitude. En: ENGSTROM, R.; GALLEY, K.; DE GROOT, W. (eds) "22nd Tall Timbers Fire Ecology Conference: Fire in Temperate, Boreal and Montane Ecosystems," Tallahassee, FL. Pp 211-221. (Tall Timbers Research Station: Tallahassee, FL).
- BIANCHI, L. 2009. Moisture content dynamics of dead and live fuels of Patagonia, Argentina: its relationship with flammability and a meteorological fire danger index. Tesis de Maestría, Universidad de Lleida, España.
- BIANCHI, L.; DENTONI, M.; MUÑOZ, M.; DEFOSSÉ, G. 2012. Modelos de Combustibles en el ecotono bosque-estepa de la Patagonia andina: caracterización de las asociaciones arbustivas de acuerdo a su respuesta al fuego. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico Publicación Técnica N° 37. Esquel, Chubut. Argentina. 45pp.
- BLACKHALL, M.; RAFFAELE, E.; VELEN, T. 2012. Is foliar flammability of woody species related to time since fire and herbivory in northwest Patagonia, Argentina? (S Güsewell, Ed.). *Journal of Vegetation Science* 23: 931-941.

- BLACKMARR, W. 1971. Equilibrium moisture content of common fine fuels found in Southeastern forests. USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station., Research Paper SE-74 Research Paper SE-74. (Asheville, NC)
- BLACKMARR, W.H. 1972. Moisture content influences ignitability of slash pine litter. USDA Forest Service-Southern Forest Experiment Station, Research Note SE-173 (Asheville, NC).
- BRADSHAW, L.; DEEMING, J.; BURGAN, R.; COHEN, J. 1984. The 1978 National Fire-Danger Rating System: Technical Documentation. USDA, Forest Service. Intermountain Forest and Range Experimental Station, Ogden, UT. General Technical Report INT-169.
- BRAVO, S.; KUNST, C.; GIMÉNEZ, A.; MOGLIA, G. 2001. Fire regime of a *Elionorus muticus* Spreng. savanna, western Chaco region, Argentina. *International Journal of Wildland Fire* 10: 1-8.
- BURGAN, R. 1979. Estimating Live Fuel Moisture for the 1978 National Fire Danger Rating System. USDA For. Serv. - Intermt. For. and Range Exp. Stn., Res. Pap. INT-226 (Ogden, Utah). 16 pp.
- BYRAM, G. 1959. Combustion of Forest Fuels. *Forest Fire Control and Use*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- CANADIAN INTERAGENCY FOREST FIRE CENTRE. 2002. Glossary of forest fire management terms. Canadian Interagency Forest Fire Centre, (Winnipeg, Manitoba).
- CATCHPOLE, E.; CATCHPOLE, W.; VINEY, N.; McCAW, W.; MARSDEN-SMEDLEY, J. 2001. Estimating fuel response time and predicting fuel moisture content from field data. *International Journal of Wildland Fire* 10: 215-222.
- CHENEY, P.; SULLIVAN, A. 2008. 'Grassfires: Fuel, weather and fire behaviour.' De Krester A. (Ed). CSIRO Publishing: Collingwood VIC, Australia.
- CHUVIECO, E.; VAUGHAN, P.; RIAÑO, D.; COCERO D. 1991. Fire danger and fuel moisture content estimation from remotely sensed data. En: *The Joint Fire Science Conference and Workshop*. 7 pp.
- CHUVIECO, E.; COCERO, D.; RIAÑO, D.; MARTIN, P.; MARTÍNEZ-VEGA, J.; DE LA RIVA, J.; PÉREZ, F. 2004a. Combining NDVI and surface temperature for the estimation of live fuel moisture content in forest fire danger rating. *Remote Sensing of Environment* 92: 322 - 331.
- CHUVIECO, E.; AGUADO, I.; DIMITRAKOPOULUS, P. 2004b. Conversion of fuel moisture values to ignition potential for integrated fire danger assessment. *Canadian Journal of Forest Research* 34: 2284-2293.
- CHATTO, K.; TOLHURST, K.G. 1997. Development and testing of the Wiltronics T-H moisture meter. Research Report 46, Department of Natural Resources and Environment, Fire Management Branch, Victoria, Australia.
- COUNTRYMAN, C.; DEAN, W. 1979. Measuring Moisture Content in Living Chaparral: a field user's manual. USDA Forest Service. Pacific Southwest Forest and Range Experimental Station. General Technical Report PSW-36. 28 pp.
- DE GROOT, W.; WARDATI, C.; WANG, Y. 2005. Calibrating the fine fuel moisture code for grass ignition potential in Sumatra, Indonesia. *International Journal of Wildland Fire* 14., 161-168.
- DE GROOT, W.; FIELD, R.; BRADY, M.; ROSWINTIARTI, O.; MOHAMAD, M. 2006. Development of the Indonesian and Malaysian Fire Danger Rating Systems. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12: 165-180.
- DENTONI, M.; MAREK, D.; BIANCHI, L.; CIAMPOLI HALAMAN, M.; GUGLIELMIN, D.; MUÑOZ, M. 2006. Evaluación del peligro de Incendios en la región Andino Patagónica Norte. En "Ecofuego 2006," Esquel, Chubut. Argentina. P 13. (Esquel, Chubut. Argentina).
- DENTONI, M.; MUÑOZ, M.; EPELE, F. 2007. Implementación de un sistema nacional de evaluación de peligro de incendios: la experiencia argentina. En: Organismo Autónomo de Parques Nacionales M. de MA (ed), P 12, 4th International Wildland Fire Conference, Sevilla, España.
- DEXTER, B.; WILLIAMS, D. 1976. Direct field estimation of fine fuel moisture content. *Australian Forestry* 39: 140-144.
- DIMITRAKOPOULOS, A.; BEMMERZOUK, A. 2003. Predicting live herbaceous moisture content from a seasonal drought index. *International Journal of Biometeorology* 47: 73-79.
- FERNADES, P.; BOTELHO, H.; REGO F.; LOUREIRO C. 2008. Using fuel and weather variables to predict the sustainability of surface fire spread in maritime pine stands. *Canadian Journal of Forest Research* 38: 1-19.
- FERNANDES, P.; LOUREIRO, C.; BOTELHO, H. 2012. PiroPInus: a spreadsheet application to guide prescribed burning operations in maritime pine forest. *Computer and Electronics in Agriculture* 81: 58-61.
- FIRE & EMERGENCY SERVICES AUTHORITY OF WESTERN AUSTRALIA. 2008. Grass Curing Visual Guide for Western Australia. 12pp.
- FISCHER, M.; DI BELLA, C.; JOBBAGY, E. 2012. Fire patterns in central semiarid Argentina. *Journal of Arid Environments* 78: 161-168.
- GANTEAUME, A.; MARIELLE, J.; CORINNE, L-M.; THOMAS, C.; LAURENT, B. 2011 Effects of vegetation type and fire regime on flammability of undisturbed litter in Southeastern France. *Forest Ecology and Management* 261: 2223-2231.
- HELLY, C.; ALLEAUME, S. 2006. Fire regimes in dryland landscapes. Cap. 16, pag. 283-301. En: D'ODORICO, P., PORPORATO, A.: *Dryland Ecohydrology*. Springer Verlag.
- JOLLY, W. 2007. Sensitivity of a surface fire spread model and associated fire behaviour fuel models to changes in live fuel moisture. *International Journal of Wildland Fire* 16: 503-509.
- JOLLY, W.; HADLOW, A. 2012. A comparison of two methods for estimating conifer live foliar moisture content. *International Journal of Wildland Fire* 21: 180-185.
- KOMAREK, E. 1965. Fire Ecology-Grasslands and man. En: *Tall Timbers Fire Ecology Conference*, Pp 169-220.
- KREYE, J.; VARNER, J. 2007. Moisture Dynamics in Masticated Fuelbeds: A Preliminary Analysis. Proc. The fire environment—innovations, management, and policy, Destin, FL. pp. 173-186
- KUNST, C.; BRAVO, S.; MOSCOVICH, F.; HERRERA, J.; GODOY, J.; VÉLEZ S. 2001. Control de tusca (*Acacia aroma* Gill ap. H. et A.) mediante fuego prescripto. *Rev. Arg. Prod. Animal*. 20: 199-213.
- KUNST, C.; LEDESMA, R.; CASILLO, J.; GODOY, J. 2006. Rolados y residuos leñosos: Il Dinámica del contenido de humedad de combustibles de origen leñoso. CIEFAP, *Actas Ecofuego* 2006. 217-219.
- LAWSON, B.; ARMITAGE, O. 2008. Weather Guide for the Canadian Forest Fire Danger Rating System.
- MARSDEN-SMEDLEY, J.; CATCHPOLE, W. 2001. Fire modeling in Tasmanian buttongrass moorlands. III: Dead fuel moisture. *International Journal of Wildland Fire* 10: 241-253.
- MATTHEWS, S. 2006. A process-based model of fine fuel moisture. *International Journal of Wildland Fire* 15: 155-168.
- MATTHEWS, S.; McCAW, W.; NEAL, J.; SMITH, R. 2007. Testing a process-based fine fuel moisture model in two forest types. *Canadian Journal of Forest Research* 37: 23-35.
- MATTHEWS, S. 2010. Effect of drying temperature on fuel moisture content measurements. *International Journal of Wildland Fire* 19: 800-802.

- MATTHEWS, S.; GOULD, J.; McCAW, L. 2010. Simple models for predicting dead fuel moisture in eucalyptus forests. *International Journal of Wildland Fire* 19: 459–467.
- MCPHERSON, G.; WRIGHT, H. 1986. Threshold requirements for burning downed honey mesquite. *Journal of Range Management* 39: 327–330.
- MÖLDERS, N. 2010. Comparison of Canadian Forest Fire Danger Rating System and National Fire Danger Rating System fire indices derived from Weather Research and Forecasting (WRF) model data for the June 2005 Interior Alaska wildfires. *Atmospheric Research* 95: 290–306.
- MORELLO, J.; SARAVIA TOLEDO, C. 1959. El bosque chaqueño I y II. *Rev. Agronómica del Noroeste Argentino*, 3: 5-81/209-258.
- MUTCH, R. 1970. Wildland fires and ecosystems—a hypothesis. *Ecology* 51: 1046–1051.
- NATIONAL WILDFIRE COORDINATING GROUP. 2011. Glossary of Wildland Fire Terminology. National Wildfire Coordinating Group - USDA, PMS 205. 189 pp.
- NELSON, R. 2000. Prediction of diurnal change in 10-h fuel stick moisture content. *Canadian Journal of Forest Research* 30: 1071–1087.
- NELSON, R. 2001. Water relations of forest fuels. Ch. 4, 79–149. En: JOHNSON, E.; K. MIYANISHI, K: Forest fires: behavior and ecological effects. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- NIETO, H.; AGUADO, I.; CHUVIECO, E.; SANDHOLT, I. 2010. Dead fuel moisture estimation with MSG–SEVIRI data. Retrieval of meteorological data for the calculation of the equilibrium moisture content. *Agricultural and Forest Meteorology* 150: 861–870.
- PAUSAS, J.; MOREIRA, B. 2012. Flammability as a biological concept. *New Phytologist* 194: 610–613.
- PÉCH, G. 1969. The relevance of current hazard stick reading to the moisture content of logging slash. *The Forestry Chronicle* 45: 107–113.
- PELLIZZARO, G.; DUCE, P.; VENTURA, A.; ZARA, P. 2007. Seasonal variations of live moisture content and ignitability in shrubs of the Mediterranean Basin. *International Journal of Wildland Fire* 16: 633 – 641.
- PLUCINSKI M., ANDERSON W. 2008. Laboratory determination of factors influencing successful point ignition in the litter layer of shrubland vegetation. *International Journal of Wildland Fire* 17: 628–637.
- POOK, E.; GILL, A. 1993. Variation of live and dead fine fuel moisture in *Pinus radiata* plantations of the Australian-Capital-Territory. *International Journal of Wildland Fire* 3: 155–168.
- PYNE, S. 1984. Introduction to Wildland fire: Fire Management in the United States. John Wiley & Sons, Ed., New York.
- QI, Y.; DENNISON P.E.; SPENCER J.; RIAÑO D. 2012. Monitoring Live Fuel Moisture Using Soil Moisture and Remote Sensing Proxies. *Fire Ecology* 8: 71–87.
- RAÍNHA, M.; FERNANDES, P. 2002. Using the canadian fire weather index (FWI) in the Natural Park of Montesinho, NE Portugal: calibration and application to fire management. En: VIEGAS DX (ed) Forest fire research and wildland fire safety: IV International Conference on Forest Fire Research, Wildland Fire Safety Summit”, Luso, Coimbra, Portugal. P 6. Millpress, Rotterdam.
- RAY, D.; NEPSTAD, D.; MOUTINHO, P. 2005. Micrometeorological and canopy controls of fire susceptibility in a forested Amazon landscape. *Ecological Applications* 15: 1664–1678.
- ROTHERMEL, R. 1972. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. Intermountain Forest and Range Experiment Station - USDA Forest Service, Research Paper INT-115 Research Paper INT-115.
- ROTHERMEL, R. 1983. How to predict the spread and intensity of forest and range fires. United States Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, General Technical Report INT-143
- RUIZ, A.; VEGA, J.; ÁLVAREZ J. 2009. Modelización de la variabilidad horaria de los contenidos de humedad en hojarasca de *Eucalyptus globulus*. *Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales* 18: 247–263.
- RUNDEL, P. 1981. Structural and chemical components of flammability. USDA Forest Service, General Technical Report WO-26: 183–207.
- RYAN, K. 2002. Dynamic interactions between forest structure and fire behavior in boreal ecosystems. *Silva Fennica* 36: 13–39.
- SHARPLES, J.; McRAE R. 2011. Evaluation of a very simple model for predicting the moisture content of eucalypt litter. *International Journal of Wildland Fire* 20: 1000–1005.
- SULLIVAN, A.; BALL R. 2012. Thermal decomposition and combustion chemistry of cellulosic biomass. *Atmospheric Environment* 47: 133–141.
- SULLIVAN, A. 2010. Grassland fire management in future climate. Cap. 5, p. 173–208. *Advances in Agronomy* 106. Elsevier.
- TANSKANEN H., VENÄLÄINEN A., PUTTONEN P., GRANS-TRÖM A. 2005. Impact of stand structure on surface fire ignition potential in *Picea abies* and *Pinus sylvestris* forests in southern Finland. *Canadian Journal of Forest Research* 35: 410–420.
- TAYLOR, S. 2001. Considerations for applying the Canadian Forest Fire Danger Rating System in Argentina. Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Natural Resources Canada, BC Ministry of Forests Contract Ref. No. 14020-90/02 BC Ministry of Forests Contract Ref. No. 14020-90/02.
- TAYLOR, S.; ALEXANDER M. 2006. Science, technology, and human factors in fire danger rating: the Canadian experience. *International Journal of Wildland Fire* 15: 121–135.
- THE FOREST FOUNDATION, 2012: Fire severity related to fuel moisture content <http://www.calforestfoundation.org/pdf/Fire+Severity+Related+to+Fuel+Moisture+Content.pdf> (verificado: 11 de diciembre de 2012)
- TIAN, X.; McRAE, D.; JIN, J.; SHU, L.; ZHAO, F.; WANG, M. 2011. Wildfires and the Canadian Forest Fire Weather Index system for the Daxing'anling region of China. *International Journal Of Wildland Fire* 20: 963–973.
- TODONE, J. 2009. Live fuel moisture prediction in *Nothofagus antarctica* forests and its relation to wildfire occurrence in Patagonia, Argentina. Universidad de Lleida, España.
- TRABAUD, L. 1976. Inflammabilité et combustibilité des principales espèces de garrigues de la région méditerranéenne. *Oecologia Plantarum* 11, 117–136.
- VALETTE, J.; 1992 INFLAMMABILITIES OF MEDITERRANEAN SPECIES. In “Course on Forest Fire Risk and Management,” Porto Carras, Halkidiki, Greece. Pp 1–12. (Porto Carras, Halkidiki, Greece)
- VAN NEST, T.; ALEXANDER M. 1999. Systems for rating fire danger and predicting fire behavior used in Canada. *Actas de National Interagency Fire Behavior Workshop*. 1 al 5 de marzo. Phoenix, Arizona
- VAN WAGNER, C. 1977. Conditions for the start and spread of crown fire. *Canadian Journal of Forest Research* 7: 23–34.
- VAN WAGNER, C. 1987. Development and Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System. Petawa National Forestry Institute - Canadian Forestry Service, Forestry Technical Report 35 Forestry Technical Report 35. (Chalk River, Ontario)

VEGA-GARCÍA, C.; WOODARD, P.; TITUS, S.; ADAMOWICZ, W.; LEE, B. 1999. Dos modelos para la predicción de incendios forestales en Whitecourt Forest, Canadá. *Investigación Agraria: Sistemas y recursos forestales* 8: 5–23.

VIEGAS, D.; VIEGAS, M.; FERREIRA, A. 1992. Moisture content of fine forest fuels and fire occurrence in Central Portugal. *International Journal of Wildland Fire* 2: 69–86.

VIEGAS, D.; PIÑOL, J.; VIEGAS M.; OGAYA, R. 2001. Estimating live fine fuels moisture content using meteorologically-based indices. *International Journal Of Wildland Fire* 10: 223–240.

VINEY, N. 1991. A review of fine fuel moisture modelling. *International Journal of Wildland Fire* 1: 215–234.

WITTICH, K. 2005. A single-layer litter-moisture model for estimating forest-fire danger. *Meteorologische Zeitschrift* 14: 157–164.

WITTICH, K. 2011. Phenological observations of grass curing in Germany. *International Journal of Biometeorology* 55: 313–318.

YEBRA, M.; CHUVIECO, E.; RIAÑO, D. 2008. Estimation of live fuel moisture content from MODIS images for fire risk assessment. *Agricultural and Forest Meteorology* 148: 523–536.

YEBRA, M.; BEGET, M.E.; ORICCHIO, P.; DI BELLA, C. 2010. Inversión de modelos de simulación de la reflectividad para la estimación del estado hídrico del combustible vivo en matorrales y pastizales de la argentina. *Serie Geográfica*, 16:51-59).

Dinámica de la humedad de los combustibles y su relación con la ecología y manejo de fuego, region chaqueña occidental (Argentina) II: follaje y residuos de árboles y arbustos

KUNST,C.¹; LEDESMA, R.¹; BRAVO, S.²; DEFOSSÉ, G.³; GODOY, J.¹; NAVARRETE, V.¹

RESUMEN

El fuego es fenómeno frecuente en la región chaqueña argentina. El contenido de agua (CH, %) es un factor que define la inflamabilidad de los combustibles vegetales, y sus cambios en magnitud pueden ser usados para comprender la ecología y régimen del fuego en una región, para planificar su uso como prescripto; o como un indicador de riesgo para su prevención. En este trabajo se evaluó la dinámica de CH a través del tiempo del follaje (combustible vivo), hojarasca y residuos leñosos de distinto diámetro (combustibles muertos) de 4 especies de árboles y 5 especies de arbustos nativos de la región. El CH fue determinado en forma gravimétrica cada 10-15 días entre mayo 2008 y octubre 2009. Los datos fueron analizados en forma gráfica y mediante análisis de la varianza empleando la estación climática, la especie y el tipo de combustible como factores de clasificación. La hojarasca presentó el menor CH promedio (< 22%), con baja variabilidad y presentó correlación significativa con variables ambientales (precipitación caída entre fechas de muestreo y humedad del suelo a 0-30 cm y 30-60 cm). Los combustibles muertos presentaron una dinámica lineal declinante de CH, sugiriendo desecación casi constante. Sólo en algunos casos presentaron correlación significativa con variables ambientales. Los combustibles muertos con diámetro 0,5-2,5 cm presentaron el mayor CH promedio, pero las especies tuvieron una influencia significativa. En el follaje y ramitas (combustibles vivos) el CH promedio fue variable, y presentó una dinámica sinusoidal con amplitud estacional y dentro de estaciones. Los arbustos presentaron un mayor CH promedio que los árboles, y *Schinus* spp, un arbusto de hoja perenne, presentó el mayor CH promedio anual (CH ≈ 74%). En los árboles el CH promedio fue ≈ 45-50%, y menos variable que en los arbustos. Considerando los combustibles vivos, la estación más proclive al fuego sería el invierno y primavera temprana, mientras que en los residuos la época más proclive sería el segundo otoño e invierno luego de su corte. La hojarasca presentó una magnitud de CH por debajo del umbral de extinción teórico (CH = 30%) y sería un factor importante en la propagación de fuego en la región.

Palabras clave: régimen de fuego, riesgo de fuego, región chaqueña.

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero, Jujuy 850, Santiago del Estero, G4200CQR, Argentina. Correos electrónicos: kunst.carlos@inta.gob.ar, ledesma.roxana@inta.gob.ar

²Universidad Nacional de Santiago del Estero, Cátedra de Botánica, Facultad de Ciencias Forestales, Av. Belgrano (S) 1912, Santiago del Estero, Argentina.

³Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico, (CIEFAP) y Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Sede Esquel, Esquel, Chubut. Correo electrónico: gdefosse@ciefap.org.ar

ABSTRACT

Fire is a common disturbance in the Chaco region of Argentina. The fuel moisture content (CH, %) is a factor defining inflammability and its changes throughout time. CH could be used to understand the fire regime and ecology, planning the use of prescribed fire and as an index of fire risk. In this research we assessed the dynamics of CH of the foliage (live fuels), litter and coarse woody debris (CWD) of different diameter (dead fuels) of 4 tree and 5 shrub native species. CH was monitored using the gravimetric method every 10-15 days from May 2008 to October 2009. Data were analyzed graphically and with analysis of variance using season, species and fuel type as classification factors. Litter showed a low mean CH (< 22%) with low variability but with a significant correlation with environmental variables (rainfall registered between sampling dates and soil moisture content at two depths 0-30 cm and 30-60 cm). Dead fuels presented a declining, almost lineal dynamics throughout time, suggesting a constant desiccation. Only in some cases showed significant correlation with environmental variables. Dead fuels of diameter 0.5-2.5 cm presented a high CH mean, and species were a significant factor. In live fuels, the average CH was variable and its dynamics followed a sinusoidal pattern with seasonal and intraseason amplitude. Shrubs presented usually a high CH mean and *Schinus* spp., a species with perennial leaves, showed the highest annual mean (CH ≈ 74%). In tree species, the mean CH was 45-50 %, with less variability than shrub species. Considering live fuels, the fire prone season would be from winter to early spring, while in woody residues would be the second winter after their cut. Litter showed an annual mean CH under the threshold of extinction (CH = 30%) and may be a key factor in fire propagation in the region.

Keywords: fire regime, fire risk, Chaco region.

INTRODUCCIÓN

El fuego es la manifestación del proceso de combustión del material hidrocarbonado que forma el tejido vegetal, y es un fenómeno frecuente en la región chaqueña argentina (Bravo *et al.*, 2001, Bianchi *et al.*, 2013). El agua impide o retarda la combustión debido a su alto calor específico, lo que hace necesario una elevada cantidad de energía para desplazarla (ebullición), desecar el combustible y llegar a la temperatura de ignición (Alexander, 1982). La humedad o contenido de agua (CH) de los combustibles vegetales es un índice de su facilidad de encendido; y se emplea universalmente para caracterizar la posible intensidad y severidad del fuego (Fernandes *et al.*, 2012). El CH varía de acuerdo al clima, a la fenología y a la fisiología de las especies, el tamaño de los combustibles, y otras características como su grado de exposición al sol (Ruiz Gonzalez, 2004; Wittich, 2011).

El fuego es un fenómeno frecuente en la región chaqueña, un bioma ubicado en el norte de Argentina y países limítrofes (Morello y Saravia Toledo, 1959). Su vegetación es un mosaico de bosques, arbustales y sabanas (Bucher, 1982). Las especies leñosas más comunes pertenecen a los géneros *Schinopsis*, *Aspidosperma*, *Prosopis*, *Acacia* y *Celtis*, entre otras. El bosque se presenta en posición topográfica 'alto' o 'loma', los parques en la media loma y las sabanas en los bajos (Kunst *et al.*, 2006b). Estos 'modelos' de combustible (*sensu*; Rothermel, 1983) se diferencian por: (a) tipo de combustible que propaga el fuego (pastizal en el bajo y en la media loma, y leñosas en el alto); (b) diferente acumulación de combustible fino por unidad de superficie: el alto presenta de manera natural un

cambio en la composición botánica y una disminución en la densidad de gramíneas con respecto a la media loma (Kunst *et al.*, 2006b); y (c) características de la fisonomía de vegetación que modifican la velocidad del viento y la dinámica de la humedad relativa del aire (i.e. altura y densidad de árboles). La cobertura de árboles con altura superior a 6-7 m es también distinta: en la media loma la misma es media a baja, en el alto es alta a muy alta. La cobertura arbórea limita la radiación solar, un factor clave en el desecamiento de los combustibles ubicados en estratos más bajos (Rothermel *et al.*, 1986). El 'parque' consiste en isletas de árboles y arbustos rodeadas de especies de gramíneas nativas. El fuego usualmente comienza en las sabanas y pastizales debido a la disponibilidad de combustible fino en cantidad, y en condiciones climáticas extremas (baja humedad relativa del aire y vientos de alta velocidad) puede propagarse a través de 'escaleras de combustible' a los arbustales y bosques y desarrollar fuego de copa (Tortorelli, 1947; Bravo *et al.*, 2001).

Existe la noción empírica de que en la región chaqueña argentina la estación seca (invierno-primavera) es la más propensa al fuego debido a la desecación de los combustibles. Esta es una tendencia general, pero que necesita ser corroborada de manera objetiva debido a que el complejo de combustibles está compuesto por diversas especies y formas de vida que presentan distintas características (fenología, adaptación a la sequía, proporción de tejido vivo/muerto, etc.), y es necesario evaluar la dinámica específica y las posibles diferencias en el CH (Matt Davies y Legg, 2011; Pellizzaro *et al.*, 2006). Es también útil establecer la fortaleza de la asociación entre el CH y las variables climáticas a fin de evaluar las mismas como método sustituto in-

directo para predecir el peligro de fuego mediante modelos matemáticos (Castro *et al.*, 2003; Ruiz Gonzalez, 2004).

La dinámica temporal del CH en órganos vivos de *Acacia aroma* (tusca) y de residuos leñosos generados por la práctica del rolado ha sido informada por Kunst *et al.* (2001, 2006a). Los objetivos de este trabajo fueron: (a) cuantificar la dinámica estacional del CH en órganos de diferentes especies leñosas nativas de la región chaqueña, ampliando la información existente; (b) analizar los efectos de la estación climática y las características del combustible tales como especie, grupo funcional, tamaño, etc., sobre el CH, y (c) analizar la correlación estadística entre el CH, la humedad del suelo y las variables climáticas. Esta información se interpretó desde los puntos de vista de la ecología, la prevención y el manejo del fuego.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se realizó en el Campo Experimental 'La María', Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Santiago del Estero, Argentina (28° 3' S y 64° 15' W). El clima es semiárido-subtropical, con inviernos fríos y secos, y veranos calientes y lluviosos (Boletta, 1988). La precipitación media anual es 574 mm, concentrados desde noviembre a mayo (INTA EEA Santiago del Estero, serie 1936-2005). El trabajo

de campo se realizó entre mayo 2008 y octubre 2009. Los datos diarios de temperatura (T, °C), humedad relativa del aire (HR, %) máxima y mínima, velocidad del viento a 2 m de altura (VV, km.h⁻¹), precipitación (mm) y radiación solar recibida (Rad, MJ.m⁻²) correspondientes al período de observación fueron provistos por el Observatorio Meteorológico, distante a 6 km del área de muestreo.

Se consideró "combustible" todo aquel material orgánico susceptible de encenderse (Schroeder y Buck, 1970). El comportamiento del fuego varía de acuerdo al CH, y a factores topográficos, atmosféricos y otros propios del combustible (Ruiz Gonzalez, 2004). Para 'bloquear' la variabilidad generada por los dos primeros factores, se seleccionaron para el estudio dos tipos de vegetación ubicados los sitios ecológicos: media loma (parques) y alto (bosques). En el caso del bosque, el área seleccionada corresponde a un 'rolado', tratamiento mecánico que aplasta la biomasa de arbustos con siembra de *Panicum maximum* cv Gatton Jacq., creando una fisonomía de 'bosque con herbáceas' (Kunst *et al.*, 2006a). En base a la bibliografía (Tortorelli, 1947; Bravo *et al.*, 2001; Kunst *et al.*, 2006b) y la experiencia de los autores (observación empírica de especies que se encienden en fuegos accidentales y prescriptos) se seleccionaron en cada sitio/modelo cinco especies de arbustos, cuatro de árboles nativos y hojarasca (tabla 1).

Sitio ecológico	Tamaño y diámetro	Grupo funcional	Especies ¹	Categoría
Media Loma	Fino (Ø ≤ 0,5 cm) (follaje y ramitas)	Arbustos	<i>Schinus</i> spp (perenne) (sch spp.), molle	Viva o en proceso de curado
			<i>Celtis ehrenbergiana</i> (Klotzch.) Liebm (decidua) (cel ehe)	
			<i>Aloysia gratissima</i> (Gillies et Hook. ex. Hook) Tronc.(decidua) (alograt)	
			<i>Acacia furcatispina</i> (Burkart) (decidua) (acafur) garabato	
			<i>Lippia turbinata</i> (Griseb. decidua) (lip tur), poleo	
		Árboles	<i>Schinopsis lorentzii</i> (Griseb.) Engler (decidua tardía) (sch lor)	
			<i>Aspidosperma quebracho blanco</i> Schldt. (perenne) (asp que)	
			<i>Prosopis nigra</i> (Griseb.) Hyeron. (decidua) (pro nig)	
			<i>Zyziphus mistol</i> Griseb.(decidua tardía) (ziz mis)	
			Hojarasca (Mantillo) Especies varias	
Alto	Fino (Ø =0,5-2,5 cm, 1) Medio (Ø =2,5-10 cm, 2) Gruoso (Ø => 10 cm, 3)	Árboles	<i>Schinopsis lorentzii</i> (sch lor)	Muerto (leña)
			<i>Aspidosperma quebracho blanco</i> (asp que)	
			<i>Prosopis nigra</i> (pro nig)	
			<i>Zyziphus mistol</i> (ziz mis)	
		Arbustos	<i>Acacia furcatispina</i> (aca fur)	

Tabla 1. Características de los combustibles muestreados para estimación de contenido de humedad. Campo Experimental 'La María', INTA EEA Santiago del Estero. Ø = diámetro. Decidua/perenne se refiere al follaje.

¹Nomenclatura de acuerdo a Flora del Cono Sur, Catálogo de plantas vasculares, Instituto Darwinion, Verificado: 29 de agosto de 2013, en <http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/FA.asp>

Estación climática	Fechas		CH promedio ¹ (%)	Comparación de medias ²			
	Inicio	Fin		O1	Ver 1	O2	Prim 1
O 1	13/05/2008	12/06/2008	90,46				
Ver 1	06/01/2009	17/03/2009	60,45	s/d			
O 2	31/03/2009	24/06/2009	53,34	s/d	0,0549		
Prim 1	25/09/2008	22/12/2008	40,56	0,0171	<0,0001	s/d	
Invierno 2	06/07/2009	17/09/2009	36,39	0,0127	<0,0001	<0,0001	0,022
Prim 2	05/10/2009	10/11/2009	35,77	0,0115	<0,0001	<0,0001	0,0171
Invierno 1	03/07/2008	02/09/2008	29,3	<0,0001	0,0003	0,0623	0,0346

Tabla 2. Contenido de humedad promedio (CH, %) del follaje y hojarasca clasificados por estación climática, 2008-09. Campo Experimental 'La María', INTA EEA Santiago del Estero. Referencias: O: otoño; Ver: verano; Prim: primavera. s/d = sin diferencia significativa entre medias, $\alpha = 0,05$. Las estaciones climáticas no presentadas no poseen diferencias significativas entre ellas.

¹LS MEANS, ²Comparación basada en datos transformados a rangos, test de t, $\alpha = 0,05$.

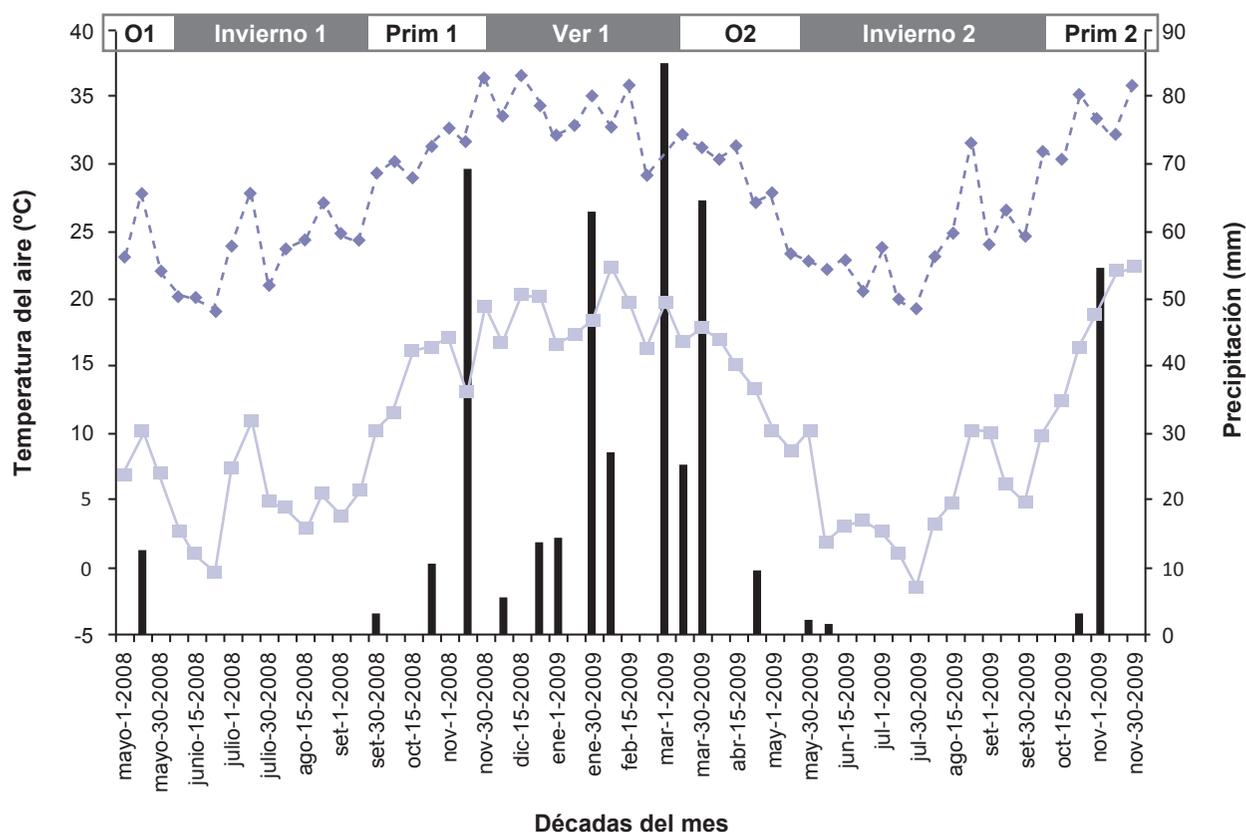


Figura 1. Dinámica temporal de la precipitación (mm, barras) y de las temperaturas máxima (rombos) y mínima (cuadrados) del aire (°C, promedio decádico). Campo Experimental 'La María', INTA EEA Santiago del Estero, 2008-09.

Referencias: O: otoño; Ver: verano; Prim: primavera.

Los combustibles se clasificaron en dos tipos:

a. combustibles vivos, unidos a la planta al momento del muestreo, compuestos por follaje y ramitas; cosechados a mano con tijera y consistentes en una mezcla natural

de hojas/tallos vivos y secos según la época, de diámetro < 0,5 cm, extraídos de 3 individuos por especie, seleccionados al azar. En todos los casos los individuos eran plantas desarrolladas. Las muestras fueron introducidas

en una bolsa de *nylon* inmediatamente luego del corte, identificadas y pesadas con una balanza electrónica de precisión 0,1 gr, almacenadas en un recipiente con aislación térmica y llevadas al laboratorio donde fueron secadas por 48 hs a 60° C y pesadas nuevamente. La presencia de tejido seco/muerto de una misma especie en una misma muestra es más representativa del CH de la carga de combustible que el muestreo de los órganos/tejidos vivos o muertos por separado (Agee *et al.*, 2002).

b. combustibles muertos finos y gruesos, sin contacto con la planta, compuestos por hojarasca y residuos leñosos. La hojarasca se recolectó a mano, en tres lugares al azar. Para los residuos leñosos, se cortaron con tijera y/o motosierra los troncos de las especies seleccionadas, $n = 3$ por especie, simulando residuos de rolado, que fueron clasificados de acuerdo a su diámetro y tiempo de retardo (tabla 1; Bianchi *et al.*, 2013) y se depositaron en el suelo. En cada fecha de muestreo las muestras fueron pesadas con una balanza electrónica, precisión 0,01 gr. Al final del período de muestreo, se trasladaron todas las muestras a laboratorio, se secaron por 48 hs a 60° C y se pesaron nuevamente.

Para evaluar contenido de agua del suelo (HS), en cada lugar de muestreo se tomaron 3 muestras al azar a dos profundidades: 0-30 cm y 30-60 cm.

Los muestreos de suelo y combustibles tuvieron frecuencia semanal durante el período primavera-verano, y quincenal durante el invierno. Las muestras se recolectaron entre las 10 y 12 h AM. Este enfoque se basa en el hecho que la variación diurna de CH es insignificante en términos del comportamiento de fuego y la más importante es la variación estacional (Alexander, 1988).

El CH se estimó mediante gravimetría (Bianchi *et al.*, 2013). En el caso de los combustibles muertos, el peso seco corresponde al peso registrado al final de la estación de muestreo, es decir, que los cambios en el CH tuvieron en cuenta la pérdida de masa causada por la degradación de la madera durante el período de muestreo causado por ataque de microorganismos.

Se calculó el promedio de la HS y del CH por fecha de muestreo. La HS promedio fue sometida a un análisis de la varianza con enfoque de medidas repetidas, empleando sitio ecológico y profundidad de muestreo como variables independientes. También se construyeron gráficos de HS versus tiempo para evaluar la dinámica temporal de esta variable. Para el CH se identificaron las siguientes fuentes de variación:

- **Estación climática:** representa el efecto de las diferencias inter e intraestacionales de la ocurrencia de lluvias y la dinámica de la temperatura del aire. El período de muestreo (13/5/2008 a 10/11/2009) fue dividido de acuerdo a la precipitación y temperatura del aire observadas en 7 'estaciones climáticas' (tabla 2 y fig. 1). Las fechas de comienzo y fin de cada una fueron definidas de acuerdo a dos umbrales: (a) precipitación caída en la semana previa al muestreo, y (b) promedio decádico de temperatura del aire, ambos registrados en el Obser-

vatorio Meteorológico, INTA EEA Santiago del Estero. Para establecer la fecha de comienzo de la 'primavera' se utilizó una precipitación ≥ 10 mm (observación empírica) y promedio decádico de temperatura mínima del aire $> 10^\circ$ C, pero en ascenso. La fecha de comienzo del 'verano' se definió a partir del promedio decádico de la temperatura del aire mínima $> 15^\circ$ C y con lluvias cada 10-15 días. El otoño fue definido como el período donde el promedio decádico de temperatura mínima del aire $> 15^\circ$ C y en descenso. El invierno es una temporada sin lluvias y con promedio decádico de temperatura mínima del aire $\leq 10^\circ$ C (fig. 1). Las estaciones climáticas similares poseen el mismo patrón de comportamiento de lluvia y temperatura del aire, pero al variar las magnitudes de lluvia y temperatura la duración de las mismas es diferente.

- **Especie:** representa características intrínsecas ligadas a la adaptación a la sequía, los sistemas radicales, el espesor de la hojas, la anatomía y la morfología, el contenido de lignina y la composición química, factores intrínsecos de cada especie, y que pueden afectar el CH, la ignición y el comportamiento de fuego (Chuvienco *et al.*, 2009; Matt Davies y Legg, 2011).

- **Grupo funcional:** los datos de combustibles finos vivos y muertos (follaje y hojarasca) se clasificaron en árboles, arbustos y hojarasca. La significancia de este factor permitiría generalizar y trabajar a un nivel de percepción más globalizador que especie.

- **Tamaño de combustible:** Representa el efecto del diámetro sobre la dinámica del CH. Debido a aspectos físicos, los combustibles de menor diámetro poseen mayor superficie de absorción y de evaporación que los combustibles de mayor diámetro. Este factor solo se incluyó en el análisis de los combustibles muertos.

- **Tiempo cronológico:** representa la variación producida por el tiempo cronológico por sí mismo (días de muestreo = 1, 2, ..., n).

Se graficó el CH promedio a través del tiempo por especie y tamaño del combustible para evaluar visualmente su dinámica. Se analizó la dispersión de CH mediante gráficos de caja (Ramsey y Schafer, 2002) empleando el paquete PAST (Hammer, 2013).

Se realizó un ANVA empleando el CH como variable dependiente, y las fuentes de variación, previamente listadas, como factores de clasificación. Se emplearon modelos estadísticos matemáticos clásicos y medidas repetidas con sentido biológico y de interés para el trabajo (Zar, 1999). 'Tiempo cronológico' se incluyó como covariable y las medias de CH están ajustadas a la misma.

La variable CH fue convertida a rangos para cumplir con los supuestos del análisis de la varianza (Conover, 1980). Para los cálculos matemáticos se emplearon los PROC MIXED y PROC GLM del paquete estadístico SAS (2002). La separación de medias se efectuó mediante el test de Duncan y la opción LSMEANS: si ambos métodos coincidían se informó solamente el resultado del test de

Duncan. La correlación entre el CH promedio de los combustibles con la HS, la precipitación caída, y el promedio de HR, VV y Rad observadas entre fechas de muestreo se analizó mediante el coeficiente de Kendall (Conover, 1980), empleándose el PROC CORR del paquete estadístico SAS (2002).

Se empleó un umbral de extinción teórico de CH $\geq 30\%$ para interpretar los resultados en un contexto de ecología y manejo de fuego (Bianchi *et al.*, 2013). Un CH $< 30\%$ implica que el combustible está muerto para fines de modelización de comportamiento de fuego, es decir que las

condiciones atmosféricas son las que controlan la dinámica de CH, no la humedad de las células vivas (Sun *et al.*, 2006; Sullivan, 2010).

RESULTADOS

Se registró un total de 471 mm para la temporada de lluvias 2008-2009. Entre el 13/5/2008 y el 31/12/2008 la precipitación total fue 119,5 mm y entre 1/1/2009 y el 10/11/2009 fue 351,4 mm. Las variables climáticas siguieron un patrón sinusoidal (figs. 1 y 2). Las menores mag-

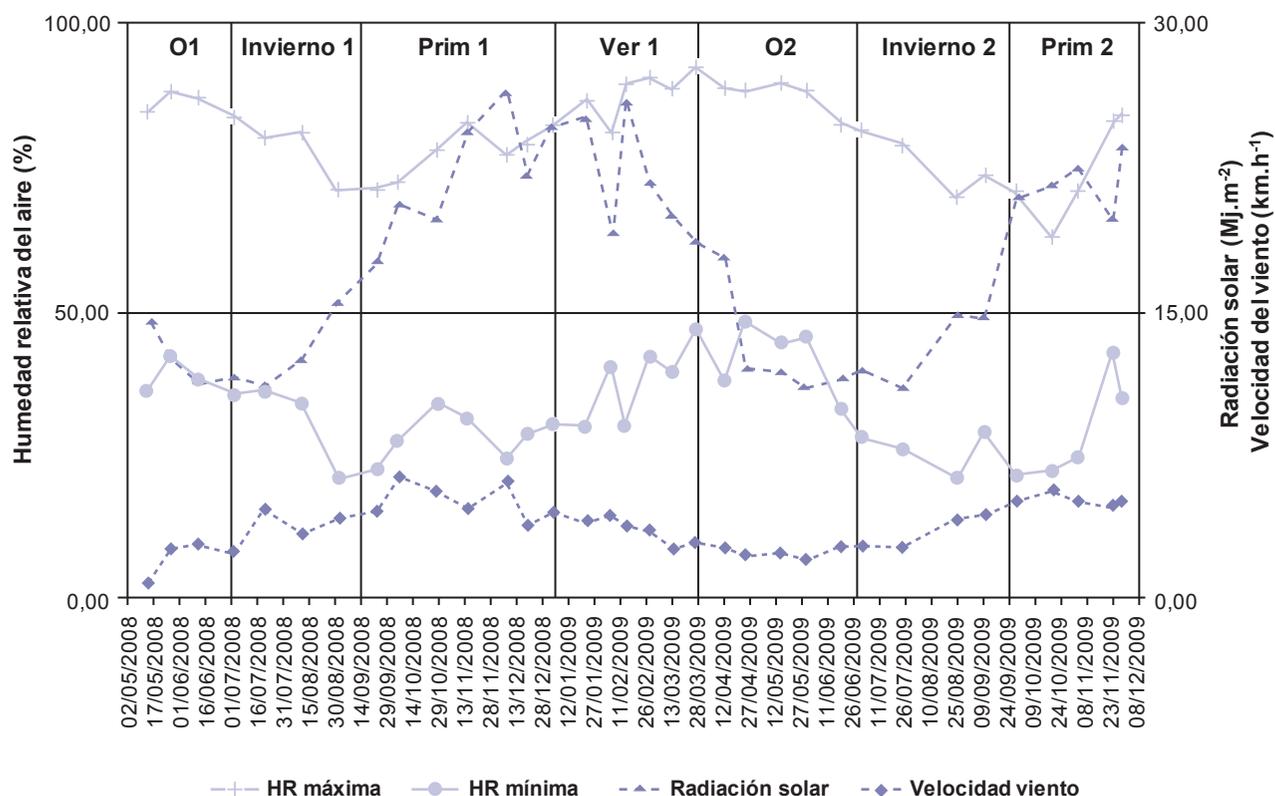


Figura 2. Dinámica temporal de los promedios de la humedad relativa del aire máxima (cruces) y mínima (círculos), radiación solar (triángulos) y velocidad del viento a 2 m de altura (rombos) entre fechas de muestreo. Campo Experimental 'La María', INTA EEA Santiago del Estero, 2008-09.

Referencias: O: otoño; Ver: verano; Prim: primavera.

Grupo funcional	CH promedio ¹		Comparación de medias ⁴	
	Transform ²	Sin transform ³	Árboles	Arbustos
Árboles	521,7	49,76		
Arbustos	463,40	54,10	0,0002	
Hojarasca	144,5	21,25	0,0001	0,0001

Tabla 3. Contenido de humedad (CH, %) promedio del follaje y hojarasca clasificados por grupo funcional, 2008-2009. Campo Experimental 'La María', INTA EEA Santiago del Estero.

¹Promedios calculados por LSMEANS (SAS 2002).

²Promedio de datos transformados a rangos.

³Promedio de datos sin transformar.

⁴Diferencias entre medias de datos transformados estimadas por LSMEANS, prueba de t.

Especies	Caract.	CH Promedio ¹		CV ⁴	Comparación de medias ⁵									
		Transf. ²	Sin transf. ³		Sch spp	Sch lor	Ziz mis	Asp que	Cel ehe	Pro nig	Lip tur	Alo gra	Aca fur	
<i>Schinus spp</i>	Ar, per	601	73,82	127,41										
<i>Schinopsis lorentzii</i>	AR, dec	565,63	52,67	50,52	s/d									
<i>Zizyphus mistol</i>	AR, dec	518,65	45,24	58,09	0,0097	s/d								
<i>A. quebracho blanco</i>	AR, per	513,74	45,64	43,79	0,0062	s/d	s/d							
<i>C. ehrenbergiana</i>	Ar, dec	485	63,72	133,11	0,0003	0,0127	s/d	s/d						
<i>P. nigra</i>	AR, dec	479	46,17	85,70	0,0001	0,0073	s/d	s/d	s/d					
<i>L. turbinata</i>	Ar, dec	466	73,27	188,37	<0,0001	<0,0001	s/d	s/d	s/d	s/d				
<i>A. gratissima</i>	Ar, dec	435	42,12	59,77	<0,0001	<0,0001	0,0103	0,0158	s/d	s/d	s/d			
<i>A. furcatispina</i>	Ar, dec	362	34,46	51,48	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,0002	0,0014	s/d		
Hojarasca	---	141,48	17,57	99,18	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Tabla 4. Contenido de humedad (CH, %) del follaje, clasificados por especie, y la hojarasca. Campo Experimental La María, INTA EEA Santiago del Estero, 2008-09.

Referencias: Ar: arbusto, AR: árbol, per: follaje perenne, dec: follaje decíduo; s/d = sin diferencia significativa entre medias, $\alpha = 0,05$.

¹Promedios calculados por LSMEANS (SAS 2002)

²Promedio de datos transformados a rangos.

³Promedio de datos sin transformar.

⁴Coficiente de variación, datos sin transformar/Variation coefficient, unstransformed data.

⁵Diferencias entre medias de datos transformados estimadas por LSMEANS, prueba de t.

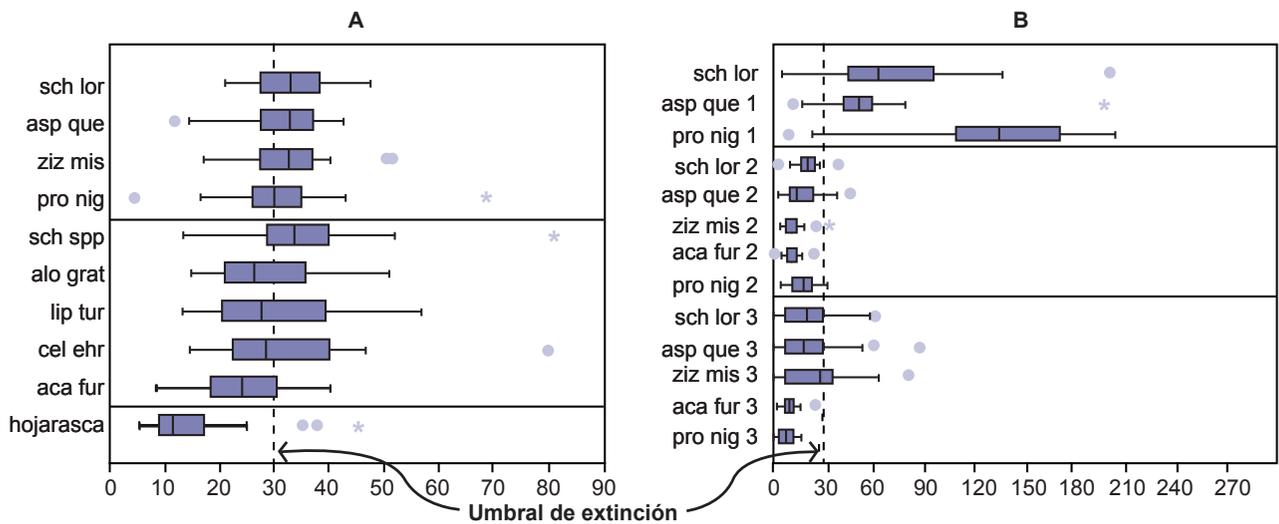


Figura 3. Gráficos de caja del contenido de agua (%) de: (A) follaje y hojarasca y (B) residuos leñosos. Campo Experimental 'La María', INTA EEA Santiago del Estero, 2008-09. Abreviaturas: *Schinopsis lorentzii*: sch lor; *Aspidosperma quebracho-blanco*: asp que; *Zizyphus mistol*: ziz mis; *Prosopis nigra*: pro nig; *Schinus spp*: sch spp; *Aloysisia gratissima*: alo grat; *Lippia turbinata*: lip tur; *Celtis ehrenbergiana*: cel ehe; *Acacia furcatispina*: aca fur. 1: diámetro 0,5-2,5 cm; 2: diámetro 2,5-10 cm; 3: diámetro > 10 cm

nitudes de T y HR se observaron entre mediados y fines de invierno, la menor radiación solar se registró a fines de otoño-comienzos de invierno, y la VV aumentó hacia fines de invierno alcanzando el pico durante la primavera (fig. 2). No se observó diferencia significativa en la HS promedio entre sitios ecológicos y profundidades de suelo. En am-

bas profundidades de suelo, la dinámica de la HS emuló la dinámica estacional de la precipitación.

Follaje, ramitas y hojarasca. Los factores "estación climática" y "especie", y la interacción estación climática*especie fueron altamente significativos ($P > F < 0,0001$ en todos los casos). El mayor CH promedio se

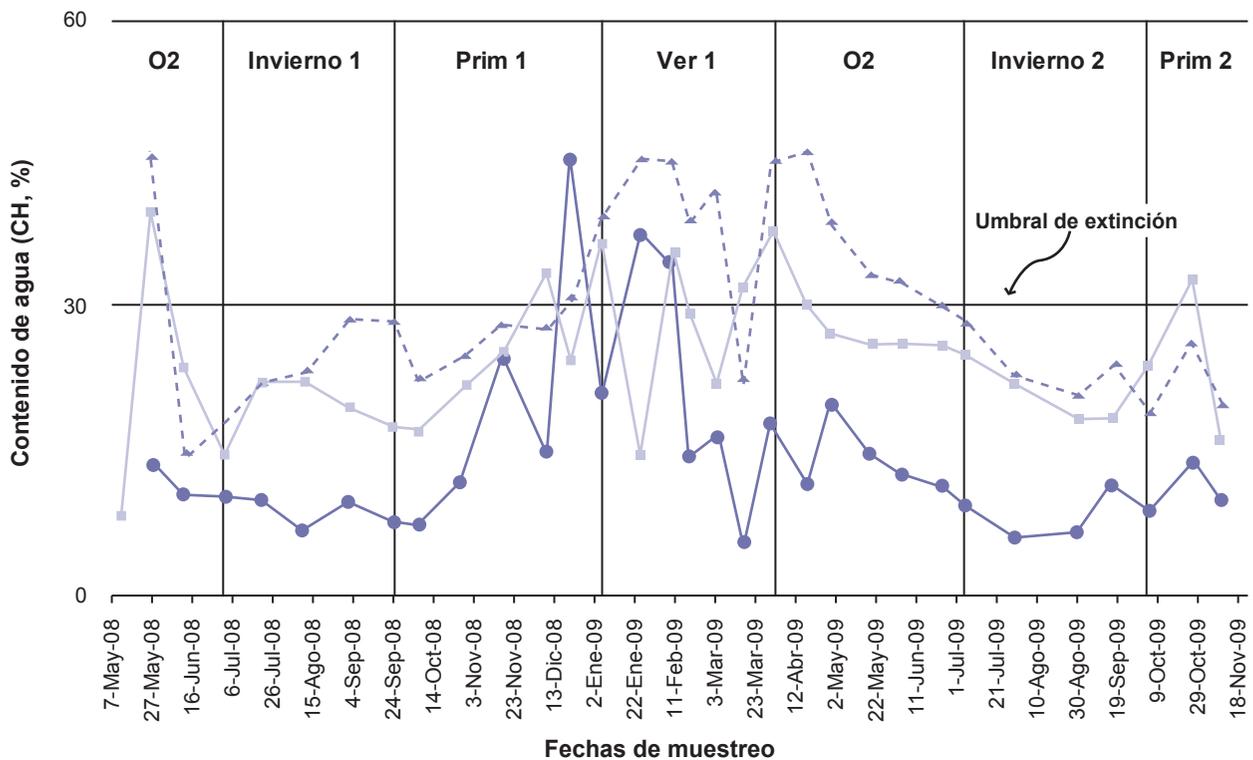


Figura 4. Dinámica estacional de CH (%) de la hojarasca (círculos) y del follaje de *Celtis ehrenbergiana* (triángulos) y *Acacia furcatispina* spp. (cuadrados). Campo Experimental 'La María', INTA EEA Santiago del Estero, 2008-09. .

Referencias: O: otoño; Ver: verano; Prim: primavera.

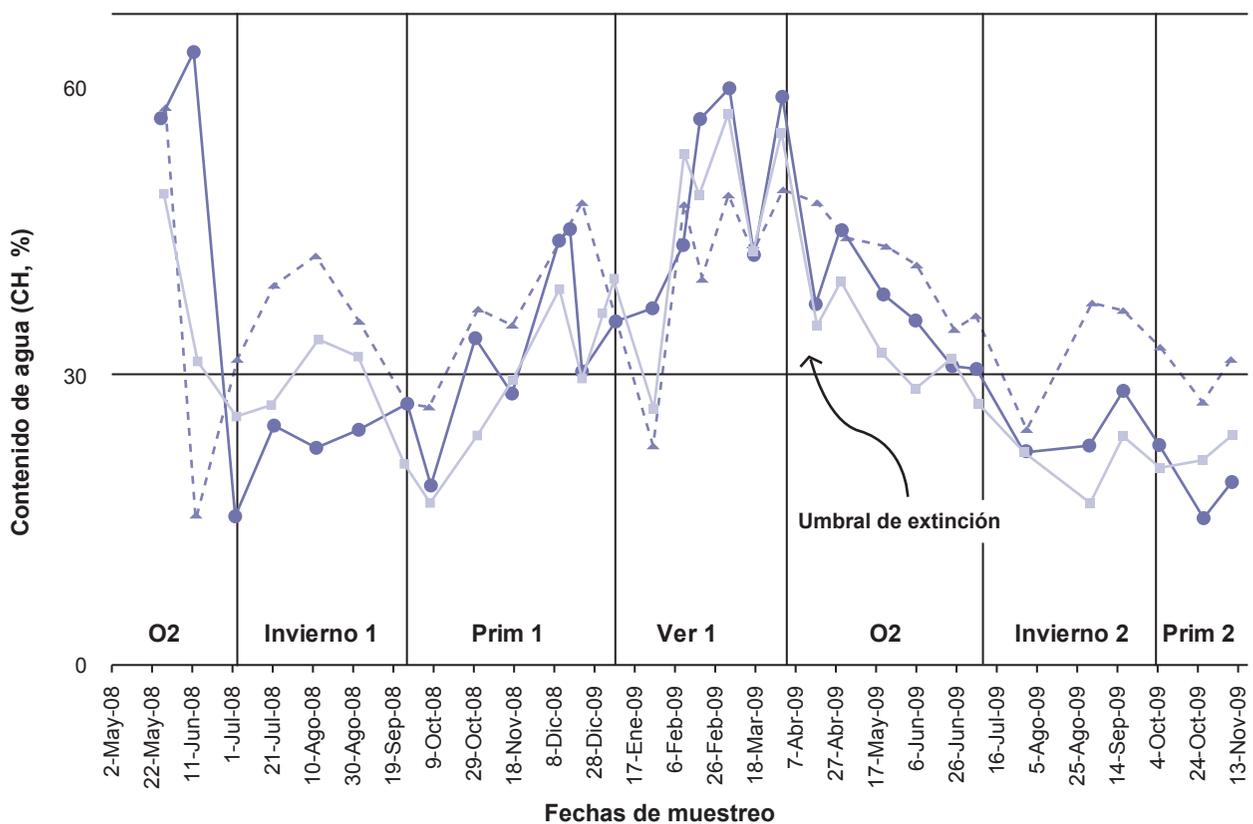


Figura 5. Dinámica estacional de CH (%) del follaje de *Lippia turbinata* (círculos), *Aloysia gratissima* (cuadrados) y *Schinus* spp. (triángulos). Campo Experimental 'La María', INTA EEA Santiago del Estero, 2008-09.

Referencias: O: otoño; Ver: verano; Prim: primavera.

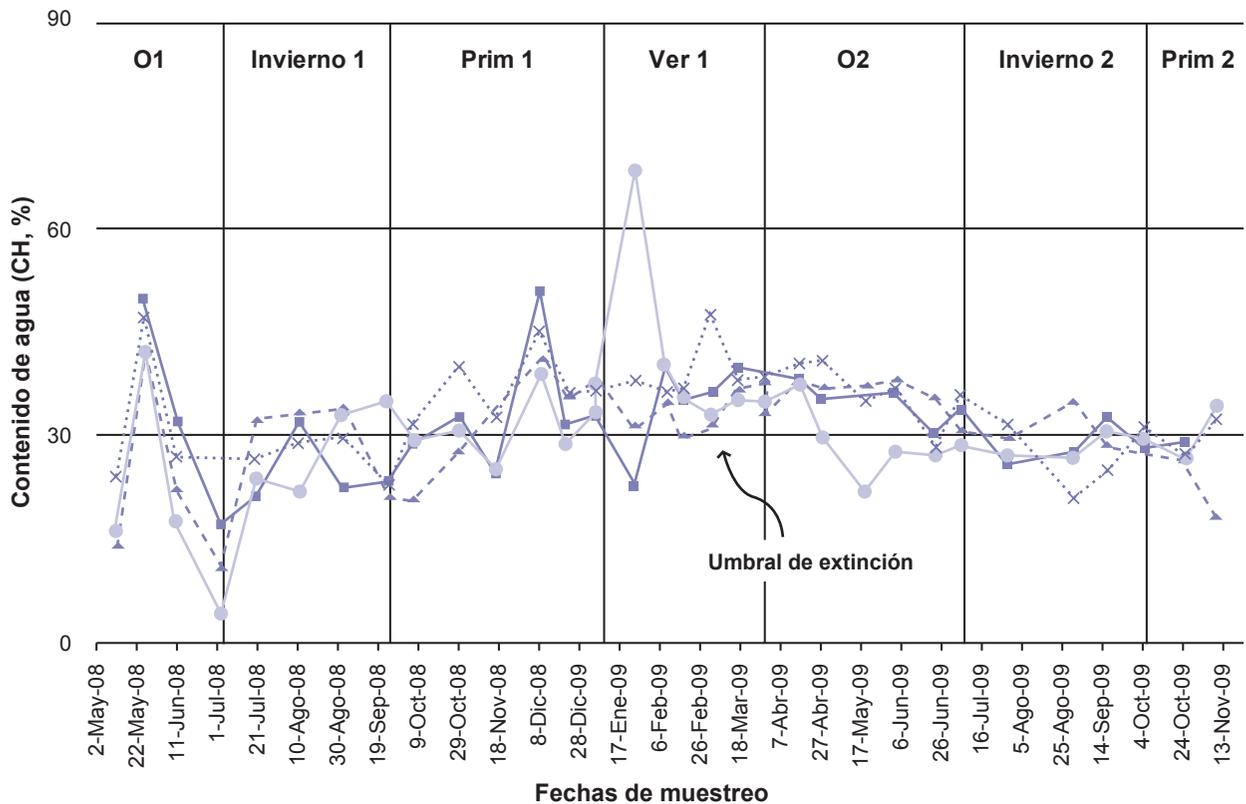


Figura 6. Dinámica estacional de CH (%) del follaje de *Prosopis nigra* (círculos), *Zizyphus mistol* (cuadrados), *Aspidosperma quebracho blanco* (triángulos) y *Schinopsis lorentzii* (cruces). Campo Experimental 'La María', INTA EEA Santiago del Estero, 2008-09. Referencias: O: otoño; Ver: verano; Prim: primavera.

Grupo	Especies	Humedad del suelo (%) a profundidad				Precipitación (mm) ¹		Humedad relativa del aire (%) ²				Velocidad del viento (km*h ⁻¹) ³	
		0-30 cm		30-60 cm		τ	P	Máxima		Mínima		τ	P
		τ	P	τ	P			τ	P	τ	P		
Hojarasca	----	0,31	0,01	0,41	0,00	0,45	0,00	0,21	0,10	0,18	0,15	0,08	0,54
	<i>Aloysia gratissima</i>	0,28	0,04	0,40	0,00	0,21	0,12	0,47	0,00	0,41	0,00	-0,20	0,12
	<i>Schinus spp</i>	0,27	0,04	0,28	0,03	0,18	0,18	0,32	0,01	0,39	0,00	-0,20	0,12
Arbustos	<i>Lippia turbinata</i>	0,34	0,01	0,39	0,00	0,27	0,04	0,58	<,0001	0,47	0,00	-0,31	0,01
	<i>Celtis ehrenbergiana</i>	0,32	0,01	0,39	0,00	0,20	0,12	0,42	0,00	0,29	0,02	-0,23	0,07
	<i>Acacia furcatispina</i>	0,07	0,58	0,28	0,04	0,19	0,14	0,26	0,04	0,20	0,11	-0,07	0,59
	<i>Prosopis nigra</i>	0,23	0,07	0,32	0,01	0,12	0,38	-0,02	0,85	-0,11	0,40	0,09	0,50
Árboles	<i>Zizyphus mistol</i>	0,00	0,99	0,08	0,56	0,20	0,13	0,37	0,00	0,43	0,00	-0,12	0,37
	<i>A. quebracho blanco</i>	0,19	0,13	0,25	0,05	-0,05	0,70	0,18	0,15	0,20	0,12	-0,26	0,04
	<i>Schinopsis lorentzii</i>	0,10	0,42	0,20	0,12	0,23	0,09	0,41	0,00	0,36	0,01	-0,05	0,72

Tabla 5. Coeficiente de correlación de Kendall (τ) y su significancia entre contenido de humedad (CH, %) del follaje de distintas especies y la hojarasca con humedad a dos profundidades de suelo (HS), la precipitación, la humedad relativa del aire y la velocidad del viento, 2008-2009. Campo Experimental La María, INTA EEA Santiago del Estero.

¹Precipitación caída entre fechas de muestreo.

^{2,3}Promedio entre fechas de muestreo.

presentó en las estaciones otoño 1 y verano 1 y el menor en invierno 1 y primavera 2, siendo la diferencia entre la estación más húmeda y la más seca de casi 3 veces (tabla 2). Se puede distinguir tres grupos de combustibles: los ár-

boles, los arbustos y la hojarasca, en base a la dispersión de los datos, a los promedios, a las diferencias entre los mismos y en relación al umbral de extinción. Los árboles presentaron un CH promedio mayor a los arbustos, y la

hojarasca presentó un CH promedio significativamente menor que los dos grupos funcionales anteriores (tabla 3). La mayor dispersión de los datos y el coeficiente de variación del CH se observó en los arbustos con follaje deciduo; seguidos por los árboles y la hojarasca (tablas 3 y 4, figs. 3 a 6). *Schinus spp.* presentó el mayor CH promedio y *A. furcatispina* el menor (tabla 4). *S. lorentzii*, *A. quebracho blanco* y *Z. mistol* presentaron entre sí diferencias significativas en el CH promedio de su follaje. *P. nigra* se diferenció significativamente de *S. lorentzii* (tabla 4).

En todas las especies la dinámica temporal del CH presentó una forma sinusoidal con variaciones a dos niveles de percepción: entre-estaciones, con diferencia entre la CH máxima y mínima con período anual; e intra-estacional, con períodos de oscilación entre 10-15 días (figs. 4 a 6). En los arbustos, la amplitud de oscilación entre estaciones fue mayor que en los árboles, especialmente en primavera-verano, y la declinación otoñal fue gradual en los dos grupos (figs. 4 a 6). La amplitud de oscilación en los árboles no sobrepasó el 60%, salvo en *P. nigra* (fig. 4). En la hojarasca, el rango de variación estacional de CH fue mínimo

durante el invierno 1 y el otoño 2, observándose sólo oscilaciones durante el verano 1, pero la correlación con la HS y la precipitación fue significativa (tabla 5). En arbustos las correlaciones entre el CH, la HS a 0-30 cm y 30-60 cm, la precipitación y la HR fueron significativas, pero la magnitud de los coeficientes fue baja a media, destacándose *Schinus spp.* y *Lippia turbinata* (tabla 5). En los árboles, la correlación entre el CH y los parámetros ambientales no fue significativa.

Residuos leñosos. Los factores estación climática, tamaño y especie; y las interacciones tamaño*especie fueron altamente significativos en todos los casos ($P > F = 0,0001$). El otoño 1 presentó el mayor y la primavera 2 el menor CH promedio (tabla 6). El tamaño 0,5-2,5 cm presentó el mayor CH promedio (tabla 7), superando el umbral de extinción, pero con una gran dispersión de datos. Los residuos con diámetro $> 2,5$ cm presentaron la menor variación en el CH promedio, que estuvo siempre por debajo de 30%. El combustible de diámetro $> 2,5$ cm de *S. lorentzii* y *A. quebracho blanco* presentó el mayor CH promedio y el de *A. furcatispina* el menor (tablas 8 y 9).

Estación climática	Fechas inicio/fin	CH promedio transformado ^{1,2}	Sin transformar ^{1,3}	(⁴)
O 1	13/05-12/06/2009	1177,5	39,8	a
Invierno 1	3/07-2/09/2008	1093,4	36,42	b
Prim 1	25/09-22/12/2008	975,9	33,75	c
Ver 1	6/01-17/3/2009	963,57	29,88	c
O 2	31/03-24/06/2009	750,69	21,63	d
Invierno 2	6/07-17/09/2009	552	15,39	e
Prim 2	5/10-10/11/2009	381,2	9,29	f

Tabla 6. Contenido de humedad promedio (CH, %) de residuos leñosos por estación climática. Campo Experimental La María, INTA EEA Santiago del Estero. 2008-09

Referencias: O: otoño; Ver: verano; Prim: primavera.

¹Promedios calculados por LSMEANS (SAS 2002).

²Promedio de datos transformados a rangos.

³Promedio de datos sin transformar.

⁴Medias seguidas por letras similares no son significativamente diferentes, test de Duncan.

Tamaño / Diámetro	CH promedio		Comparación de medias ⁴
	Transformado ^{1,2}	S/transformar ^{1,3}	
0,5-2,5 cm	1243,32	71,5	a
2,5-10 cm	800,97	16,31	b
>10 cm	683,84	16,2	b

Tabla 7. Contenido de humedad promedio (CH, %) de residuos leñosos muertos clasificados por tamaño. Campo Experimental 'La María', INTA EEA Santiago del Estero. 2008-09.

¹Promedios calculados por LSMEANS (SAS 2002)

²Promedio de datos transformados a rangos.

³Promedio de datos sin transformar.

⁴Medias seguidas por letras similares no son significativamente diferentes, test de Duncan.

Especies	CH promedio		Comparación de medias ⁴
	Transformado ^{1,2}	S/transformar ¹	
<i>Schinopsis lorentzii</i>	967,26	32,7	a
<i>Aspidosperma quebracho blanco</i>	963,62	27,2	a
<i>Prosopis nigra</i>	861,82	34,42	b
<i>Zizyphus mistol</i>	746,02	18,48	c
<i>Acacia furcatispina</i>	568,63	10,52	d

Tabla 8. Contenido de humedad promedio (CH, %) en residuos leñosos clasificados por especies. Campo Experimental La María, INTA EEA Santiago del Estero, 2008-09.

¹Promedios calculados por LSMEANS (SAS 2002).

²Promedio de datos transformados a rangos.

³Promedio de datos sin transformar.

⁴Medias seguidas por letras similares no son significativamente diferentes, test de Duncan.

Especies	Tamaño/Diámetro (cm)	CH	CV
<i>Prosopis nigra</i>	0,5-2,5	126,74	53,63
	2,5-10	17,14	60,82
	>10	6,63	78,90
<i>Acacia furcatispina</i>	0,5-2,5	18,34	35,84
	2,5-10	11,18	55,04
	>10	8,94	96,46
<i>Zizyphus mistol</i>	0,5-2,5	10,76	25,06
	2,5-10	12,36	64,48
	>10	25,12	106,07
<i>Aspidosperma quebracho blanco</i>	0,5-2,5	52,50	100,44
	2,5-10	17,89	89,56
	>10	20,28	94,38
<i>Schinopsis lorentzii</i>	0,5-2,5	69,45	105,56
	2,5-10	20,56	81,30
	>10	19,82	91,94

Tabla 9. Contenido de humedad promedio (CH, %) en residuos leñosos clasificados por especies y tamaños. Campo Experimental La María, INTA EEA Santiago del Estero. 2008-09. CV = coeficiente de variación.

En todas las especies los residuos de menor diámetro presentaron la mayor variación en el CH promedio, superando en general el umbral de 30%, holgadamente en el caso de *P. nigra* (figs. 7 a 11). En general, la dinámica anual del CH fue casi rectilínea con tendencia declinante durante el invierno 1 y parte de la primavera 1. La disminución del CH promedio se interrumpió durante la fase tardía de la primavera 1 y todo el verano 1, adoptando el CH en ese período una forma sinusoidal con períodos de oscilación de 10-12 días y superando algunos picos al CH inicial, específicamente en residuos de diámetro 0,5-2,5 cm de *P. nigra* y *S. lorentzii* que llegaron hasta CH = 200% (figs. 7 y 11). Durante el invierno 2 y la primavera 2, la progresión del CH adquirió nuevamente la forma rectilínea, pero la disminución del CH fue pronunciada, con magnitudes de CH \approx 1% en algunas especies y tipos de combustible (figs. 7 a

11). Dentro de este modelo general, existieron variaciones de acuerdo al tamaño y a la especie considerada. Así, *Z. mistol* siguió el patrón rectilíneo general descripto casi sin variaciones entre estaciones (fig. 9), mientras que los residuos de diámetro 0,5-2,5 cm de *S. lorentzii* y *A. quebracho blanco* presentaron grandes oscilaciones de CH durante todo el ciclo, especialmente el verano 1 (figs. 10 y 11). Los residuos con diámetro > 2,5 presentaron un CH promedio casi constante, con amplitudes de oscilación bajas comparadas con los otros tipos de combustible (figs. 7 a 11).

El CH de los residuos de diámetro 0,5-2,5 cm y 2,5-10 cm presentaron correlación significativa con la HS a profundidad 0-30 cm y 30-60 cm en algunas especies (tabla 10), pero sólo el CH de los residuos de todo tamaño de *S. lorentzii* presentaron una correlación significativa con la HS

Especies	Diámetro (cm)		hu30	hu60	pp	hmax	hmin
<i>Prosopis nigra</i>	0,5-2,5	τ	0,24	0,12	0,19	0,18	0,20
		P < F	0,07	0,36	0,15	0,15	0,13
	2,5-10	τ	0,37	0,28	0,28	0,24	0,30
		P < F	0,00	0,04	0,03	0,05	0,02
	>10	τ	0,21	0,10	0,09	0,05	0,04
		P < F	0,11	0,45	0,52	0,72	0,77
<i>Acacia furcatispina</i>	0,5-2,5	τ					
		P < F					Sin datos
	2,5-10	τ	0,41	0,24	0,19	0,35	0,45
		P < F	0,00	0,07	0,15	0,01	0,00
	>10	τ	0,20	0,20	0,09	0,25	0,23
		P < F	0,12	0,12	0,52	0,06	0,08
<i>Zizyphus mistol</i>	0,5-2,5	τ	0,43	0,14	-0,07	0,62	0,43
		P < F	0,18	0,65	0,85	0,05	0,18
	2,5-10	τ	0,24	0,20	0,16	0,30	0,41
		P < F	0,12	0,19	0,27	0,04	0,00
	>10	τ	0,18	0,24	0,03	0,06	0,07
		P < F	0,17	0,07	0,84	0,62	0,57
<i>Asidosperma quebracho-blanco</i>	0,5-2,5	τ	0,44	0,15	0,29	0,36	0,33
		P < F	0,00	0,24	0,03	0,00	0,01
	2,5-10	τ	0,25	0,19	0,03	0,15	0,18
		P < F	0,06	0,14	0,82	0,24	0,16
	>10	τ	0,20	0,27	0,09	0,11	0,13
		P < F	0,12	0,04	0,50	0,41	0,30
<i>Schinopsis lorentzii</i>	0,5-2,5	τ	0,26	0,14	0,25	0,25	0,30
		P < F	0,05	0,29	0,06	0,05	0,02
	2,5-10	τ	0,43	0,26	0,18	0,27	0,27
		P < F	0,00	0,05	0,18	0,03	0,03
	>10	τ	0,24	0,27	0,02	0,10	0,13
		P < F	0,06	0,04	0,85	0,45	0,32

Tabla 10. Coeficiente de correlación de Kendall (τ) entre el contenido de humedad promedio (CH, %) de residuos leñosos de distintas especies con: humedad de suelo a dos profundidades (%), precipitación (pp, mm), máxima y mínima humedad relativa del aire (hmax y hmin, %, respectivamente). Campo Experimental La María, INTA EEA Santiago del Estero, 2008-09. Referencias: h30, profundidad 0-30 cm; h60, profundidad 30-60 cm.

de 0-30 cm y la precipitación. En general, la magnitud del coeficiente de correlación fue mediana a baja (tabla 10).

DISCUSIÓN

Datos del CH promedio de los combustibles de especies nativas y su variación estacional existen sólo para América del Norte y Europa. En coníferas se informan rangos de CH entre 120-360% para follaje 'nuevo' y 70-150% para follaje 'viejo' (Agee *et al.*, 2002; Keyes 2006). Para arbustos vivos de los géneros *Cistus*, *Erica* y *Rosmarinus*, los rangos de CH varían entre el 40 y el 180% para verano y otoño, respectivamente (Viegas *et al.*, 2001; Chuvieco *et al.*, 2009). En este trabajo, el follaje de especies leñosas presentó un promedio de CH generalmente inferior a las magnitudes

citadas, cercano al umbral de extinción teórico y superando el 60% el CH de *P. nigra* y *Schinus spp* en verano. Estas diferencias se atribuyen a: (a) distinta composición química intrínseca de los órganos vegetales de las especies estudiadas en comparación con las coníferas y arbustos citados, (b) la composición de las muestras que involucraron una mezcla de hojas, pecíolos y ramitas de diámetro < 0,5 cm, (c) diferencias climáticas entre hemisferios, y (d) la precipitación caída durante el período de estudio (2008-2009) que fue \approx 18% menor que el promedio histórico.

En el follaje y ramitas (combustibles vivos), el CH depende de las características intrínsecas de las especies tales como actividad fisiológica/fenológica, adaptación a la falta de agua, profundidad de raíces, entre otros (Sun *et al.*, 2006; Andrews *et al.*, 2006). La baja amplitud de oscilación

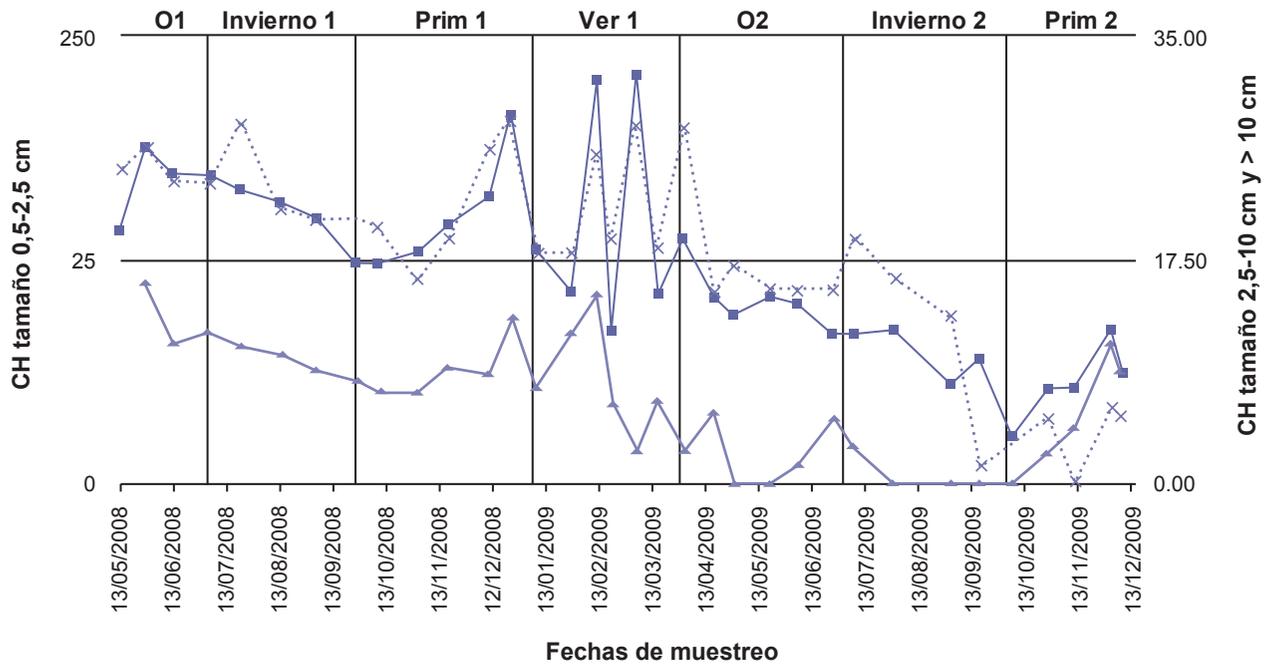


Figura 7. Dinámica estacional del CH (%) en residuos leñosos de *Prosopis nigra* clasificados por categorías de diámetro: 0,5-2,5 cm (cruces), 2,5-10 cm (cuadrados) y > 10 cm (triángulos). Campo Experimental 'La María', INTA EEA Santiago del Estero, 2008-09.

Referencias: O: otoño; Ver: verano; Prim: primavera.

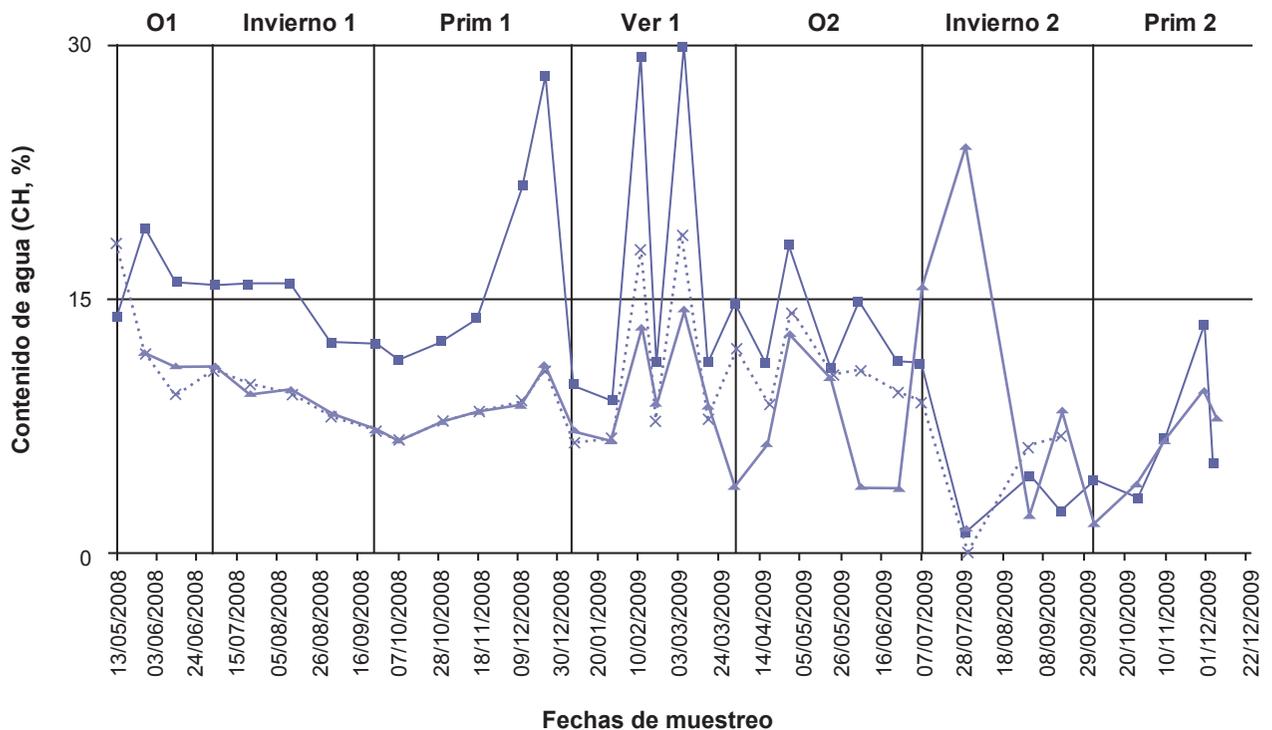


Figura 8. Dinámica estacional del CH (%) en residuos leñosos de *Acacia furcatispina* clasificados por categorías de diámetro: 0,5-2,5 cm (cruces); 2,5-10 cm (cuadrados); > 10 cm (triángulos). Campo Experimental 'La María', INTA EEA Santiago del Estero, 2008-09.

Referencias: O: otoño; Ver: verano; Prim: primavera.

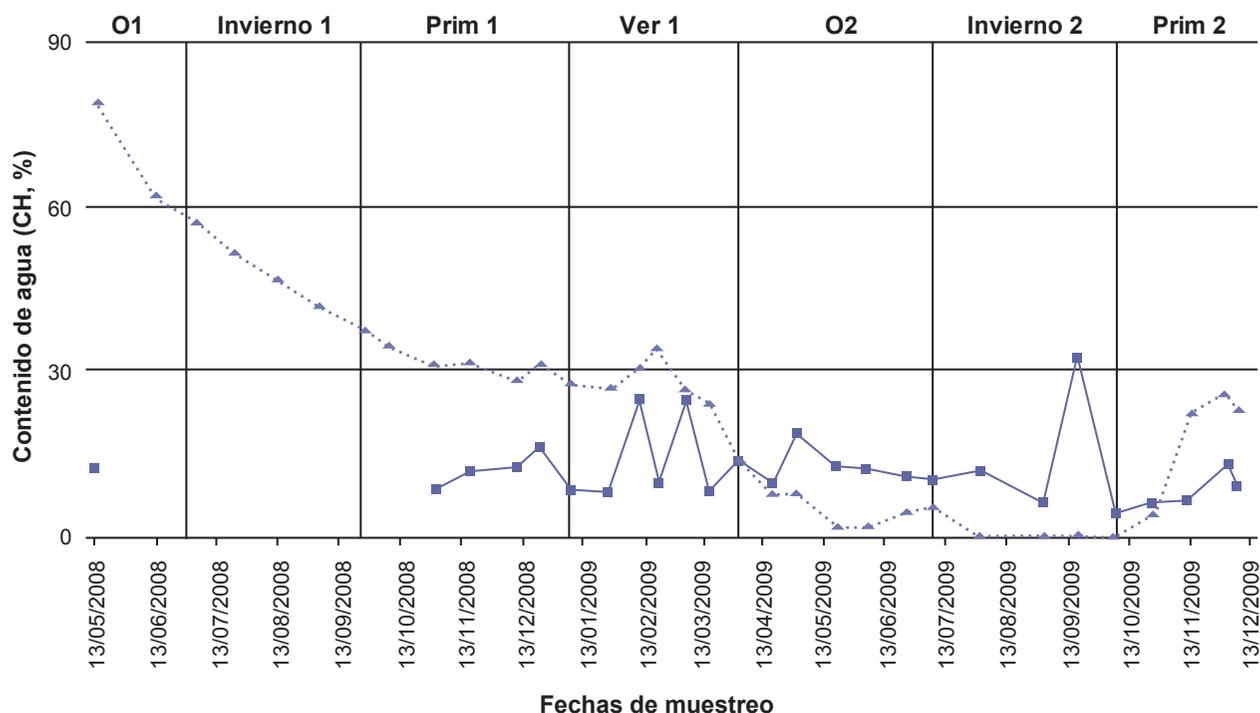


Figura 9. Dinámica estacional del CH (%) en residuos leñosos de *Zizyphus mistol*, clasificados en categorías de diámetro: 2,5-10 cm (cuadrados) y > 10 cm (triángulos). Campo Experimental 'La María', INTA EEA Santiago del Estero, 2008-09.

Referencias: O: otoño; Ver: verano; Prim: primavera.

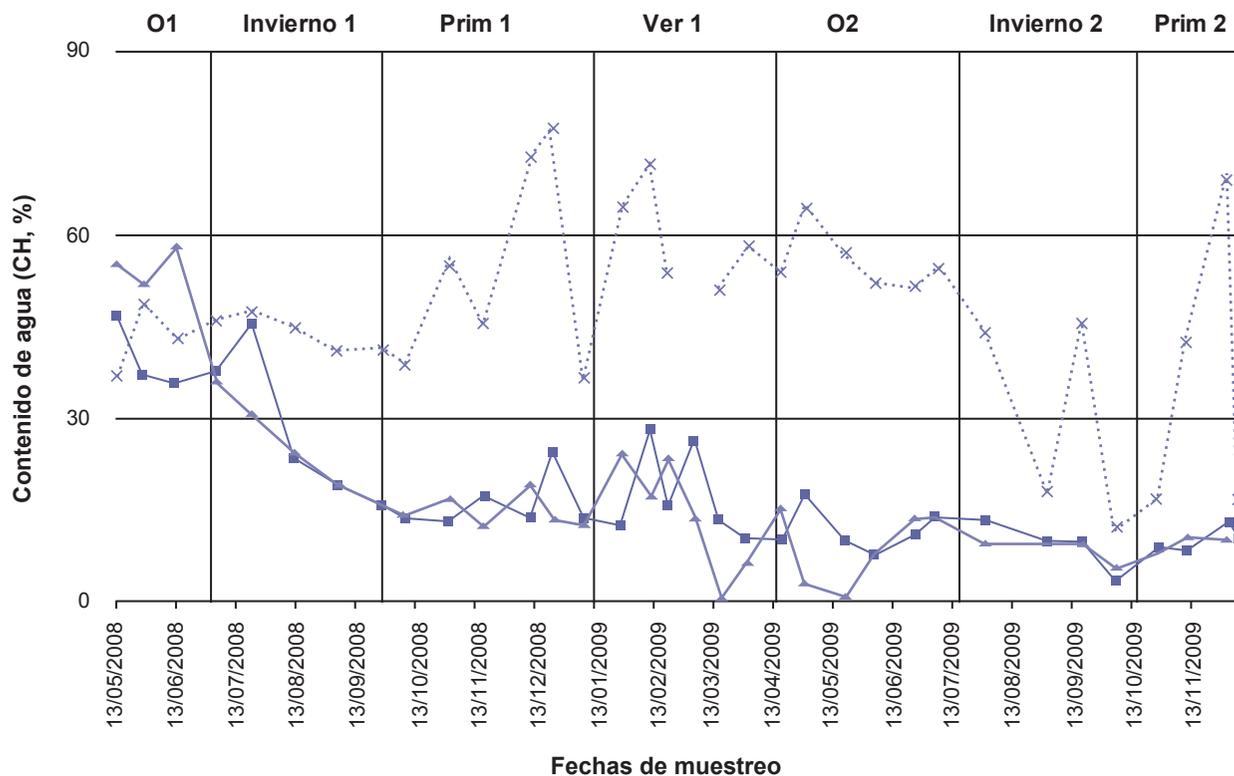


Figura 10. Dinámica estacional del CH (%) en residuos leñosos de *Aspidosperma quebracho-blanco* clasificados en categorías de diámetro: 0,5-2,5 cm (cruces); 2,5-10 cm (cuadrados) y > 10 cm (triángulos). Campo Experimental 'La María', INTA EEA Santiago del Estero, 2008-09.

Referencias: O: otoño; Ver: verano; Prim: primavera.

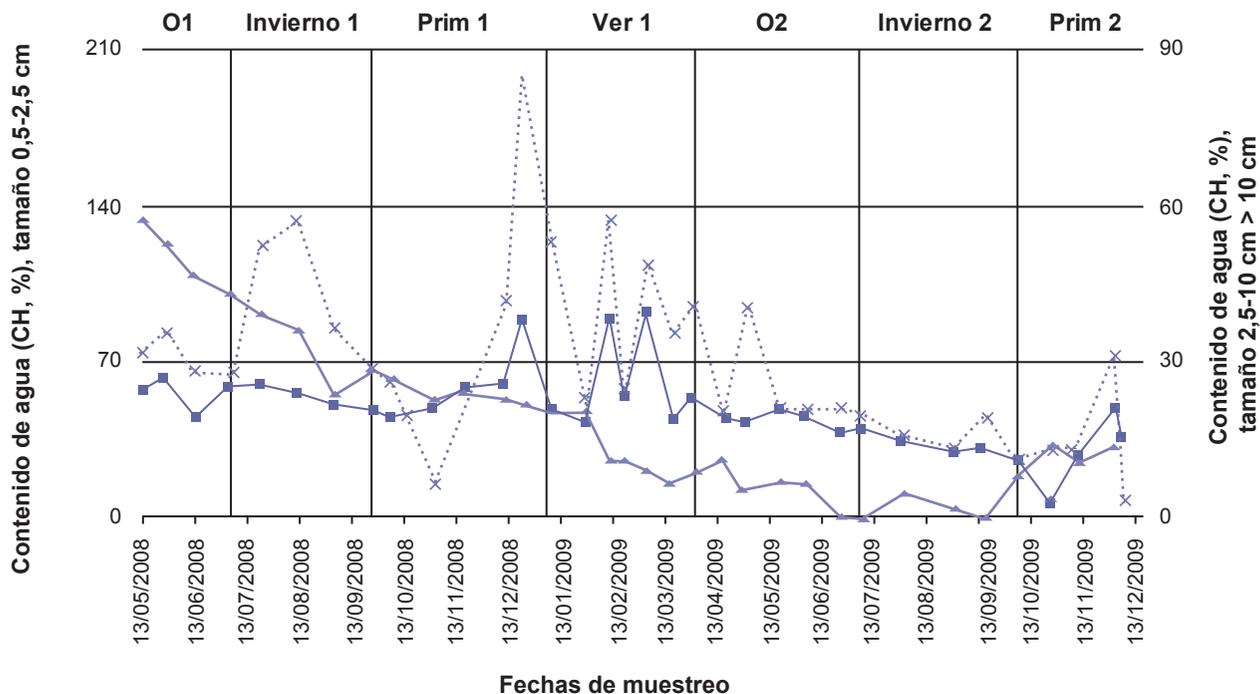


Figura 11. Dinámica estacional del CH (%) en residuos leñosos de *Schinopsis lorentzii* clasificados en categorías de diámetro: 0,5-2,5 cm (cruces); 2,5-10 cm (cuadrados); > 10 cm (triángulos), Campo Experimental ‘La María’, INTA EEA Santiago del Estero, 2008-09.

Referencias: O: otoño; Ver: verano; Prim: primavera

de la sinusoide del CH promedio a través del tiempo especialmente en los árboles; y su correlación no significativa con la HS y la precipitación en la mayoría de las especies se atribuye a que las especies leñosas del Chaco poseen raíces profundas, tejidos de protección contra la evaporación (cutículas gruesas) y por lo tanto, una mejor economía del agua que otras especies. A las diferencias intrínsecas se atribuyen también la significativa interacción estación climática*especie.

Las diferencias en la amplitud de la sinusoide del CH entre arbustos y árboles ha sido informada para otros ecosistemas (Viegas *et al.*, 2001; Alessio *et al.*, 2008; Pellizzaro *et al.*, 2006) y son consecuencia probablemente de la distinta fisiología y profundidad de exploración de las raíces.

Los hechos planteados en los párrafos anteriores sugieren una proclividad significativa al fuego de las especies leñosas nativas de la región chaqueña. Se desconoce el umbral mínimo del CH requerido para que el follaje de las especies leñosas nativas chaqueñas se encienda y se produzca ‘coronamiento’. En coníferas en el hemisferio norte, el coronamiento se presenta con un CH = 75-130% (Van Wagner, 1977; Alexander, 1988; Scott y Reinhardt, 2001). Chuvieco *et al.* (2004) emplean 105% como CH de extinción promedio para arbustos de la zona mediterránea. Estas magnitudes de CH no fueron alcanzadas por las hojas y ramones de las especies observadas.

Las observaciones empíricas indican que generalmente el fuego se propaga por las sabanas chaqueñas, encendiéndose las comunidades leñosas en circunstancias particulares,

generalmente a principios-medios de primavera (Bravo *et al.*, 2001). Tortorelli (1947) señala a *Schinus* spp. (molle) como una de las especies que actúa como ‘puente’ entre las sabanas y los bosques. Esta especie posee follaje perenne y presentó una magnitud del CH promedio alta en comparación con otras. En su inflamabilidad podría influir el contenido de sustancias volátiles típico del género (González *et al.*, 2011). La presencia de compuestos químicos puede interpretarse de varias maneras. Desde el punto de vista evolutivo, estos productos se asocian a la defensa contra herbívoros y plagas. Mutch (1970) sugiere que la alta inflamabilidad les confiere a las especies una ventaja adaptativa (hipótesis de ‘matar al vecino’, Pausas *et al.*, 2012).

En la hojarasca y residuos leñosos (combustibles muertos) la variación del CH responde a procesos físicos tales como la absorción de agua resultado del mojado por lluvia y por cambios en la humedad relativa del aire (Nelson, 2001). En la hojarasca, y en residuos de tamaño 0,5-2,5 cm de algunas especies, se observó correlación significativa entre el CH, la HS y la precipitación. La hojarasca o mantillo de origen leñoso es el combustible en donde el fuego se enciende y propaga en bosques tropicales y subtropicales (Ray *et al.*, 2005; Kunst, observación personal), aunque la carga por unidad de superficie sea escasa. El bajo CH promedio de la hojarasca para el período 2008-2009, generalmente inferior al umbral para el encendido de CH \leq 23% sugerido por Ray *et al.* (2005) para ese tipo de combustible en los bosques amazónicos, y las contadas ocasiones en que superó el umbral de extinción, sugieren que en condiciones climáticas extremas la hojarasca pue-

de propagar el fuego a otros combustibles como los pastos y arbustos en el Chaco, tal como ha sido informado para otros ecosistemas (Ray *et al.*, 2005). El consumo de la hojarasca por parte del ganado en épocas críticas (Morello y Saravia Toledo, 1959) también puede modificar el régimen de fuego, al eliminar este tipo de combustible en una época propensa al fuego.

La forma casi rectilínea de la dinámica de CH en diámetros más gruesos sugiere pérdida permanente de agua (desorción) más que un equilibrio entre absorción y desorción en estos combustibles. La falta de asociación entre la dinámica del CH de los residuos de mayor tamaño y las variables ambientales evaluadas puede atribuirse a que las maderas chaqueñas son prácticamente impermeables, debido a su alto peso específico, su composición química, y a la cobertura arbórea (sombra), que reguló el ambiente dentro del modelo 'media loma'.

La información sobre umbrales del CH de encendido y extinción en residuos leñosos de especies chaqueñas es inexistente. Para residuos de *Prosopis velutina* (mesquite), Mc Pherson y Wright (1986) informaron un CH \approx 5-6% como umbral de encendido y un umbral de extinción de CH \approx 9-10%. Residuos de coníferas (*Abies sp.*, *Pinus sp.*) se consumen en alto porcentaje con CH \approx 10-15%, pero muy poco con CH \approx 25-30% (Knapp *et al.*, 2005). Estos umbrales se alcanzaron en el segundo invierno luego de cortadas las muestras de residuos. Los resultados sugieren que los fuegos prescritos destinados a reducir la carga de combustibles (residuos) medianos y pesados del rolado debería realizarse durante el primer invierno luego del rolado, a fin de evitar excesiva liberación de energía.

Este trabajo empleó una sola localidad de muestreo, limitando la extrapolación espacial de la prevención del fuego en base a CH, pero permitiendo avanzar en detalle sobre su dinámica temporal. En ese aspecto, el patrón sinusoidal del CH observado en muchos combustibles sugiere que para su predicción es posible utilizar ecuaciones diferenciales debido a su regularidad en el tiempo (Catchpole *et al.*, 2001).

La significancia estadística de la correlación entre el CH y las variables ambientales es un índice de la fiabilidad de las predicciones del peligro de fuego cuando se usan métodos indirectos (Ruiz Gonzalez, 2004). En general, la fortaleza de las asociaciones fue media, sugiriendo que las mismas deben estudiarse con mayor detalle. Las especies más útiles como indicadoras de la variabilidad temporal por la gran magnitud entre su CH y la HS, la precipitación y especialmente con la humedad relativa del aire máxima y mínima, serían: (a) *Schinus* spp. (molle), por poseer follaje perenne y presencia en gran parte del territorio chaqueño, hecho que la haría muy útil para captar la variabilidad espacial; y (b) *Lippia turbinata* (poleo) por la gran magnitud del coeficiente de correlación.

CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS PARA EL MANEJO

El CH es un indicador de la inflamabilidad de los combustibles y, por lo tanto, su dinámica puede emplearse para

identificar épocas de aplicación de fuego prescripto y/o de riesgo de fuego accidental. La pauta general de la dinámica temporal del CH respondió a la observación empírica del ciclo invierno-verano, pero se observaron distorsiones de ese patrón general, que se deberían a factores propios de las especies, como profundidad de raíces, estacionalidad del follaje, etc., que deben tenerse en cuenta al seleccionar alguna especie como indicadora.

La magnitud, dispersión y dinámica del CH indican que en el caso del follaje de árboles y arbustos, el invierno y la primavera son las estaciones más proclives al fuego. La época menos propensa al fuego sería fines del verano y el otoño. Este resultado debe interpretarse en términos generales, ya que se presentan variaciones importantes debido a las condiciones climáticas del año, a la especie y al tipo de combustible considerado. Para los residuos leñosos, la época menos proclive al fuego es la temporada siguiente a su corte, mientras el riesgo de fuego aumenta con el tiempo, especialmente en la primavera y verano siguientes. La hojarasca fue muy dependiente de las condiciones ambientales, por ello si no hay precipitación, sería un componente importante en el incremento de la probabilidad de ignición y propagación del fuego, tal como sucede en otros ecosistemas del mundo.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el Proyecto FP6-018505 FIRE PARADOX 'An innovative approach of integrated wildland fire management regulating the wildfire problem by the wise use of fire: solving the fire paradox', European Union, 6th Framework, y por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Área Estratégica Forrajes y Pasturas, Proyecto Específico 1503 'Incremento de la productividad de pastizales naturales' 2006-2009.

BIBLIOGRAFÍA

- AGEE, J.; WRIGHT, C.; WILLIAMSON, N.; HUFF, M. 2002. Foliar moisture content of Pacific Northwest vegetation and its relation to wildland fire behavior. *Forest Ecology and Management* 67: 57-66.
- ALESSIO, G.; PEÑUELAS, J.; LLUSIA, J.; OGAYA, R.; ESTIARTE, M.; DE LILLIS, M. 2008. Influence of water and terpenes on flammability in some dominant Mediterranean species. *International Journal of Wildland Fire* 17: 274-286.
- ALEXANDER, M. 1982. Calculating and interpreting forest fire intensities. *Canadian Journal of Botany* 60: 255-265.
- ALEXANDER, M. 1988. Help with making crown fire hazard assessments. Symposium and Workshop on Protecting People and Homes from Wildfire in the Interior West, Missoula, MT, p. 147-156.
- ANDREWS, P.; ANDERSON, S.; ANDERSON, W. 2006. Evaluation of a dynamic load transfer function using grassland curing data. U. S. D. A. Forest Service Proceedings RMRS-P-41. p. 381 – 394.
- BIANCHI, L.; DEFOSSÉ, G.; DENTONI M.; KUNST, C.; LEDESMA, R.; BRAVO, S. 2013. Dinámica de la humedad de los combustibles y su relación con la ecología y manejo de fuego en la región chaqueña occidental (Argentina) I: conceptos básicos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)* 40 (2): 154-164.

- BOLETTA, P. 1988. Clima. Cap. 1, p. 7-21. En: CASAS, R. (compilador): Desmonte y habilitación de tierras en la región chaqueña semiárida. F.A.O., Santiago, Chile. 306 p.
- BRAVO, S.; KUNST, C.; GIMÉNEZ, A.; MOGLIA, G. 2001. Fire regime of a *Elionorut muticus* Spreng. savanna, western Chaco region, Argentina. *International Journal of Wildland Fire* 10: 1-8.
- BUCHER, E. 1982. Chaco and Caatinga. South American arid savannas, woodlands and thickets. p. 48-79. In: B. Huntley and B. Walker (eds): *Ecology of tropical savannas*. Ecol. Studies Vol. 42. Springer Verlag, Berlín.
- CASTRO, F.; TUDELA, A.; SEBASTIÁ, M. 2003. Modeling moisture content in shrubs to predict fire risk in Catalonia (Spain). *Agricultural and Forest Meteorology* 116: 49-59.
- CATCHPOLE, E.; CATCHPOLE, W.; VINEY, N.; McCAW, W.; MARSDEN-SMEDLEY, J. 2001. Estimating fuel response time and predicting fuel moisture content from field data. *International Journal of Wildland Fire* 10: 215-222.
- CHUVIECO, E.; AGUADO, I.; DIMITRAKOPOULOS, P. 2004. Conversion of fuel moisture values to ignition potential for integrated fire danger assessment. *Canadian Journal of Forest Research* 34: 2284-2293.
- CHUVIECO, E., GONZALEZ, I., VERDÚ, F., AGUADO, I. 2009. Prediction of fire occurrence from live fuel moisture content measurements in a Mediterranean ecosystem. *International Journal of Wildland Fire* 18: 430-441.
- CONOVER, W. 1980. *Practical nonparametric statistics*. J. Wiley and Sons, N. Y. 494 p.
- FERNANDES, P.; LOUREIRO, C.; BOTELHO, H. 2012. Piropinus: A spreadsheet application to guide prescribed burning operations in maritime pine forest. *Computers and Electronics in Agriculture* 81: 58-61.
- GONZÁLEZ, S.; GUERRA, P.; BAREN, C.; LIRA, P.; BANDONI, A. 2011. El aceite esencial de tallos y hojas de *Schinus molle* (Phil.) Johnston en el ecotono de la Patagonia, Argentina. *Dominguezia* 27: 33-39.
- HAMMER, Ø. 2013. *PAST: Paleontological Statistics. Reference Manual version 3*. Universidad de Oslo. <http://folk.uio.no/ohammer/past> (verificado: 03 de diciembre de 2013)
- KEYES, C. 2006. Foliar moisture contents of North American conifers. *USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-41*.
- KNAPP, E.; KEELEY, J.; BALLENGER, E.; BRENNAN, T. 2005. Fuel reduction and coarse woody debris dynamics with early and late season prescribed fire in a Sierra Nevada mixed conifer forest. *Forest Ecology and Management* 208: 383-397.
- KUNST, C.; BRAVO, S.; MOSCOVICH, F.; HERRERA, J.; GODOY, J.; VÉLEZ, S. 2001. Control de tusca (*Acacia aroma* Gill ap. H. et A.) mediante fuego prescripto. *Rev. Arg. Prod. Animal* 20: 199-213.
- KUNST, C.; LEDESMA, R.; CASILLO, J.; GODOY, J. 2006a. Rolados y residuos leñosos: II Dinámica del contenido de humedad de combustibles de origen leñoso. *CIEFAP, Actas Ecofuego* 217-219.
- KUNST, C., MONTI, E., PÉREZ, H., GODOY, J. 2006b. Assessment of the rangelands of southwestern Santiago del Estero, Argentina, for grazing management and research. *Journal of Environmental Management* 80: 248-265.
- MATT DAVIES, G.; LEGG, C. 2011. Fuel moisture thresholds in the flammability of *Calluna vulgaris*. *Fire Technology* 47: 421-436.
- MCPHERSON, G.; WRIGHT, H. 1986. Threshold requirements for burning downed honey mesquite. *Journal of Range Management* 39: 327-330.
- MORELLO, J.; SARAVIA TOLEDO, C. 1959. El bosque chaqueño I y II. *Rev. Agronómica del Noroeste Argentino*, 3: 5-81/209-258.
- MUTCH, R. 1970. Wildland fires and ecosystems—a hypothesis. *Ecology* 51: 1046-1051.
- NELSON, R. 2001. Water relations of forest fuels. Cap. 4, 79-149. En: JOHNSON, E.; MIYANISHI, K.: *Forest fires: behavior and ecological effects*. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- PAUSAS, J.; MOREIRA, B. 2012. Flammability as a biological concept. *New Phytologist* 194: 610-613.
- PELLIZZARO, G.; CESARACCIO, C.; DUCE, P.; VENTURA, A.; ZARA, P. 2006. Influence of seasonal weather variations and vegetative cycle on livemoisture content and ignitability in Mediterranean maquis species. http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30581342/pellizzaro_et_al_italy.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1385645367&Signature=9xbCSY1WU%2B5aFOnAxproUs9lff4%3D&response-content-disposition=inline. (Verificado: 03 de diciembre de 2013)
- RAMSEY, F.; SCHAFFER, D. 2002. *The statistical sleuth. Duxbury*—Thomson Learning, CA, USA, 742 p.
- RAY, D.; NEPSTAD, D.; MOUTINHO, P. 2005. Micrometeorological and canopy controls of fire susceptibility in a forested Amazon landscape. *Ecological Applications* 15: 1664-1678.
- ROTHERMEL, R. 1983. How to predict the spread and intensity of forest and range fires. United States Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, General Technical Report INT-143.
- ROTHERMEL, R.; WILSON, R.; MORRIS, G.; SACKETT, S. 1986. Modeling moisture content of fine dead wildland fuels: input to the BEHAVE fire prediction system. US Dept. of Agriculture, Forest Service, Research Paper INT-359 Intermountain Research Station Ogden, UT.
- RUIZ GONZALEZ, A. 2004. La predicción de la humedad en los restos forestales combustibles; aplicación a masas arboladas en Galicia. Tesis Doctorado, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela de Ingenieros de Montes. 440 p. <http://oa.upm.es/302/> (Verificado: 04 de diciembre de 2013)
- SAS. 1998. Release 6.12 Edition. SAS Institute Inc. Cary, N. C.
- SCHROEDER, M.; BUCK, C. 1970. *Fire weather*. US Dept. of Agriculture, Agriculture Handbook N.º 70. 230 pp.
- SCOTT, J.; REINHARDT, E. 2001. Assessing crown fire potential by linking models of surface and crown fire behavior. *USDA Forest Service Research Paper RMRS-RP-29*.
- SULLIVAN, A. 2010. Grassland fire management in future climate. Cap. 5, p. 173-208. *Advances in Agronomy* 106. Elsevier.
- SUN, L.; ZHOU, X.; MAHALINGHAM, S.; WEISE, D. 2006. Comparison of burning characteristics of live and dead chaparral fuels. *Combustion and Flame* 144: 349-359.
- TORTORELLI, L. 1947. Los incendios de bosques en la Argentina. Ministerio de Agricultura, Dirección Forestal, Buenos Aires, 238 p.
- VAN WAGNER, C. 1977. Conditions for the start and spread of crown fire. *Canadian Journal of Forestry Research* 7: 23-34
- VIEGAS, D.; PIÑOL, J.; VIEGAS, M.; OGAYA, R. 2001. Estimating live fine fuels moisture content using meteorologically-based indexes. *International Journal of Wildland Fire* 10: 223-240.
- WITTICH, K. 2011. Phenological observations of grass curing in Germany. *International Journal of Biometeorology* 55: 313-318.
- ZAR, J. 1999. *Biostatistical analysis*. 4th Edition, Prentice Hall, N. J.

Nivel de daño económico de *Armadillidium vulgare* (Latreille, 1804) (Crustacea: Isopoda) en el cultivo de girasol

FABERI, A.J.¹; CLEMENTE, N.L.¹; MANETTI, P.L.¹; LÓPEZ, A.N.¹

RESUMEN

La función de daño es el parámetro fundamental del modelo de Nivel de Daño Económico (NDE). Los objetivos fueron: evaluar los perjuicios de *Armadillidium vulgare* en el cultivo de girasol y determinar la función de daño en el cultivo para poder estimar el NDE. Las evaluaciones se realizaron en tres ciclos agrícolas según un diseño en bloques completos aleatorizados con cinco repeticiones. Se sembraron ocho semillas de girasol y se infestaron con: 0 (testigo), 20, 40, 60, 80 y 120 individuos m⁻² de *A. vulgare* en parcelas de 1m². Se evaluaron los perjuicios en hipocótilo y cotiledones, número de plantas m⁻² y el rendimiento. Se calcularon las funciones de daño (regresión entre la densidad de *A. vulgare* y la proporción de pérdida de rendimiento). Se observaron diferencias en la proporción de plantas con perjuicios severos en el hipocótilo entre las densidades de *A. vulgare*. Esta categoría de perjuicio se correlacionó con la densidad de *A. vulgare*, con el número de plantas m⁻² y con el rendimiento. Las funciones de daño representaron una proporción de pérdida de rendimiento de 0,0033 (R²= 0,64), 0,0023 (R²= 0,49) y 0,0048 (R²= 0,71) por individuo por metro cuadrado para los tres ciclos agrícolas, respectivamente. Cuando se combinaron todos los datos ésta fue de 0,0034 (R²= 0,59). Considerando valores económicos promedio, los NDE de *A. vulgare* en el cultivo de girasol variaron entre 22 y 81 individuos m⁻². Teniendo en cuenta los coeficientes de determinación y que *A. vulgare* tiene hábitos alimenticios variables, la función de daño de 0,0033 es recomendable en el cálculo de NDE de *A. vulgare* en girasol.

Palabras clave: Bicho bolita, Función de daño, Siembra directa, Manejo integrado de plagas.

ABSTRACT

Damage function is the parameter of Economic Injury Level model (EIL). The aims were: evaluate the injury of *Armadillidium vulgare* in the sunflower crop and determine the damage function in the crop for estimating EIL. The study was done in three agricultural cycles. Assessments were conducted in three agricultural cycles according randomized complete blocks design with five replicates. Eight sunflower seeds were sown and were infested with: 0 (control), 20, 40, 60, 80 y 120 individuals m⁻² of *A. vulgare* in 1 m² plot. Injury on hypocotil and cotyledons, number of plants per square meter and yield were evaluated. Damage functions were calculated (*A. vulgare* density and yield loss proportion regression). Differences in the proportion of plants with severe injury were observed among *A. vulgare* densities. This category of injury was correlated with *A. vulgare* density, with the number of plant per square meter and with yield. Damage functions represented a proportion of yield loss of 0.0033 (R²= 0.64), 0.0023 (R²= 0.49) and 0.0048 (R²= 0.71) for *A. vulgare* individual by square meter in three agricultural cycles. When all data were combined this was 0.0035 (R²= 0.59). Considering mean market

¹Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP – EEA Balcarce, INTA (Unidad Integrada Balcarce). Ruta 226 km 73,5, Balcarce, Buenos Aires, Argentina CP: 7620. Correo electrónico: ajfaberi@hotmail.com

values, the EIL of *A. vulgare* in sunflower crop ranged from 22 to 81 individuals m^{-2} . Taking into account the determination coefficients and that *A. vulgare* has variable eating habits the 0.0033 damage function is recommended to determine EIL of *A. vulgare* in sunflower crop.

Keywords: Damage function, No tillage, Integrated Pest Management, Pill bugs.

INTRODUCCIÓN

En la Argentina, se produjo un proceso de “agriculturización” que implicó un uso más intensivo del suelo y la aplicación de prácticas de manejo no adecuadas (Manuel-Navarrete *et al.*, 2005). Estos factores produjeron signos de degradación por la alteración de las propiedades físico-químicas del suelo y la exposición a la erosión (Lal *et al.*, 2007). La Siembra Directa (SD) se adoptó como alternativa de la labranza convencional para mejorar las condiciones físico-químicas del suelo y protegerlo de los efectos erosivos. La SD se caracteriza por la ausencia de remoción del suelo y por la acumulación de los residuos de los cultivos sobre su superficie. La cobertura de materia seca protege al suelo de los efectos erosivos, amortigua la pérdida de agua y las variaciones extremas de temperatura (Dominguez *et al.*, 2005).

Armadillidium vulgare (Latreille, 1884) (Crustacea: Isopoda), es susceptible a la sequía y posee escasa capacidad para penetrar en el suelo. La SD ha originado condiciones que favorecen su desarrollo y reproducción (Wolters y Ekschmitt, 1997; Faberi *et al.*, 2011). Por un lado, la ausencia de labranzas evita la eliminación directa de los individuos y la destrucción del hábitat en las capas superficiales. Por otro lado, la cobertura de materia seca genera un ambiente que permanece húmedo, con baja amplitud térmica y proporciona alimento y refugio (Wolters y Ekschmitt, 1997). Las poblaciones de *A. vulgare* han aumentado en sistemas bajo SD y han cambiado su hábito alimenticio de detritívoros a fitófagos y los ha convertido en plagas en las etapas iniciales de girasol, soja y colza en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Entre Ríos (Trumper y Linares, 1999; Saluso, 2004; Villarino *et al.*, 2012).

La estrategia de manejo más efectiva y utilizada para el control de *A. vulgare* es el control químico (Villarino *et al.*, 2012). En el contexto del manejo integrado de plagas es necesario evaluar la abundancia del organismo antagonista para utilizar los plaguicidas racionalmente, minimizando los efectos adversos de su uso (Pedigo y Higley, 1996; Kogan, 1998; Brewer y Goodell, 2012). Por ello, se introdujo el concepto de Nivel de Daño Económico (NDE) para estimar la abundancia de la especie antagonista que causa perjuicio económico y que justifica aplicar una medida de control (Higley y Pedigo, 1996). El NDE es un concepto que involucra parámetros económicos y biológicos. Estos últimos incluyen la función de daño, que es la relación entre la densidad de la especie antagonista (los perjuicios que

ocasionan) y la pérdida de rendimiento del cultivo (Higley y Peterson, 1996; Brewer y Goodell, 2012). La función de daño requiere de una determinación empírica y es el parámetro fundamental del modelo de NDE (Higley y Peterson, 1996; Trumper, 2001; Brewer y Goodell, 2012). Los objetivos fueron: i) evaluar los perjuicios de diferentes densidades de *A. vulgare* en el cultivo de girasol y ii) determinar la función de daño para estimar los NDE de *A. vulgare* en el cultivo de girasol.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los ciclos agrícolas 1: 2009/10, 2: 2010/11 y 3: 2011/12 en lotes ubicados en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Balcarce del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Los lotes se seleccionaron teniendo en cuenta la rotación para evitar la presencia de inoculo de enfermedades típicas del cultivo y se revisaron previamente y durante el desarrollo de los cultivos para verificar la ausencia de organismos fitófagos. La información agrometeorológica se obtuvo de la estación meteorológica de la EEA. Antes de la siembra de cada cultivo se determinó la humedad inicial del suelo mediante el método gravimétrico (p/p) y se agregó agua para tener una condición de humedad de capacidad de campo a la siembra.

Se recolectaron individuos adultos de *A. vulgare* en la EEA. Los individuos se mantuvieron en recipientes de plástico con una base de yeso de París, para mantener un ambiente húmedo y se llevaron a una cámara de cría a $20 \pm 2^\circ C$ y 16L:8O. Los individuos se pesaron en una balanza analítica electrónica (precisión=0,001 g) y se seleccionaron aquellos con una masa corporal entre 26 y 80 mg.

Cada Unidad Experimental (UE) consistió en un marco de chapa de $1m^2$ y 0,30 m de altura, de los cuales 0,10 m se enterraron en el suelo. Los bordes superiores se pincelaron con grasa de litio para evitar la migración de los individuos. En cada UE se sembraron manualmente 8 semillas de girasol (cv. Aconcagua, ciclo intermedio, poder y energía germinativa mayor a 95%). La siembra se realizó en la segunda quincena de noviembre de cada año. Luego de la siembra se colocaron 600 g de residuos de cosecha de trigo en cada UE. El día posterior a la siembra se aplicaron los tratamientos que consistieron en infestaciones artificiales de *A. vulgare* con: 0 (testigo), 20, 40, 60, 80 y 120 individuos m^{-2} , que se mantuvieron en cada UE durante todo el ciclo del cultivo. El control de malezas se realizó manual-

mente dentro y fuera de cada UE. Las UE se dispusieron siguiendo un diseño en bloques completos aleatorizados, perpendiculares a la pendiente, con 5 repeticiones.

Se evaluó el consumo del hipocótilo y de los cotiledones por *A. vulgare* en el período de emergencia hasta el estado de tercer par de hojas verdaderas desarrolladas. Los perjuicios en hipocótilo fueron categorizados como: leves (consumo superficial), moderados (menos de 50% del diámetro de hipocótilo consumido) y severos (más del 50% del diámetro de hipocótilo consumido). Se consideraron plantas con perjuicio en los cotiledones cuando presentaron un consumo mayor al 25%. En el estado de tercer par de hojas se contó el número de plantas m². En la madurez de cosecha (primera quincena de marzo), se estimó el rendimiento: peso de los frutos en gramos (*y*) en función del diámetro del capítulo en centímetros (*x*) (Pereyra y Farizo, 1979):

$$y = 0,20x^2 + 1,07x - 14,53$$

La proporción de plantas en cada categoría de perjuicio, el número de plantas m² y el rendimiento del cultivo se analizaron mediante análisis de varianza previa validación del supuesto de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Los promedios de cada tratamiento se compararon mediante la prueba de mínimas diferencias significativas ($\alpha=0,05$). Las correlaciones entre la densidad de *A. vulgare*, la proporción de plantas en cada categoría de perjuicio, el número de plantas m² y el rendimiento se calcularon mediante el coeficientes de correlación de Pearson. Los análisis se realizaron con el programa R 2.15.1 (R Development Core Team, 2012).

La proporción de pérdida de rendimiento (PPR) de girasol se calculó como:

$$PPR = (R_{pt} - R_{Av}) / R_{pt}$$

Donde,

R_{pt}: rendimiento promedio de girasol (g m²) en el tratamiento testigo

R_{Av}: rendimiento de girasol (g m²) en las parcelas con presencia de *A. vulgare*

La función de daño se estimó mediante análisis de regresión entre la PPR y las densidades de *A. vulgare* utilizando el programa R 2.15.1 (R Development Core Team, 2012).

Los NDE se calcularon mediante el modelo de Pedigo *et al.* (1986):

$$NDE = C / (VDK)$$

Donde,

C: costos de monitoreo + plaguicida + aplicación, por unidad de producción (u\$ ha⁻¹)

V: valor de mercado por unidad de producción (u\$ ha⁻¹)

D: pendiente de la recta de la función de daño (proporción de pérdida (ind. m²)⁻¹)

K: eficacia de control del plaguicida (proporción)

El parámetro C se estimó con valores actuales de mercado. Para estimar V se utilizaron datos promedio (período

2008-2012) de precio y de rendimiento del cultivo de girasol (ASAGIR, 2012; MINAGRI, 2012). Para K se consideró la eficacia de control de 3 a 5 kg ha⁻¹ de cebos tóxicos formulados con carbaryl al 8% aplicados sobre la superficie del suelo (Villarino *et al.*, 2012).

RESULTADOS

La temperatura promedio fue similar, tanto entre los años, como entre los ciclos agrícolas. Hídricamente, las condiciones más favorables se observaron en 2010 y el ciclo agrícola 2, cuando se registraron las precipitaciones máximas y las evapotranspiraciones mínimas (tabla 1).

Se observaron diferencias en la categoría de perjuicios severos en el hipocótilo (tabla 2). En el ciclo agrícola 2 se observó mayor cantidad de plantas con perjuicios severos con respecto al testigo sólo con 120 individuos m². En el ciclo 1, se observaron los mismos resultados con 60 y 120 individuos m², mientras que en el ciclo 3, se observaron a partir de densidades de 60 individuos m².

En los ciclos agrícolas 1 y 2, la proporción de plantas con perjuicio en los cotiledones por *A. vulgare* fue mayor con respecto al testigo en todas las densidades evaluadas ($p < 0,05$), excepto con 120 individuos m² en el ciclo 2 ($p > 0,05$). No se hallaron diferencias en el ciclo 3 ($p > 0,05$) (tabla 2).

La proporción total de plantas con perjuicios, fue similar entre las diferentes densidades de *A. vulgare* ($p > 0,05$) y mayor con respecto al testigo en los 3 ciclos agrícolas ($p < 0,05$) (tabla 2).

En los 3 ciclos agrícolas, el número de plantas m² fue menor con la densidad de 120 individuos m² con respecto al testigo ($p < 0,05$). Resultados similares se observaron con 60 individuos m² en el ciclo 1 y 80 individuos m² en el ciclo 3. Además, el número de plantas fue menor con 120 individuos m² con respecto a las densidades de 20 y 40 individuos m² en el ciclo 2 y con respecto a 40 y 80 individuos m² en el ciclo 1 ($p < 0,05$) (tabla 2).

El rendimiento disminuyó con el aumento de la densidad de *A. vulgare* en el ciclo agrícola 3, hallándose diferencias significativas entre el testigo y 60, 80 y 120 individuos m².

	Año ^a			Ciclo agrícola ^b		
	2009	2010	2011	1	2	3
Temperatura (°C)	15,0	14,7	14,9	16,3	16,1	18,0
Precipitaciones (mm)	739	931	759	469	530	452
Evapotranspiración (mm)	1112	1016	1062	790	766	807

Tabla 1. Variables agrometeorológicas registradas en tres años y en tres ciclos agrícolas.

^adatos registrados desde el 1 de enero al 31 de diciembre de cada año.

^bdatos registrados desde el mes anterior a la siembra (agosto) hasta antes de la cosecha (28 de febrero) de cada cultivo.

Tratamiento (ind. m ²)	Ciclo agrícola														
	2009/10					2010/11					2011/12				
	Proporción de plantas dañadas					Proporción de plantas dañadas					Proporción de plantas dañadas				
	Hipocótilo			C	T	Hipocótilo			C	T	Hipocótilo			C	T
L	M	Se	L			M	Se	L			M	Se			
0 (testigo)	0,00 a	0,00 a	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 a	0,00 a	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 a	0,00 a	0,00 b	0,00 a	0,00 b
20*	-	-	-	-	-	0,00 a	0,08 a	0,13 ab	0,37 a	0,50 a	0,00 a	0,04 a	0,21 ab	0,14 a	0,39 a
40	0,18 a	0,09 a	0,11 ab	0,33 a	0,71 a	0,00 a	0,00 a	0,10 ab	0,32 a	0,50 a	0,03 a	0,04 a	0,23 ab	0,14 a	0,43 a
60	0,03 a	0,03 a	0,22 a	0,46 a	0,74 a	0,00 a	0,00 a	0,15 ab	0,40 a	0,55 a	0,00 a	0,06 a	0,35 a	0,07 a	0,48 a
80	0,08 a	0,15 a	0,15 ab	0,4 a	0,78 a	0,00 a	0,00 a	0,13 ab	0,32 a	0,45 a	0,00 a	0,09 a	0,53 a	0,13 a	0,75 a
120	0,07 a	0,07 a	0,31 a	0,31 a	0,76 a	0,00 a	0,00 a	0,26 a	0,20 ab	0,46 a	0,00 a	0,00 a	0,53 a	0,22 a	0,75 a

Tabla 2. Proporción de plantas con perjuicios, número de plantas m² (NP) y rendimiento (R) de girasol con diferentes densidades de *Armadillidium vulgare* en tres ciclos agrícolas. L: Leve, M: Moderado, Se: Severo, C: Cotiledones, T: Total. Promedios seguidos por letras iguales en la misma columna no difieren significativamente entre tratamientos según la prueba de Mínimas Diferencias Significativas (p > 0,05).

* Tratamiento eliminado en el ciclo agrícola 1.

	Ciclo agrícola								
	1			2			3		
	PSH	NP	R	PSH	NP	R	PSH	NP	R
NP	-0,77**			-0,94**			-0,94**		
R	-0,61**	0,68**		-0,38*	0,34		-0,88**	0,81**	
DAv	0,54**	-0,57**	-0,53**	0,50**	-0,57**	-0,25	0,67**	-0,60**	-0,62**

Tabla 3. Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables: perjuicios severos en el hipocótilo (PSH), número de plantas m² (NP), rendimiento (R) y densidad de *Armadillidium vulgare* (DAv). * (p < 0,05), ** (p < 0,01).

En el ciclo 1, se observaron resultados similares sólo con 120 individuos m² (p < 0,05), mientras que en el ciclo 2 no se hallaron diferencias (p > 0,05) (tabla 2).

Los perjuicios leves y moderados en hipocótilo y los perjuicios en cotiledones, no estuvieron correlacionados con el número de plantas m², ni con el rendimiento, ni con la densidad de *A. vulgare* por metro cuadrado (p > 0,05). En los 3 ciclos agrícolas, la proporción de plantas con perjuicios severos en hipocótilo estuvo positivamente correlacionada con la densidad de *A. vulgare*. La proporción de perjuicios severos se correlacionó negativamente con el número de plantas m² y con el rendimiento. También se observó una correlación negativa entre la densidad de *A. vulgare* y el número de plantas m² y con el rendimiento (tabla 3).

En la figura 1 se muestran las funciones de daño (p < 0,05). Se estimó que cada individuo de *A. vulgare* por metro cuadrado redujo el rendimiento de girasol en una proporción de 0,0033; 0,0023; 0,0048 y 0,0034 en los ciclos agrícolas 1, 2 y 3 y para el conjunto de datos totales, res-

pectivamente. Considerando un nivel del 95% de confianza en las estimaciones, las pendientes variaron entre 0,0021 y 0,0045 en el ciclo 1; de 0,0013 a 0,0033 en el ciclo 2; de 0,0033 a 0,0063 en el ciclo 3 y entre 0,0027 y 0,0041 para el conjunto de datos totales.

Considerando las funciones de daño halladas (D), los parámetros económicos como fijos (C y V) y dos escenarios de eficacia de plaguicida (K) se calcularon NDE (tabla 4).

DISCUSIÓN

La temperatura media anual en los tres años de estudio fue mayor respecto a los 13° C que indica la serie histórica 1970-2000. Desde el punto de vista hídrico, la serie indica un promedio de 928 mm de lluvia anuales, similar a lo registrado en 2010 y superior a lo registrado durante 2009 y 2011.

La proporción de plantas con perjuicios severos en hipocótilo fue la categoría de perjuicio más afectada por el

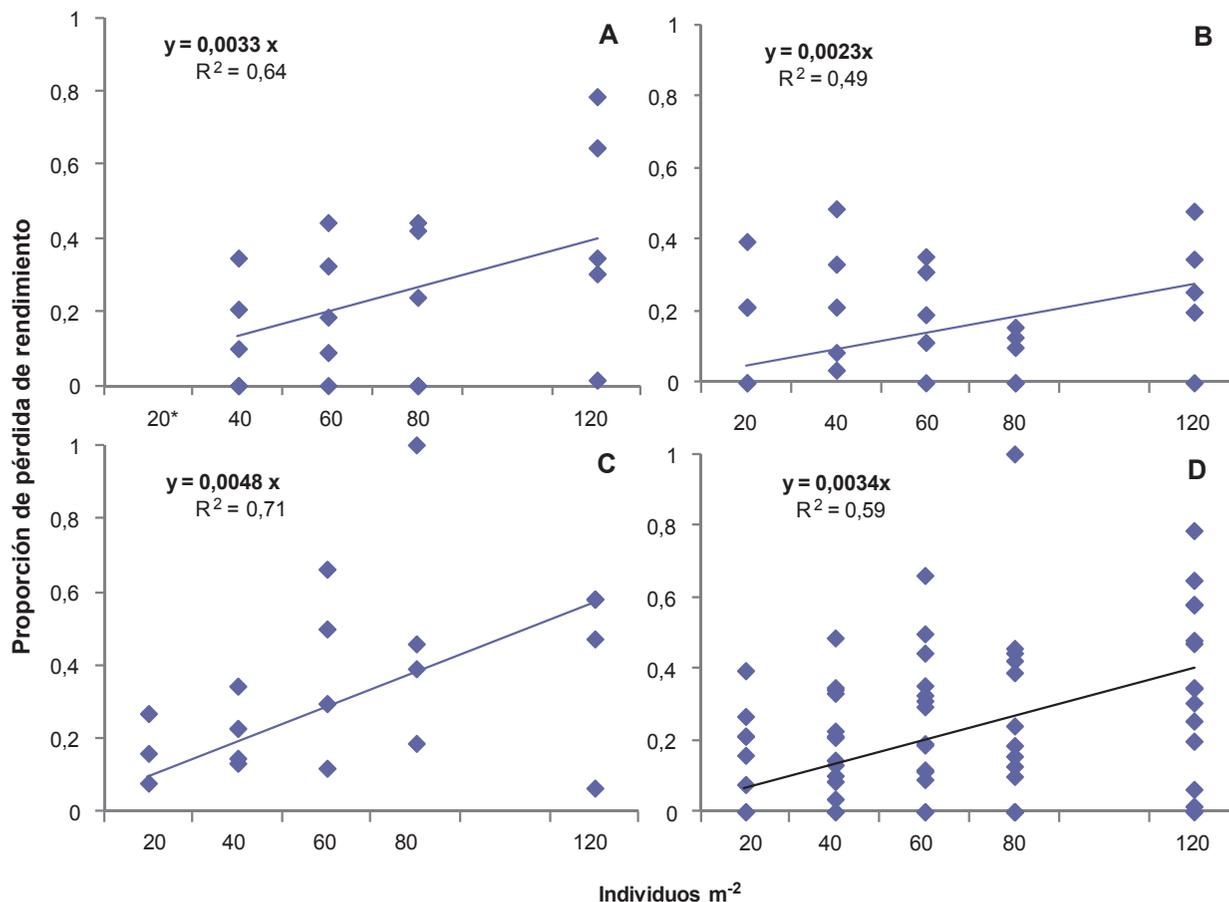


Figura 1. Funciones de daño de *Armadillidium vulgare* en el cultivo de girasol en A: ciclo agrícola 1, B: ciclo agrícola 2, C: ciclo agrícola 3 y D: para los datos combinados de los tres ciclos agrícolas.

		Ciclo agrícola			Datos combinados	
		1	2	3		
		D (proporción)				
		0,0033	0,0023	0,0048	0,0034	
C (u\$s ha ⁻¹)	V (u\$s ha ⁻¹)	K (proporción)				
37	395	Nivel de daño económico (individuos m ⁻²)				
		0,50	57	81	39	55
		0,90	32	45	22	31

Tabla 4. Niveles de daño económico de *Armadillidium vulgare* en el cultivo de girasol. C: costos de control químico, V: valor de mercado del girasol (incluye precio y rendimiento promedio de 2008 a 2012), K: Eficacia de control del plaguicida (proporción), D: función de daño (proporción de pérdida de rendimiento).

incremento de la densidad de *A. vulgare*, observándose las mayores diferencias en los dos ciclos agrícolas con menores precipitaciones. En dichos ciclos se registró una mayor cantidad de perjuicios severos en hipocótilo con densidades de 60 individuos m², y superiores, respecto al testigo. En el cultivo de soja, se observaron resultados similares con densidades de 160 individuos m² (Saluso, 2004).

Armadillidium vulgare es detritívoro y ocasionalmente fitófago (Warburg, 1993), pudiendo comportarse como fitófa-

ga cuando las poblaciones aumentan su densidad y existe competencia intraespecífica (Trumper, 2002). Por ello es difícil predecir cuál es la densidad mínima que puede ocasionar perjuicios a los cultivos. También debe considerarse el tamaño corporal, en este estudio se utilizaron individuos de más de 26 mg, según Faberi (2010) en los muestreos previos a la siembra de girasol puede hallarse hasta un 30% de individuos de menos de 25 mg. Estos individuos no ocasionan prácticamente daños en el cultivo (Faberi et

al., 2010) y su consideración durante el muestreo, sobreestimaría la cantidad de organismos que realmente causan un perjuicio económico.

La categoría de perjuicios severos en hipocótilo fue la única que estuvo correlacionada en forma positiva con la densidad de *A. vulgare* en los tres ciclos agrícolas. A su vez, también estuvo correlacionada en forma negativa, y con coeficientes elevados, con el número de plantas m⁻². Este número constituye uno de los componentes del rendimiento del girasol y queda determinado en la etapa siembra-emergencia del cultivo (Aguirrezábal *et al.*, 1996). Sin embargo, el cultivo posee plasticidad reproductiva, compensando la disminución del número de plantas con el aumento de frutos por planta y con el peso de los frutos (Vega y Andrade, 2002). Estos mecanismos pueden explicar la ausencia de diferencias en el rendimiento de girasol con diferentes densidades de *A. vulgare* observadas en el ciclo agrícola 2 en el cual se registró la mayor cantidad de precipitaciones. Resumiendo, el aumento de la densidad de *A. vulgare* influye sobre el rendimiento del cultivo a través del incremento en perjuicios severos en el hipocótilo. Las correlaciones fueron más importantes y acentuadas en los ciclos agrícolas con menores precipitaciones.

La función de daño es el principal componente del modelo de NDE (Higley y Peterson, 1996; Brewer y Goodell, 2012). Cuando se dispone de la función de daño, los NDE pueden calcularse para cualquier combinación de precio de producción, costos de aplicación y eficacia de control (Trumper, 2001). No obstante, es difícil establecer una única función debido a que es influenciada por el ambiente (Higley y Peterson, 1996) y entre los ciclos agrícolas la respuesta del cultivo a los perjuicios puede ser diferente (Pedigo *et al.*, 1986). Se ajustaron funciones de daño diferentes en los tres ciclos agrícolas, lográndose los mejores ajustes de regresión en aquellos ciclos agrícolas más restrictivos desde el punto de vista hídrico. Dichas funciones representaron situaciones donde la PPR de girasol por individuo de *A. vulgare* fue intermedia (0,0033) y alta (0,0048). Al considerar los datos de todos los ciclos agrícolas para estimar la función de daño, se obtuvo un valor (0,0034) próximo al del ciclo agrícola 1. Para una especie que no es estrictamente fitófaga, como *A. vulgare*, los valores intermedios de función de daño obtenidos pueden ser adecuados para explicar la relación entre la densidad de dicha especie y la pérdida de rendimiento del cultivo.

Los restantes parámetros utilizados en la ecuación del NDE, si bien pueden variar en distintos años, son conocidos por asesores técnicos y/o productores (Peterson y Hunt, 2003; Naranjo *et al.*, 1996). Al integrar estos parámetros con la eficacia de los tratamientos químicos y con la función de daño, los NDE se pueden calcular y utilizar como una herramienta de ayuda en la toma de decisiones de control. Adicionalmente, la distribución en forma agregada de *A. vulgare* en los lotes (Larsen *et al.*, 2007) permite tomar medidas de control solamente en los sitios que superen el NDE, minimizando el uso de plaguicidas.

CONCLUSIONES

La función de daño de *A. vulgare* en el cultivo de girasol que indica una PPR de 0,0033 por individuo m⁻² es recomendable para esta especie de hábitos alimenticios variables. Los asesores técnicos/productores que deseen ser más preventivos o cuando prevean años relativamente secos, deberán utilizar el valor de función de daño más elevado (0,0048).

Para lograr ajustar una única función de daño con mayor precisión, es necesario realizar estudios que incluyan diferentes tamaños corporales de la especie, diferentes híbridos de girasol y diferentes condiciones agrometeorológicas.

AGRADECIMIENTOS

Financiado por proyecto AGR328/10, UNMdP.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRREZÁBAL, L.; ORIOLI, G.; HERNÁNDEZ, L.; PEREYRA, V.; MIRAVÉ, J.P. 1996. Girasol, aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento. Offset Vega. 127 p.
- ASAGIR. 2011. Asociación Argentina de Girasol. Informe económico de girasol. Buenos rindes y mejores precios. http://www.asagir.org.ar/asagir2008/news_detail.asp?id=251, (verificado: 28 de febrero de 2013).
- BREWER, M.J.; GOODELL, P.B. 2012. Approaches and incentives to implement integrated pest management that addresses regional and environmental issues. *Annu. Rev. Entomol.* 57: 41-59.
- DOMINGUEZ, G.F.; STUDDERT, G.A.; ECHEVERRÍA, H.E. 2005. Propiedades del suelo: efectos de las prácticas de manejo. En: ECHEVERRÍA, H.E.; GARCÍA, F.O. (Eds.). Fertilidad de suelos y Fertilización de cultivos. Ediciones INTA. Balcarce, Argentina, pp. 207-229.
- FABERI, A.J. 2010. Importancia de la relación C:N de los residuos vegetales en la biología y la dinámica poblacional de *Armadillidium vulgare* (Latreille) (Crustacea: Isopoda) bajo condiciones de siembra directa. Tesis Maestría. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. 87 pp.
- FABERI, A.J.; LÓPEZ, A.N.; MANETTI, P.L.; CLEMENTE, N.L. 2010. Severidad de los daños ocasionados por *Armadillidium vulgare* (Crustacea: Isopoda) de diferentes tamaños corporales en el cultivo de girasol. En: Taller ASAGIR. Mar del Plata. 1 p.
- FABERI, A.J.; LÓPEZ, A.N.; CLEMENTE, N.L.; MANETTI, P.L. 2011. Importance of diet in the growth, survivorship and reproduction of the no-tillage pest *Armadillidium vulgare* (Crustacea: Isopoda). *Rev. Chil. Hist. Nat.* 84: 407-417.
- HIGLEY, L.G.; PEDIGO, L.P. 1996. The EIL concept. En: HIGLEY, L.G.; PEDIGO, L.P. (Eds.). Economic Thresholds for Integrated Pest Management. University of Nebraska Press, Lincoln, USA, pp. 9-21.
- HIGLEY, L.G.; PETERSON, K.D. 1996. The biological basis of the EIL. En: HIGLEY, L.G.; PEDIGO, L.P. (Eds.). Economic Thresholds for Integrated Pest Management. University of Nebraska Press, Lincoln, USA, pp. 22-40.
- KOGAN, M. 1998. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annu. Rev. Entomol.* 43: 243-270.

- LAL, R.; REICOSKY, D.C.; HANSON, J.D. 2007. Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. *Soil Till. Res.* 93: 1-12.
- LARSEN, G.; MANETTI, P.L.; CLEMENTE, N.L.; FABERI, A.J.; SALVIO, C.; LÓPEZ, A.N. 2007. Relevamiento de la densidad de babosas y bichos bolita en siembra directa. En: IV Congreso Argentino de Girasol, Buenos Aires, pp. 399-400.
- MANUEL-NAVARRETE, D., GALLOPÍN, G.; BLANCO, M.; DÍAZ-ZORITA, M.; FERRARO, D.; HERZER, H.; LATERRA, P.; MORELLO, J.; MURMIS, M.R.; PENGUE, W.; PIÑEIRO, M.; PODESTÁ, G.; SATORRE, E.H.; TORRENT, M.; TORRES, F.; VIGLIZZO, E.; CAPUTO, M.G.; CELIS, A. 2005. Análisis sistémico de la agriculturización en la pampa húmeda argentina y sus consecuencias en regiones extrapampeanas: sostenibilidad, brechas de conocimiento e integración de políticas. CEPAL - SERIE Medio ambiente y desarrollo. Naciones Unidas. Santiago de Chile.
- MINAGRI. 2011. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación Argentina. Agricultura. <http://www.minagri.gob.ar/SAGPyA/agricultura/index.php>, (verificado: 28 de febrero de 2013).
- NARANJO, S.E.; CHU, C.C.; HENNEBERRY, T.J. 1996. Economic injury levels for *Bemisia tabaci* in cotton: impact of crop price, control costs, and efficacy of control. *Crop Prot.* 15:779-788.
- PEDIGO, L.P.; HUTCHINS, S.H.; HIGLEY, L.G. 1986. Economic injury levels in theory to practice. *Ann. Rev. Entomol.* 31:341-368.
- PEDIGO, L.P.; HIGLEY, L.G. 1996. Introduction to Pest Management and Thresholds. En: HIGLEY, L.G.; PEDIGO L.P. (Eds.). *Economic Thresholds for Integrated Pest Management*. University of Nebraska Press, Lincoln, USA, pp. 3-8.
- PEREYRA, V.R.; FARIZO, C.L. 1979. Estimación del rendimiento de girasol utilizando el diámetro de los capítulos. En: Reunión de Actualización en Producción de Girasol, INTA, Balcarce, Argentina, pp. 6-12.
- PETERSON, R.K.D.; HUNT, T.E. 2003. The probabilistic economic level: incorporating uncertainty into pest management decision-making. *J. Econ. Entomol.* 96:536-543.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>, (verificado: 24 de agosto de 2012).
- SALUSO, A. 2004. Determinación del nivel de daño económico y plan de decisión secuencial para el manejo de *Armadillidium vulgare* (Latreille, 1804) (Crustacea: Isopoda) en soja. Tesis Maestría. Universidad Nacional de La Rioja. La Rioja, Argentina. 75 pp.
- TRUMPER, E.V. 2001. Toma de decisiones en manejo de plagas en siembra directa. En: PANIGATTI, J.L.; BUSCHIAZZO, D.; MARELLI, H. (Eds.). *Siembra Directa II*, Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina, pp. 205-212.
- TRUMPER, E.V.; LINARES, M. 1999. Bicho Bolita. Nueva amenaza para la soja. *Super Campo* 5(59):24-27.
- VEGA, C.R. y ANDRADE, F.H. 2002. Densidad de plantas y espaciado entre hileras. En: ANDRADE, F.H. y SADRAS, V.O. (Eds.). *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja*. INTA- FCA (UN-MdP). Advanta Semillas SAIC. Buenos Aires, Argentina, pp. 97-135.
- VILLARINO, S.V.; MANETTI, P.L.; LÓPEZ, A.N.; CLEMENTE, N.L.; FABERI, A.J. 2012. Formulaciones con combinación de ingredientes activos para el control de *Armadillidium vulgare* (Crustacea: Isopoda), plaga en el cultivo de colza. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)* 30 (1): 91-96.
- WARBURG, M.R. 1993. *Evolutionary Biology of Land Isopods*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany. 159 p.
- WOLTERS, V.; EKSCHMITT, K. 1997. Gastropods, Isopods, Diplopods, Chilopods: Neglected groups of the decomposer food web. En: BENCKISER, G. (Ed.). *Fauna in soil Ecosystems. Recycling processes, nutrient fluxes, and agricultural production*. Marcel Dekker, Inc. New York, EE.UU, pp. 265-306.

Mejoramiento genético de alpiste: selección y evaluación de líneas de derivadas de la población marroquí PI284184

COGLIATTI, M.^{1,2,3}; CORTIZO, L.V.³; ROGERS, W.J.^{1,2,3,4}

RESUMEN

La Argentina cuenta con una larga historia en la producción y comercialización de alpiste (*Phalaris canariensis* L.) encontrándose actualmente entre los tres principales países productores. Sin embargo, es poco lo que se ha invertido en el mejoramiento genético de la especie, lo cual queda en evidencia por la falta de cultivares comerciales nacionales. Actualmente, se siembra una población conformada por una mezcla de poblaciones introducidas que, en su origen, pudieron estar diferenciadas. Con el propósito de promover el desarrollo de cultivares comerciales de alpiste, en los años 2004, 2005 y 2006, se evaluó la variabilidad genética disponible en la especie a partir de una colección de germoplasma conformada por poblaciones y cultivares originarios de diferentes partes del mundo. Así, se identificó una población marroquí, denominada PI 284184, que exhibió un adecuado comportamiento agronómico. En el presente trabajo se describe el proceso de selección de líneas puras derivadas de dicha población y se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de siete de las líneas seleccionadas en base a su elevado peso de mil granos, (S4201, S4202, S4203, S4204, S4206, S4207 y S4208) comparadas con tres cultivares comerciales de referencia, de amplia difusión mundial ("Al-den", "Cantate" y "CDC María"). Los experimentos fueron realizados en los años 2011 y 2012 en la Chacra Experimental de la Facultad de Agronomía de Azul, provincia de Buenos Aires. Los caracteres evaluados fueron: el rendimiento en grano y sus componentes (número de granos por metro cuadrado y peso de mil granos) y la altura de las plantas. Como resultado se determinó la superioridad agronómica de seis de las líneas seleccionadas, respecto de los controles utilizados, en cuanto al rendimiento en grano, peso de mil granos y altura de las plantas. Además, se identificaron tres líneas (S4201, S4202 y S4203) que se destacaron por exhibir valores promedios ≥ 9 g para el peso de mil granos, ≥ 1889 kg/ha para el rendimiento en granos y ≤ 111 cm para altura de las plantas. A futuro, se prevé evaluar las líneas selectas en diferentes ambientes para confirmar su estabilidad y completar su caracterización, evaluando otras características como fenología, susceptibilidad al vuelco e índice de cosecha.

Palabras clave: cultivares comerciales, mejoramiento genético, rendimiento en grano, componentes del rendimiento, líneas seleccionadas.

¹Facultad de Agronomía (UNCPBA), Av. Rep. de Italia 780 (7300) Azul, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: cmax@faa.unicen.edu.ar

²Centro de Investigaciones sobre Sistemas Agronómicos Sustentables (CIISAS), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

³Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Laboratorio de Biología Funcional y Biotecnología (CIC-BIOLAB AZUL).

⁴Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología, Conicet (CONICET-INBIOTEC).

ABSTRACT

Argentina has a long history in the production and marketing of canaryseed (*Phalaris canariensis* L.) and lies amongst the three major producing countries. However, little has been invested in the genetic improvement of the species, which is evident from the lack of national commercial cultivars. In this regard, the seed sown is a population consisting of a mixture of introduced populations that originally could be adequately differentiated. With the aim of promoting the development of commercial cultivars of canaryseed, in years 2004, 2005 and 2006, available genetic variability in the species was assessed from a germplasm collection consisting of populations and cultivars originating from different parts of the world; from these trials, a Moroccan population was identified, called PI 284184, that exhibited adequate agronomic performance. In the current paper, the process of selection of inbred lines derived from the Moroccan population PI 284184 is described, and the results are presented of the evaluation of seven of the lines selected for their high thousand grain weight (S4201, S4202, S4203, S4204, S4206, S4207 and S4208) and three reference cultivars of worldwide distribution ("Alden", "Cantate" and "CDC Maria"), performed in years 2011 and 2012, in Azul, Province of Buenos Aires. The characters measured were grain yield, thousand kernel weight, number of grains per square meter and plant height. As a result, agronomic superiority was observed for the three characters measured of six of the selected lines (S4201, S4202, S4203, S4204, S4206 and S4207), compared to the reference cultivars. In addition, three lines were identified (S4201, S4202 and S4203) that stood out by exhibiting a thousand grain weight ≥ 9 g, grain yield ≥ 1889 kg/ha and height ≤ 111 cm. In the future, we plan to evaluate the selected lines in different environments, in order to confirm their stability and complete their characterization, assessing other aspects such as phenology, susceptibility to lodging and harvest index.

Keywords: commercial cultivars, genetic improvement, grain yield, selected lines, yield component

INTRODUCCIÓN

El alpiste (*Phalaris canariensis* L.) es una gramínea anual de crecimiento invierno-primaveral que se cultiva para la producción de granos. Es una especie diploide ($2n=2x=12$) (Bennett y Smith, 1976), preponderantemente autógama (Matus-Cádiz y Hucl, 2006), cuyas prácticas de producción, requerimientos y ciclo de cultivo, se asemejan a los de trigo.

Es considerado un verdadero cereal, con granos que presentan una composición única y una estructura similar a la de otros de la misma familia botánica como trigo, avena, cebada y arroz (Abdel-Aal *et al.*, 2011). Históricamente, los granos de alpiste han sido utilizados, casi con exclusividad, para la alimentación de aves ornamentales. Sin embargo, se han propuesto otros usos alternativos como la alimentación de cerdos (Thacker, 2003), aves de corral (Hucl *et al.*, 2001) y la elaboración de alimentos "libres de gluten" para consumo humano (Patterson, 2011), lo que vislumbra un futuro prometedor para este cultivo. Hasta 1980, la Argentina fue el principal país productor de alpiste. Actualmente, Canadá es el líder y nuestro país se mantiene entre los tres principales productores (FAO, 2013; Bolsa de Cereales de Buenos Aires, 2011).

En el mundo existen alrededor de una docena de cultivares comerciales de alpiste, con escasa a nula adopción en la Argentina ("Cantate", "Judita", "Lizard", "Karcsu", "Abad",

"Aldén", "Elias", "Keet", "CDC-María", "CDC-Togo", "CDC-Bastia"). En nuestro país es poco lo que se ha invertido en materia de mejoramiento genético en la especie, lo que queda en evidencia por la falta de cultivares de origen nacional. Al respecto, los productores argentinos siembran poblaciones de alpiste cuyas características y origen desconocen. Dichas poblaciones poseen entre sí un comportamiento agronómico similar en cuanto a su morfología, fenología y productividad (Bodega *et al.*, 1995). No obstante, si bien presentan cierta adaptación a nuestras condiciones agroecológicas, exhiben una marcada inestabilidad en el rendimiento, granos pequeños, maduración desuniforme y tendencia al vuelco, entre otros rasgos mejorables.

Además del rendimiento, el tamaño de los granos ha sido uno de los principales objetivos en el mejoramiento genético del alpiste. Las plántulas de alpiste son poco vigorosas, especialmente, en el período que va desde emergencia a macollaje (Putnam *et al.*, 1996). Si bien no se cuenta con datos específicos para alpiste, en muchas especies se ha demostrado que el vigor de las plántulas está asociado positivamente con el tamaño o peso individual de las semillas (McDaniel, 1969; Lafond and Baker, 1986; Ruiz *et al.*, 1993; Elliott *et al.*, 2008; Moshatati and Gharineh, 2012). Para este carácter, Cogliatti (2009), obtuvo un alto grado de determinación genética en alpiste (0,59), lo que implica la factibilidad de obtener progreso genético por selección.

El alpiste es muy susceptible al vuelco, especialmente, cuando se lo cultiva en condiciones que promueven el crecimiento de las plantas, como la abundancia de nutrientes y humedad en el suelo. En tales circunstancias, las plantas crecen en exceso, pudiendo alcanzar alturas cercanas a los 2 m. El vuelco puede afectar negativamente el rendimiento del cultivo y generar otros efectos indeseables, como disminución en la velocidad de cosecha, aumento en la proporción de granos verdes y humedad en el producto cosechado (Norton y Ford, 2002; Barry *et al.*, 2004). La selección de genotipos con menor estatura podría contribuir a disminuir la incidencia del vuelco, tal como ha sucedido con otros cereales.

Con el propósito de detectar variabilidad genética para el mejoramiento del cultivo de alpiste, Cogliatti *et al.* (2011), evaluaron en los años 2004, 2005 y 2006, el desempeño agronómico de 57 accesiones (47 poblaciones y 10 cultivares) originarias de 19 países, en Azul, provincia de Buenos Aires. Como resultados, obtuvieron valores promedios de 1369 kg/ha para el rendimiento en granos (RG), 7,1 g para el peso de 1000 granos (PG), un número de 18622 granos por metro cuadrado (NG) y 99 cm para la altura de las plantas (H). Además, identificaron una población de origen marroquí, denominada PI 284184, con elevado peso PG (8,1 g) alto RG (1530 kg/ha) y baja H (93 cm).

El objetivo de este trabajo fue seleccionar líneas puras de alpiste, derivadas de la población PI 284184, con elevado PG, alto RG y baja H.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección y multiplicación de líneas

En el año 2009 se sembraron 225 m² con semillas de la población marroquí PI 284184, en la Chacra Experimental de la Facultad de Agronomía de Azul (CE-FAA). A cosecha, se recolectaron de los macollos principales 71 panojas al azar, se trillaron manualmente y se les midió el PG. En el año 2010 se multiplicaron en surcos individuales 18 de las 71 líneas para obtener la cantidad de semillas necesarias (aprox. 100 g) para su posterior evaluación en ensayos en parcelas a campo. Se tomó como criterio de selección que las líneas posean un PG \geq 8 g, sobre la base del PG de 8,1 g obtenido por Cogliatti *et al.* (2011) para la población marroquí PI 284184, de la cual derivaron las mismas.

Experimentos en parcelas a campo

El 16 de julio de 2011 y el 13 de julio de 2012, se sembraron el primer y segundo experimento en parcelas a campo, respectivamente. En los mismos, se evaluaron las líneas seleccionadas y tres cultivares comerciales de referencia, "CDC-María", "Cantate" y "Aldén", de amplia difusión a nivel mundial y que habían sido caracterizados en nuestras condiciones agroecológicas por Cogliatti *et al.* (2011). Los ensayos se realizaron en la CE-FAA, en parcelas de 3 m

de largo por 1,4 m de ancho (4,2 m²), a una densidad de siembra de 500 plantas/ m², en un diseño experimental en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. Los mismos fueron fertilizados aplicando fosfato diamónico a la siembra y urea cuando el cultivo alcanzó el estadio de macollaje. Los niveles de nitrógeno y fósforo totales alcanzados (teniendo en cuenta los contenidos en el suelo previo a la siembra, más los aportados por los fertilizantes) fueron de 120 kg/ha y 18 ppm, respectivamente. Para controlar las malezas latifoliadas se realizaron dos aplicaciones de herbicida: la primera, asperjando 1000 ml/ ha de Weedex 34.6% EC (34,6 g de bromoxinil octanoato /100 ml) cuando el cultivo presentaba tres hojas expandidas y la segunda aplicando una mezcla compuesta por 1000 ml/ha de MCPA 28% SL (28 g de sal sódica del ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético/100 ml) + 120 ml/ha de Banvel 57,71% SL (57,71 g de dicamba-dimetilamonio/100 ml) cuando el cultivo alcanzó el estadio de macollaje. Las dosis de herbicidas utilizadas fueron las recomendadas por la Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (Guía de Productos Fitosanitarios para la República Argentina, 2011).

Caracteres evaluados

En ambos experimentos se midieron, sobre una superficie de 1 m², el rendimiento en grano (kg/ha), el peso de mil granos (g) y la altura de las plantas (cm). Además, se calculó el número de granos por metro cuadrado (N.º granos/ m²) aplicando la siguiente fórmula: NG= RG/PG.

Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y a la prueba de comparación de medias de Fisher. Los análisis de varianza combinados se hicieron siguiendo la metodología propuesta por McIntosh (1983) para un modelo factorial Tipo I, donde genotipo y año fueron considerados como efectos fijos.

Los análisis estadísticos se hicieron empleando el programa informático INFOSTAT (Infostat, 2007).

No se realizó control de polinización en la selección y multiplicación de líneas, ni en los experimentos en parcelas a campo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base al PG se identificaron siete de las 16 líneas evaluadas en el 2011 (S4201, S4202, S4203, S4204, S4206, S4207 y S4208), con un PG \geq 8,8 g. Éstas fueron seleccionadas para ser evaluadas en 2012.

El análisis de varianza conjunto, que incluyó las siete líneas evaluadas en ambos experimentos 2011 y 2012, no evidenció interacción genotipo x ambiente para ninguna de las cuatro variables medidas, implicando que los genotipos mantuvieron su posición relativa (ranking) en ambos años. Sí mostró diferencias significativas para el RG, PG y H, pero no para el NG (tabla 1).

Variable: rendimiento en granos						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	4386358,38	23	190711,23	2,57	0,0055	
Genotipo	1543705,75	9	171522,86	2,31	0,0364	
Genotipo*Año	638009,08	9	70889,9	0,95	0,4925	
Año	1592510,42	1	1592510,42	10,41	0,0321	(Año>Bloque)
Año>Bloque	612133,13	4	153033,28	2,06	0,1066	
Error	2674828,87	36	74300,8			
Total	7061187,25	59				

Variable: número de granos por metro cuadrado						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	455202710	23	19791422,17	2,19	0,0168	
Genotipo	109724610,1	9	12191623,34	1,35	0,2465	
Genotipo*Año	57913188,43	9	6434798,71	0,71	0,6934	
Año	223783722,8	1	223783722,8	14,03	0,02	(Año>Bloque)
Año>Bloque	63781188,64	4	15945297,16	1,77	0,157	
Error	324914345,3	36	9025398,48			
Total	780117055,2	59				

Variable: peso de los granos						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	24,75	23	1,08	13,21	<0,0001	
Genotipo	22,49	9	2,5	30,67	<0,0001	
Genotipo*Año	1,36	9	0,15	1,86	0,0907	
Año	2,00E-04	1	2,00E-04	0,00089	0,9776	(Año>Bloque)
Año>Bloque	0,9	4	0,23	2,77	0,042	
Error	2,93	36	0,08			
Total	27,69	59				

Variable: altura de las plantas						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	10279,13	23	446,92	19,19	<0,0001	
Genotipo	1319,93	9	146,66	6,3	<0,0001	
Genotipo*Año	197	9	21,89	0,94	0,5037	
Año	8640	1	8640	282,82	0,0001	(Año>Bloque)
Año>Bloque	122,2	4	30,55	1,31	0,2842	
Error	838,47	36	23,29			
Total	11117,6	59				

Tabla 1. Análisis de varianza conjunto para el rendimiento en grano (kg/ha), número de granos por metro cuadrado (N.º granos/m²), peso de mil granos (g) y altura de las plantas (cm); para los tres cultivares comerciales y siete líneas seleccionadas de población PI 284184.

El análisis comparativo de medias agrupó a las líneas S4201, S4202, S4203, S4204, S4206, S4207 como los genotipos de mayor rendimiento en granos, con valores promedios comprendidos entre 1877 y 1978 kg/ha. Las líneas S4201, S4202,

S4203 como los de mayor PG, con valores promedios comprendidos entre 9 y 9.3 g y a S4201, S4202, S4203, S4204, S4206, S4207 y S4208 en el grupo de plantas más bajas, con valores promedios comprendidos entre 108 a 112 cm (tabla 2).

Genotipo	Rendimiento (kg/ha)	Número de granos/ m ²	Peso de 1000 granos (g)	Altura (cm)
Aldén	1641	ab	22524	7,3
Cantate	1818	ab	21258	8,5
CDC-María	1588	ab	20399	7,8
S4201	1972	c	21891	9,0
S4202	1889	bc	20202	9,3
S4203	1978	c	21554	9,2
S4204	1873	bc	20984	8,9
S4206	1975	c	22056	9,0
S4207	1877	bc	21082	8,9
S4208	1522	a	17434	8,7
Promedio	1813		20938	8,7
Min	1522		17434	7,3
Max	1978		22524	9,3
CV (%)	15		14,4	3,3
p-valor	0,0364	0,2465	<0,0001	<0,0001

Tabla 2. Rendimiento en grano, número de granos por metro cuadrado, peso de mil granos y altura de las plantas, resultantes del análisis de varianza conjunto de los tres cultivares comerciales de alpiste y siete líneas seleccionadas.

Letras distintas indican diferencias significativas (p≤ 0,05)

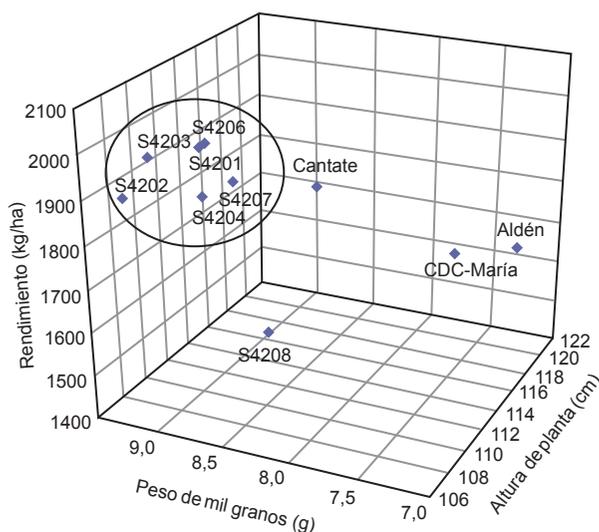


Figura 1. Diagrama de dispersión de los valores promedio obtenidos de las evaluaciones de tres cultivares comerciales de alpiste y siete líneas seleccionadas.

Los tres cultivares comerciales, “CDC María”, “Cantate” y “Aldén”, estuvieron en el grupo de genotipos de menor rendimiento en grano y produjeron, significativamente, menos que las líneas S4201, S4203 y S4206. Por otro lado, no se evidenciaron diferencias significativas en el rendimiento entre los tres cultivares, lo que contrasta con lo hallado por Heide *et al.* (2004), en Canadá, donde “CDC-María” mostró un rendimiento inferior a “Cantate” y con lo observado por Cogliatti *et al.* (2011), en la Argentina, donde “CDC-María” rindió significativamente menos que “Cantate” y “Aldén”.

A excepción de S4208, la líneas seleccionadas exhibieron PG significativamente mayor que los cultivares de referencia, lo cual era esperable teniendo en cuenta el elevado peso PG característico de la población de la cual fueron seleccionadas. Asimismo, para cuatro de las líneas seleccionadas, S4201, S4202, S4203, S4204, S4206, se obtuvo una altura de planta significativamente más baja que los cultivares de referencia.

Los valores promedios de RG, PG, H y NG, obtenidos en las líneas evaluadas superaron a los hallados por Cogliatti *et al.* (2011) para la población PI 284184, de la cual derivaron. Ellos fueron de 1530 kg/ha, 8.1g, 101 cm y 18622, respectivamente (valores promedio 3 años de ensayo, 2004, 2005, 2006).

Seis de las siete líneas seleccionadas (S4201, S4202, S4203, S4204, S4206 y S4207) superaron en RG, PG y H a los cultivares de referencia (figura 1). Asimismo, se identificaron tres líneas, S4201, S4202 y S4203, con un PG ≥ 9 g, RG ≥ 1889 kg/ha y H ≤ 111 cm.

Comparando los valores obtenidos de RG, PG y H, para las tres mejores líneas seleccionadas (S4201, S4202 y S4203), con los publicados por Bodega *et al.* (1995) y Cogliatti *et al.* (2011) para la población argentina, se evidencia que es el PG el carácter más distintivo de las líneas. (tabla 3).

A partir del conocimiento de que el grano de alpiste es libre de gluten (Patterson, 2011) y la adopción de cultivares glabros, es decir, libres de pelos silíceos en sus coberturas sospechados como dañinos para la salud humana (O'Neill *et al.*, 1980), se espera un aumento en la demanda de alpiste para la elaboración de alimentos para el consumo hu-

	Población argentina		Líneas S4201, S4202 y S4203
	Bodega et al. (1995)	Cogliatti et al. (2012)	
Rendimiento (kg/ha)	1757	1324	≥ 1889
Peso de mil granos (g)	6.8	6.7	≥ 9.01
Altura de planta (cm)	101	106	≤ 111

Tabla 3. Comparación del rendimiento en grano, peso de mil granos y altura de las plantas, de las líneas S4201, S4202 and S4203 y la población argentina.

mano. Al respecto, es importante seguir trabajando en la obtención de cultivares de alpiste con mayor potencial de rendimiento para posicionarlo como una alternativa económicamente viable respecto de otros cultivos de siembra invernal. A pesar de los resultados publicados por Cogliatti *et al.* (2011), donde se demostró la existencia de mayor variabilidad genética para caracteres de interés agronómico que la observada por Bodega *et al.* (1995, 2000, 2003), dicha variabilidad ha resultado insuficiente para la obtención de cultivares de alpiste con mayores rendimientos en grano y menor susceptibilidad al vuelco. Para el logro de dichos objetivos podrían considerarse los resultados del análisis de las principales diferencias observadas en la determinación del rendimiento de alpiste en relación con el trigo, publicados por Bodega *et al.* (2014). Este trabajo propone tres aspectos cuya mejora puede producir importantes efectos sobre el rendimiento en grano y la disminución de la susceptibilidad al vuelco del cultivo de alpiste:

1. El aumento de la intercepción de radiación del cultivo en sus primeros estadios, dado que el alpiste presenta una lenta germinación, sumada al lento crecimiento desde emergencia hasta inicios de macollaje, lo que hacen que llegue al fin de macollaje con valores de intercepción de radiación inferiores a los de trigo. La mayor intercepción de radiación del cultivo de trigo redundaría en el incremento de la acumulación de materia seca, con eficiencias de conversión similar para ambos cultivos.
2. El incremento en la duración del período de crecimiento de la panoja, redundaría notablemente el rendimiento del cultivo de alpiste, más aún si es acompañado de una mayor partición de fotoasimilados a la panoja.
3. El incremento en la partición de materia seca a las panojas, en el periodo de crecimiento de las inflorescencias, provocaría una disminución de la competencia entre la panoja y el tallo, resultando en la mejora del rendimiento del cultivo de alpiste.

En trigo estos cambios estuvieron ligados a la aparición de los cultivares semienanos, con genes *Gai/Rht₁* y *Gai/Rht₂*, que presentaban menor competencia entre los tallos y las espigas, altos índices de cosecha y mayor fijación de granos. Además, los cultivares semienanos, eran menos susceptibles al vuelco lo que les permitió ser cultivados con mayores dosis de fertilizantes.

En la Argentina, los trabajos de Bodega *et al.* (1995, 2003); Cogliatti *et al.* (2011), demuestran que, tanto las po-

blaciones locales como los cultivares introducidos, tienen un comportamiento similar y se asemejarían al observado en los cultivares de trigo denominados genéricamente tradicionales (sin genes de enanismo) en donde la competencia por carbohidratos entre tallo e inflorescencia, durante el período crítico, favorecen al tallo limitando la fijación de un mayor número de granos. En alpiste, al igual que en los trigos de tipo tradicional, el rendimiento se relaciona directamente con la biomasa aérea y no con el índice de cosecha (Bodega *et al.*, 1998, 2010; Miravalles *et al.*, 2002; Bodega, G. 2005; Cogliatti *et al.*, 2011) siendo esta una importante limitante para el logro de altos rendimientos, ya que los valores elevados de biomasa van acompañados de serios problemas de vuelco de las plantas, principalmente, en cultivos sembrados en suelos de alta fertilidad nitrogenada y buena disponibilidad hídrica.

Dado que no se disponen de genes de enanismo en alpiste, el empleo de técnicas biotecnológicas, como la generación de variabilidad a través de mutagénesis inducida o la incorporación por transgénesis, son dos herramientas alternativas a evaluar para la obtención de genotipos de alpiste enanos o semienanos. El empleo de mutagénesis inducida con azuda sódica, fue realizado exitosamente por Matus-Cadiz *et al.* (2003) para la obtención del primer cultivar glabro de alpiste "CDC María".

CONCLUSIONES

Los resultados demostraron una superioridad en la performance agronómica para el RG, PG y H, en seis de las siete líneas seleccionadas de la población marroquí PI 284184 (S4201, S4202, S4203, S4204, S4206 y S4207), respecto a los cultivares de referencia ("Aldén", "Cantate" y CDC María).

Tres de las líneas (S4201, S4202 y S4203) se destacaron por exhibir un elevado PG (≥ 9 g), alto rendimiento en granos (≥ 1889 kg/ha) y baja estatura (≤ 111 cm) y serían promisorias para ser inscriptas como cultivares comerciales en la Argentina.

Debido a que los resultados presentados fueron obtenidos de evaluaciones realizadas en dos años y un sitio experimental. A futuro, se prevé evaluar las líneas selectas en más ambientes, para confirmar su estabilidad, estudiando la interacción genotipo por ambiente y completar su caracterización, incorporando otros aspectos como su fenología, susceptibilidad al vuelco e índice de cosecha.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la empresa H.J. Navas & Cía. S.A. por su apoyo financiero para la realización del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- ABDEL-AAL, E.S.M.; HUCL, P.; MILLER, S.S.; PATTERSON, C.A.; GRAY D. 2011. Microstructure and nutrient composition of hairless canary seed and its potential as a blending flour for food use. *Food Chemistry* 125: 410-416.
- BERRY, P.M.; STERLING, M.J.; SPINK, H.; BAKER, C.J.; SYLVESTER-BRADLEY, R.; MOONEY, S.J.; TAMS, A.R.; ENNOS, A.R. 2004. Understanding and Reducing Lodging in Cereals, *Advances in Agronomy*, Academic Press (84) 217-271.
- BENNETT, M.D.; SMITH, J.B. 1976. Nuclear DNA amounts in angiosperms. *Philosophical Transactions of the ROYAL SOCIETY B*. 274: 227-274.
- BODEGA, G.I. 2005. Efecto de la época y densidad de siembra sobre el crecimiento, rendimiento y sus componentes en CDC Maria y una población local de alpiste (*Phalaris canariensis* L.). Tesis de Ingeniero Agrónomo. U.N.M.d.P. Facultad de Ciencias Agrarias. Balcarce, Argentina. 46 pp
- BODEGA, J.L.; DE DIOS, M.A.; RODRÍGUEZ, R.H.; PEREYRA IRAOLA, M. 1995. Caracterización agronómica de poblaciones comerciales de alpiste. *Revista Facultad de Agronomía* 15 (2-3): 161-170.
- BODEGA, J.L.; DE DIOS, M.A.; PEREYRA IRAOLA, M. 2000. Comparative yield of native and introduced canary grass (*Phalaris canariensis* L.) cultivars sown at two sowing date. Test of Agrochemicals and Cultivars, N.º 21. Edited by R Bryson & MA Froment. Association of Applied Biologists.
- BODEGA, J.L.; DE DIOS, M.A.; PEREYRA IRAOLA, M. 2003. Análisis comparativo del rendimiento en semillas y otras características de interés agronómico en poblaciones locales y cultivares introducidos de alpiste. *Revista Facultad de Agronomía* 23 (2-3): 147-154.
- BODEGA, J.L.; DE DIOS, M.; PEREYRA IRAOLA, M. 2014. Dinámica del desarrollo y generación del rendimiento en alpiste. En: Cogliatti, M. (2014). El cultivo de alpiste. Editorial UNCPBA. Tandil, en prensa.
- BOLSA DE CEREALES DE BUENOS AIRES, 2011. Número Estadístico 2009-2010: 106-111.
- COGLIATTI, M. 2009. Variabilidad genética en alpiste como base para su mejoramiento. Tesis de Magister Science. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.
- COGLIATTI, M.; BONGIORNO, F.; DALLA VALLE, H.; ROGERS, W.J. 2011. Canaryseed (*Phalaris canariensis* L.) accessions from nineteen countries show useful genetic variation for agronomic traits. *Canadian Journal of Plant Science*, 91: 1-12.
- ELLIOTT, R.H.; FRANKE, C.; RAKOW, G.F.W. 2008. Effects of seed size and seed weight on seedling establishment, vigour and tolerance of Argentine canola (*Brassica napus*) to flea beetles, *Phyllotreta* spp. *Canadian Journal of Plant Science* 88 (1) 207-217.
- FAO, 2013. <http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD> <http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>. (Verificado: 10 de febrero de 2013).
- GUÍA DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS PARA LA REPÚBLICA ARGENTINA 2011. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes.
- HEIDE, A.; KOSTUIK, J.; WATSON, K. 2004. Parkland Crop Diversification Foundation (PCDF) Annual Report, 59-62.
- HUCL, P.; HAN, H.L.; ABDEL-AAL, E.S.M.; HUGHES, L.G.R. 2001. Development and quality of glabrous canaryseed. AFIF Project # 96000287. <http://www.agriculture.gov.sk.ca/19960287.pdf> (Verificado: 19 de noviembre de 2012).
- INFOSTAT, 2007. Statistical software version Infostat (2007). Grupo Infostat, Universidad Nacional de Córdoba (FCAUNC).
- LAFOND, G.P.; BAKER, R.J. 1986. Effects of Genotype and Seed Size on Speed of Emergence and Seedling Vigor in Nine Spring Wheat Cultivars. *Crop Science*, 26: 341-346.
- MATUS-CADIZ, M.; HUCL, P.; VANDENBERG, A. 2003. Inheritance of hull pubescence and seed color in annual canarygrass. *Canadian Journal of Plant Science* 83:(3) 471-474.
- MATUS-CÁDIZ, M.; HUCL, P. 2006. Outcrossing in annual canarygrass. *Crop Science*, 46: 243-246.
- MCDANIEL, R.G. 1969. Relationships of Seed Weight, Seedling Vigor and Mitochondrial Metabolism in Barley. *Crop Science*, 9: 823-827.
- MCINTOSH, M.S. 1983. Analysis of combined experiments. *Agronomy Journal*, 75: 153-156.
- MIRAVALLS, M.T.; GALLES, L.M.; MÖCKEL, F.E. 2002. Alpiste: Revisión de la situación del cultivo. *Agronomy Journal* 22 (1): 7-17.
- MOSHATATI, A.; GHARINEH, M.H. 2012. Effect of grain weight on germination and seed vigor of wheat. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 4 (8), 458-460.
- NORTON, R.M.; FORD, J.F. 2002. Canarygrass: Industry development for south-eastern Australian. A report for de Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication N.º 01/178, 91p. <https://rirdc.infoservices.com.au/downloads/01-178> (Verificado: 20 de octubre de 2012)
- O'NEILL, C.H.; HODGES, G.M.; RIDDLE, P.N.; JORDAN, P.W.; NEWMAN, R.H.; FLOOD, R.J.; TOULSON, E.C. 1980. A fine fibrous silica contaminant of flour in the high oesophageal cancer area of north-east Iran. *International Journal of Cancer* 26: 617-628.
- PATTERSON C.A. 2011. Canaryseed - Naturally Gluten-Free. *Canaryseed News*, ISSUE #21: 4.
- PUTNAM, D.H.; MILLER, P.R.; HUCL, P. 1996. Potential for production and utilization of annual canarygrass. *Cereal Foods World* 41: 75-83.
- RUIZ, M. DE LOS A.; COVAS, G.F.; BABINEC, F.J.; GIMÉNEZ, H.D. 1993. Peso de grano y vigor de plántula en centenos diploide y tetraploide. *Revista Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Pampa* 7 (1) 21-27.
- THACKER, P.A. 2003. Performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs fed diets containing graded levels of canaryseed. *Canadian Journal of Animal Science* 83: 89-93.

Caracterización xilo-tecnológica de la madera de una plantación adulta de *Pinus ponderosa* de la Patagonia Argentina

LETOURNEAU, F.J.¹; MEDINA, A.A.²; ANDIA, I.R.²; ANDENMATTEN, E.¹; DE AGOSTINI, N.³; MANTILARO, N.²

RESUMEN

El conocimiento de las propiedades de la madera es esencial para su mejor utilización. Las maderas juvenil y madura difieren en su aptitud de uso, la primera puede emplearse como madera redonda o estructural limitada en escuadrías grandes mientras que la madura puede emplearse en carpintería de obra, machimbre de calidad u otros usos más valiosos. Por ello es importante establecer el momento de transición entre ambas como así también otras propiedades de resistencia de esta especie a edades avanzadas. Para esto se estudió a) longitud de traqueidas, para diferenciar la madera juvenil y la madura; b) densidad básica; y c) propiedades de resistencia mecánica en probetas de la troza basal. El estudio se realizó en una plantación de 55 años, en 12 árboles de 43 cm de diámetro a la altura del pecho y 27 m de altura. Las muestras de traqueidas y densidad básica se tomaron a 0,3 m y a 13,4 m en la base de la copa, en sentido radial desde la médula. En ambos casos la primer muestra a los cinco años y luego cada diez. Los resultados fueron: a) La transición de madera a 0,3 m se produjo cerca de los 20 años; b) la densidad básica promedio a 0,3 m fue de 0,42 gr/cm³ (n=66), y en la base de la copa fue de 0,36 gr/cm³ (n=37). Se observó un patrón de variación de la densidad básica en sentido radial, que podría indicar un proceso incipiente de duraminización a la altura del tocón; c) Las pruebas de flexión establecieron que el módulo de elasticidad (MOE) fue de 8.000 MPa, mientras que el módulo de rotura (MOR) fue de 72 MPa.

Palabras claves: Pino ponderosa, Tecnología de la madera, Plantaciones forestales.

ABSTRACT

Knowledge of the properties of the wood is essential to their best use. Juvenile and mature wood differ in their fitness for use, the first can be used as round timber, limited structural scantlings while the mature large can be used in joinery, quality facing or other more valuable uses. It is therefore important to establish the time of transition between the two as well as other properties of wood resistance of this species at older ages. For this, we studied a) tracheid length to differentiate juvenile / mature wood b) Basic density, and c) mechanical

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Bariloche "Dr. Grenville Morris", Pcia. de Río Negro, Argentina.

Correos electrónicos: letourneau.federico@inta.gov.ar, andenmatten.ernesto@inta.gov.ar,

²Universidad Nacional del Comahue, Asentamiento Universitario San Martín de los Andes, Pcia. de Neuquén.

Correos electrónicos: ismaelandia@gmail.com, andrepampa@yahoo.com.ar, nicolasmantilaro@yahoo.com.ar.

³Servicio de Prevención y Lucha de Incendios Forestales, Provincia de Río Negro, Argentina. Correo electrónico: ndeagostini@gmail.com.

Recibido el 11 de octubre de 2013 // Aceptado el 15 de junio de 2014 // Publicado online el 16 de julio de 2014

strength properties of samples from bottom logs. The study was conducted in a plantation of 55 years, in 12 trees of 43cm dbh and height 27m. Tracheids samples and basic density were taken at 0.3 m and 13.4 m at the base of the crown, radially from the core, the first sample to five years and then every ten years. The results were: a) The transition of wood at 0.3 m occurred about 20 years, b) the average basic density at 0.3m was 0.42 g/cm³ (n = 66), and at the base of the crown was 0.36 g/cm³ (n = 37). We observed a pattern of variation of the basic density radially, which may indicate an incipient duraminization at stump height c) bending tests established that the MOE of 8.000MPa, while MOR was 72MPa.

Keywords: Ponderosa Pine, Wood technology, Tree plantations

INTRODUCCIÓN

En la región Andino-Patagónica, las plantaciones de *Pinus ponderosa* (Douglas ex Lawson & C Lawson) y otras especies del género u otras coníferas, se realizan de manera sostenida a partir de la década del 1970, y sólo en la provincia de Neuquén existe una superficie aproximada de 58.000 hectáreas (MINAGRI, 2011, Inventario permanente de plantaciones forestales).

Se han realizado numerosos estudios sobre la aptitud tecnológica de esta especie, y existen algunos trabajos relacionados con las características de su madera, aunque se corresponden con plantaciones jóvenes y jóvenes a maduras (Jovanoski *et al.*, 1998; Jovanoski *et al.*, 2002; Lomagno, 2003, 2006; Zingoni *et al.*, 2007; Martínez Meier *et al.*, 2011), pero no de edad avanzada como aquí se expone.

En coníferas, la principal causa de variación de las características de su leño es la presencia de madera juvenil, cuyo estudio ha tenido una importancia creciente a partir de la utilización de grandes cantidades de esta clase de madera. El leño juvenil corresponde al xilema que se ubica en la porción central del árbol producido a edades tempranas y es mediado por un proceso de maduración de las células del cambium. Las características anatómicas, químicas y físicas de la madera juvenil varían progresivamente hacia el leño maduro, que se ubica en las zonas periféricas del tronco, donde dichas características son más estables (Yang y Benson, 1997). La madera juvenil de las coníferas presenta, respecto de la madera madura, células de menor longitud, menor peso específico, mayor contracción longitudinal, menores contracciones transversales, y menor resistencia (Thomas, 1985; Brazier, 1985; Barnet, 2003). La combinación de porciones del leño dentro del tronco con marcadas diferencias en sus propiedades genera defectos en los productos industrializados. Por ello la importancia de establecer en qué momento de la vida del árbol ocurre este proceso, de tal forma de poder estimar los volúmenes de madera de ambas características. Existe un antecedente en un ejemplar de *P. ponderosa* cultivado en Patagonia Norte, (Zingoni *et al.*, 2007) donde se determinó la ocurrencia de este proceso en un árbol de 50 años de edad, donde la transición entre madera juvenil y madura se producía alrededor de los 20 años de edad. Una forma de establecer el momento de

transición es observar gráficamente cuando se produce el cambio en la tendencia de alguna característica de la madera generalmente longitud de traqueidas y densidad de la madera (Cown, 1992; Moya Roque *et al.*, 2003).

Por otra parte, la densidad también es una característica que ha sido utilizada como indicador de su resistencia. Por ejemplo, Jovanoski *et al.* (1998), Jovanoski *et al.* (2002) y Martínez Meier *et al.* (2011) establecieron valores de densidad de la madera de *P. ponderosa* creciendo tanto en la Argentina como en Chile y para distintas condiciones de crecimiento. Lomagno (2003, 2006) estableció valores del módulo de elasticidad y de rotura para postes delgados de esta especie y dio recomendaciones para el diseño de piezas para uso estructural pero, a pesar de estos trabajos, es escasa la información de resistencia mecánica de madera de *P. ponderosa* provenientes de plantaciones maduras.

Objetivo del trabajo

Los objetivos de este trabajo fueron determinar la edad de transición de madera juvenil a madura, conocer la densidad básica y su variación radial, y caracterizar las propiedades mecánicas de esta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras para este estudio se obtuvieron de dos parcelas experimentales de 2500 m² de superficie cada una, emplazadas en el Campo Forestal Gral. San Martín, (42° S, 71,30° O), dependiente de la EEA Bariloche del INTA. La edad de la plantación al momento del muestreo era de 55 años de edad. Las parcelas deben su origen a ensayos de crecimiento de especies establecidos en la década de 1950. Al inicio fueron plantadas con marco espacial regular de 1,5 m x 1,5 m. Luego se realizaron varios raleos de distintas intensidades. Las características especiales para la utilización de este material de estudio es su edad avanzada y su localización en un sitio de calidad intermedia, que son cualidades poco comunes en sitios con plantaciones de esta especie. Al momento del estudio las parcelas presentaban un diámetro medio cuadrático de 35,3 y 36,1 cm, con un área basal de 60 m²/ha y 40 m²/ha respectivamente, con un índice de densi-

dad de rodal de Curtis (1982) de 10,1 y 5,7. Estos representan valores recomendables de densidad de rodal máximo y mínimo para la producción de madera con destino aserrable en la región de estudio. En las dos parcelas se seleccionó al azar un árbol por cada clase diamétrica presente, con un total de 12 árboles, con un diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio de 43 cm (± 9) y 28 m ($\pm 3,2$) de altura. De cada ejemplar apeado se midió el DAP, la altura total y la altura de inicio de la copa viva que alcanzó los 13,4 m ($\pm 2,0$). Los árboles fueron trozados de acuerdo a longitudes estándares de comercialización tomándose una rodaja a 0,30 cm de altura del suelo y otra al inicio de la copa viva. Las primeras trozas fueron aserradas en cortes tipo sandwich produciéndose tabloncitos de hasta 2" de espesor.

Las rodajas fueron pulidas hasta obtener una clara visibilidad de los anillos de crecimiento para lograr su correcto fechado. Se trabajó en cada rodaja con el radio donde mejor se observaba los anillos, estaleciéndose puntos de muestreo comenzando en el quinto anillo desde el centro hacia la corteza y luego cada diez años. Estas muestras tenían un tamaño aproximado de 1 cm x 1cm, abarcando más de un anillo de crecimiento. Estas muestras fueron destinadas a la realización de los macerados para la medición de la longitud de traqueidas y para las determinaciones de la densidad básica.

De los tabloncitos de 2" se seleccionó aquel de ubicación central en el rollizo y se tomaron dos secciones de 1,5 m de longitud, una en la porción inferior y otra en la superior, para la confección de las 91 probetas para el ensayo destructivo de flexión estática de acuerdo a la Norma ASTM D-143.

Los macerados se realizaron mediante la técnica de Franklin (1937) y la medición de las traqueidas según metodología propuesta por el comité IAWA (2004) y de acuerdo a recomendaciones de Muñiz y Coradin (1991), con la medición en microscopio electrónico con ocular micrométrico de 30 traqueidas para cada grupo de anillos y altura del árbol totalizando 3180 traqueidas medidas.

Para la determinación de la densidad básica las muestras se colocaron en agua hasta su saturación para obtener su peso, luego se secaron durante 24 horas a temperatura ambiente, y se colocaron en una estufa de secado con temperaturas de 103° C hasta obtener su peso anhidro. Entre el momento de extracción de la estufa y del pesado se colocaron en una campana de desecación con gel de sílice para evitar que adquieran humedad del ambiente. Con las variables de peso saturado y peso anhidro se calculó la densidad para cada muestra, utilizando la fórmula del máximo contenido de humedad de acuerdo a Smith (1954, ecuación [1]) comparable con otros métodos como el de Rojas García y Villers Ruiz (2005), tanto para las muestras destinadas a la realización de los macerados como aquellas empleadas para los ensayos de flexión. Para esta última determinación se empleó una máquina de ensayos universal, con una celda de carga de 25 KN, que cuenta con dos transductores de desplazamiento de 50 mm, y con dos canales de acondicionamiento y amplificación de la señal tipo "Measurement Group model 2210".

$$DB = \frac{I}{\left(\frac{Ps - Pa}{Pa}\right) + \frac{I}{1,53}} \quad [1]$$

donde:

DB: densidad de la madera (gr/cm³)

Ps: peso saturado (gr)

Pa: peso anhidro (gr)

1.53: constante (densidad real de la madera sólida)

Análisis de los datos

Para establecer la edad del cambio de madera juvenil a madura se estudió la variación de la longitud promedio de traqueidas en sentido radial, tomando el conjunto de los árboles, tanto para altura de tocón como de la base de la copa viva. Se realizó un test de Kruskal Wallis (Software R, script *kruskal* del paquete *agricolae*, De Mendiburu, 2009) con la hipótesis nula que las distribuciones de longitud de traqueidas son idénticas entre los distintos puntos de muestreo en sentido radial. Además se analizó visualmente mediante gráficos de caja (fig. N.º 1a y 1b). Para los análisis de flexión estática se obtuvieron valores promedios y desvíos estándar tomando el conjunto de los árboles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la base del árbol (0,3 m) la longitud de traqueida creció desde la médula hacia la corteza, con longitudes de 1200 (± 250) micras (μ) a los 5 años, 1950 μ (± 435) a los 15 años, 2390 μ (± 670) a los 25 años, 2440 μ (± 520) a los 35 años, 2675 μ (± 540) y 2710 μ (± 480) de longitud a los 45 años y 55 años respectivamente. El mayor cambio de la longitud de traqueidas entre puntos de muestreo se produce entre los 5 y 15 años, estabilizándose los valores de longitud a partir de los 25 años. Por otra parte, la longitud de traqueida en la base de la copa viva también creció de la médula hacia la corteza, con valores promedio de 2180 μ (± 670) a los 5 años y de 2740 μ (± 672), 2992 μ (± 600) y 3260 μ (± 850) para los 15, 25 y 35 años respectivamente, no existiendo diferencias significativas entre estos tres puntos de muestreo. De acuerdo a estos resultados, la edad de transición entre el leño juvenil y maduro, es decir de la maduración del cambium, se produciría alrededor de los 20 años en la base del árbol, y a los 10 años a la altura de la base de la copa.

Se sabe que las características de los elementos constitutivos del xilema varían de forma compleja dentro del árbol, por ejemplo, para algunas especies de *Picea spp.*, la longitud de las traqueidas son afectadas por una parte por el grado de maduración del cambium, y dentro de un mismo genotipo también por las tasas de crecimiento (Sirviö y Kärenlampi, 2001). Este efecto de la edad cambial o de la maduración del cambium ha sido observado también en algunas especies de latifoliadas como el eucalipto (Kojima *et al.*, 2009). Por otra parte, también se ha comprobado que algunas de las características de la madera juvenil y

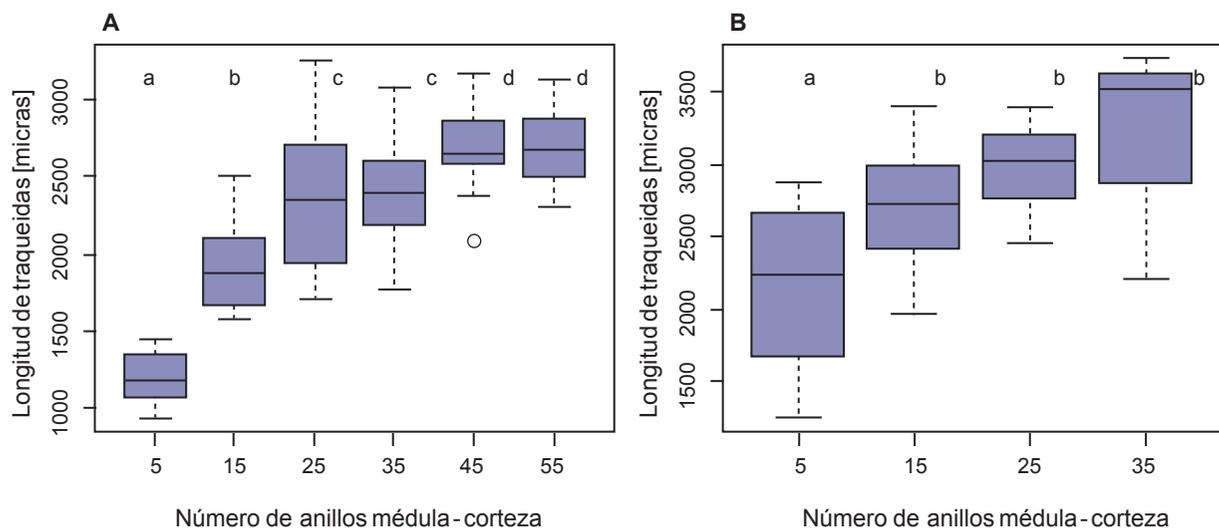


Figura 1. Variación de la longitud de traqueidas en sentido radial a la altura del tocón (A) y de la base de la copa viva (B). Letras diferentes son diferencias estadísticamente significativas (Test de Kruskal – Wallis, alfa=0,05). La cajas indican cuartiles de la distribución de la longitud de traqueida en cada punto de muestreo.

madura puede estar condicionada por un control genético moderado y este efecto puede ser además sitio específico (Gapare *et al.*, 2006). En este sentido, Mutz *et al.* (2004) encontraron que mientras que la edad de transición no variaba significativamente en relación a variables del árbol, sí lo hacía en relación a factores del rodal, especialmente en la sección de leño maduro. Este efecto de la maduración del cambium a una cierta edad, como factor influyente sobre el momento de transición tiene implicancias para el manejo silvícola, ya que la modificación de la densidad del rodal mediante tareas culturales como el raleo, afectaría las proporciones de uno y otro tipo de leño, tal como lo sugiere Kojima *et al.* (2009).

La densidad básica promedio en la base del árbol fue de $0,42 \text{ gr/cm}^3$, con valores mínimos y máximos de $0,30 \text{ gr/cm}^3$ y $0,59 \text{ gr/cm}^3$. En la base de la copa alcanzó los $0,36 \text{ gr/cm}^3$, con valores mínimos y máximos de $0,27 \text{ gr/cm}^3$ y $0,53 \text{ gr/cm}^3$, respectivamente. Estos son valores similares a los obtenidos por Jovanovski *et al.* (1998), Jovanovski *et al.* (2002), y Martínez Meier *et al.* (2011), aunque en el presente estudio fueron levemente más altos los valores máximos. Sin embargo, la variación de la densidad básica en sentido radial presentó un patrón diferente al presentado por Jovanovski *et al.* (2002), en el que se describe densidad creciente, mientras que aquí el valor más alto se produce en la región central, luego descendiendo rápidamente, para luego ascender paulatinamente hacia la corteza (datos no presentados). Esta mayor densidad básica cercana a la región central del tronco podría deberse a un proceso de duraminización incipiente que fue observado por la coloración de la madera, aunque no todos los árboles muestreados presentaron esta característica. Grabner *et al.* (2005) describe para otras especies de coníferas la presencia de sustancias denominadas extractivas que se sitúan en los lúmenes de las células del duramen. Esto

conlleva un incremento de su densidad en comparación con la albura donde no están presentes estas sustancias.

En las muestras preparadas para la determinación de MOR y MOE también se establecieron los valores de densidad básica, con valores promedio de $0,41 \pm 0,04 \text{ gr/cm}^3$, valores máximos y mínimos ($0,22 \text{ gr/cm}^3$ y $0,55 \text{ gr/cm}^3$), que son similares a los establecidos en las muestras de macerado. Los valores de MOR promedios y desvíos estándar fueron de $72,0 \text{ MPa} (\pm 11,6)$ ($1 \text{ MPa} = 1.020 \times 10^5 \text{ kg/m}^2$) con valores mínimos y máximos de $45,01 \text{ MPa}$ y $96,41 \text{ MPa}$. Mientras que para MOE el promedio fue de $8.000 \text{ MPa} (\pm 2.000)$, y 4.470 MPa y 12.860 MPa para valores mínimos y máximos, respectivamente. Además, el MOR presentó una correlación significativa con la densidad de las probetas con un coeficiente de correlación de Pearson de $0,77$ ($t=11,54$, $gl=89$; $p\text{-valor}=0,00$) resaltando la importancia que tiene la densidad básica sobre las propiedades mecánicas de la madera de esta especie. En relación a los valores obtenidos en este trabajo se observa que los valores de MOR y MOE fueron superiores a aquellos obtenidos por Murace *et al.* (2012) para plantaciones de 19 años de edad de la zona de Lago Meliquina (Neuquén).

Por otra parte, Lomagno (2003) menciona que para el diseño de piezas estructurales de madera la resistencia (MOE) de diseño recomendada para *P. ponderosa* debiera situarse en 4120 MPa , y los valores mínimos obtenidos en el presente trabajo son superiores al valor recomendado por este autor.

CONCLUSIONES

El análisis de la edad de transición de la madera juvenil a madura realizada en el presente trabajo confirma lo establecido por Zingoni *et al.* (2007), con una edad aproximada

de 20 años de edad total en la base del árbol. Los valores de densidad de la madera presentan rangos similares a los obtenidos por otros autores. El patrón de variación en sentido radial observado para esta característica, contrasta con datos de bibliografía para esta especie, en la misma región de cultivo. Por ello es necesario profundizar las investigaciones de tal forma de validar o rechazar la hipótesis de que los altos valores de densidad en porciones centrales de los árboles podrían ser el resultado de un proceso de duraminización. Además, es necesario realizar análisis de las propiedades físicas de la madera de esta especie en relación al tamaño de anillos de crecimiento, que es aún una información que resta por analizar en este material de estudio. La determinación de la edad de transición puede ser incorporada a simulaciones de crecimiento para predecir los volúmenes de cada clase de madera y sensibilizar los esquemas de manejo a esta nueva variable en la definición de esquemas silvícolas. Los valores de MOE y MOR son similares y a veces algo superiores a los establecidos para esta especie creciendo en su lugar de origen (INFOR, 1998), y sin llegar a ser de los más altos entre las maderas del género *Pinus*, se considera un material apto para uso estructural, más aún, teniendo en cuenta que el material de ensayo provino de ejemplares de 55 años.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se financió mediante el proyecto INTA PNFOR 1104074 "Desarrollo de Modelos de Crecimiento y Producción forestal, Caracterización de la Calidad de los productos forestales y Economía Forestal". Además con aportes del Asentamiento Universitario San Martín de los Andes. Universidad Nacional del Comahue. Un especial agradecimiento por la realización de los ensayos destructivos al Ing. Pablo Manzione del Departamento de Mecánica, Fac. De Ingeniería Univ. Nacional del Comahue. Este trabajo fue posible por el apoyo de la Asoc. Coop. de la Estación Experimental Regional. Este trabajo fue mejorado por el valioso aporte de revisores anónimos.

BIBLIOGRAFÍA

- ASTM-143 09. Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. <http://www.astm.org/Standards/D143.htm> (verificado: 17 de junio de 2014)
- BARNETT, J.R. y JERONIMIDIS, G. 2003. Wood Quality and its Biological Basis. Blackwell Pub. CRC Press.
- BRAZIER, J.D. 1985. Juvenile Wood. Kucera (Ed.). Xylorama. Bassel, Switzerland: Birkhauser Verlag 25-32.
- COWN, D.J. 1992. Corewood (juvenile wood) in *Pinus radiata* Should we be concerned? New Zealand Journal of Forestry Science 22: 87-95.
- CURTIS, R.O. 1982. A simple index of stand density for Douglas-fir. Forest Science Vol 27(1): Pp 92-94.
- DE MENDIBURU, F. 2009. Una herramienta de análisis estadístico para la investigación agrícola. Tesis. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-PERU. Facultad de Economía y Planificación Departamento Académico de Estadística e Informática. R Package: Agricolae Type: Package, Version: 1.1-4, Date: 2013-4-8, License: GPL
- FRANKLIN, G. 1937. Permanent Preparations of Macerated Wood Fibres. Tropical Woods 49: 21-22.
- GAPARE, W.J.; WU H.X.; ABARQUEZ, A. 2006. Genetic control of the time of transition from juvenile to mature wood in *Pinus radiata* D. Don. Annal of Forest Science. Nro 63: Pp 871-878
- GRABNER, M.; WIMMER, R.; GIERLINGER, N.; EVANS, R.; DOWNES, G. 2005. Heartwood extractives in larch and effects on X-ray densitometry. Canadian Journal of Forest Research 35: 2781-2786.
- IAWA COMMITTEE. 2004. IAWA LIST OF MICROSCOPIC FEATURES FOR SOFTWOOD IDENTIFICATION. IAWA Committee. H. G. Richter, D. Grosser, I. Heinz y P. E. Gasson (Editores). IAWA Bulletin 25: 1-70.
- INFOR – UNIDAD DE TECNOLOGÍAS E INDUSTRIAS DE LA MADERA. 1998. – 218 – C 1 – 39 pp- Caracterización de *Pinus Ponderosa* – Concepción, Chile.
- JOVANOVSKI, A.; JARAMILLO, M.; LOGUERCIO, G.; ANTEQUERA, S. 2002. Densidad de la madera de *Pinus ponderosa* (Dougl. Ex Laws) en tres localidades de Argentina. Bosque 23: 99-104.
- JOVANOVSKI, A.; POBLETE, H.; TORRES, M.; FERNANDEZ, A. 1998. Caracterización preliminar tecnológica de *Pinus ponderosa* (Dougl.) creciendo en Chile. Bosque 9: 71-76.
- KOJIMA, M.; YAMAMOTO, H.; YOSHIDA, M.; OJIO, Y.; OKUMURA, K. 2009. Maturation property of fast growing hardwood plantation species: A view of fiber length. Forest Ecology and Management, 257. Pp 15-22
- LOMAGNO, J. 2003. Esfuerzos característicos y de diseño en piezas estructurales de madera. Resistencias de diseño de maderas de la Patagonia. Revista Patagonia Forestal, Año IX, N.º 3. CIEFAP. 4 pp.
- LOMAGNO, J. 2006. Uso estructural de postes de pino ponderosa de Patagonia. Actas de 19.º Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural. Mar del Plata Pcia. de Buenos Aires, Argentina. Pp 5.
- MARTINEZ-MEIER, A.; GALLO, L.; PASTORINO, M. 2011. Variación fenotípica de la densidad básica de la madera de árboles plus de *Pinus ponderosa*. Bosque.32: 221-226.
- MINAGRI. 2011. "Elaboración de un mapa de plantaciones forestales de la república argentina de actualización permanente". 2011. Área SIG e Inventario Forestal. Dirección de Producción Forestal. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación. <http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/inventario/mapa%20de%20planta.html> (verificado: 17 de junio de 2014)
- MOYA ROQUE, R.; VALENZUELA H.; SALAZAR F. R. 2003. Efecto de la fertilización a la pradera sobre la delimitación y características del período juvenil de *Pinus radiata* D. Don. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales. 12: 13-23.
- MUÑOZ, G.; CORADIN, V. 1991. Norma de procedimientos en estudios de anatomía da madeira. II Gimnospermae Comissae de estudos. CE: 11.01.07.002. ABNT. Brasilia: Laboratorio de Produtos Florestais, Serie Técnica. 117 p.
- MURACE, M.; SPAVENTO, E.; RIVAS, P.; SAPARRAT, M.; KEIL, G. 2012. Comportamiento de la madera del pino ponderosa (*Pinus ponderosa* Dougl. ex. Laws.) expuesta a degradación por Gloeophyllum sepiarium (Gloeophyllales, Basidiomycota). III Congreso Iberoamericano de Protección de la Madera. 26 al 28 de noviembre. Concepción, Región Biobío, Chile. RIPMA – Universidad del Bio-Bío. Presentación oral. Resumen publicado en actas.
- MUTZ, R.; GUILLEY, E.; SAUTER, H.A.; NEPVEU, G. 2004. Modelling juvenile-mature wood transition in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) using nonlinear mixed-effects models. Annal of Forest Science Pp. 831-841.

ROJAS GARCÍA, F.; VILLERS RUIZ, L. 2005. Comparación de dos métodos para estimar la densidad de la madera de *Pinus hartwegii* Lindl. del Volcán La Malinche. *Madera y Bosques* 11: 63-71.

SIRVIÖ, J.; KÄRENLAMPI, P. 2001. The effects of maturity and growth on the properties of spruce wood tracheids. *Wood Science and Technology*. Vol 35(6): 541-554.

SMITH, D. 1954. Maximum moisture content method for determining specific gravity of small wood samples. *Forest Products Laboratory*. Rept. N.º 2014. USDA. Forest Service. Madison, Wis. EUA. 8p.

THOMAS, R.J. 1985 – The characteristics of juvenile wood. *Symp. Util Chang Wood Res. South U S North Carolina State Univ. Raleigh. North Carolina*. 18pp.

YANG, K.C.; BENSON, C. 1997. Ultrastructure of pits in *Pinus banksiana* Lamb. *Wood Science and Technology* 31:153-169.

ZINGONI, M.I.; ANDIA, I.; MELE, U. 2007. Longitud de traqueidas y madera juvenil en el fuste de un árbol de pino ponderosa de 50 años -SO NEUQUEN - III Congreso Iberoamericano de Productos Forestales IBEROMADERA 2007. 3 al 5 de julio, Buenos Aires, Argentina.

Longitud de la vaina como determinante de la calidad de hojas de *Festuca arundinacea* durante un período de rebrote

INSUA, J.R.^{1,2,3}; DI MARCO, O.N.³; AGNUSDEI, M.G.²

RESUMEN

Se evaluó la calidad nutritiva de las láminas de rebrotes de *Festuca arundinacea* provenientes de dos tratamientos de corte de distinta altura de remanentes (40 mm y 100 mm). El experimento se realizó en 500 macetas al aire libre sin limitantes hídricas ni de N y P, en un diseño completamente aleatorizado (n=3) en la primavera-verano 2011-2012. Se midió la tasa de Elongación Foliar (TEF), Intervalo de Aparición de Hoja (IAH), Vida Media Foliar (VMF), Número de Hojas Vivas (NHV) y largo de lámina y vaina en 15 macollos marcados por tratamiento. Paralelamente, se realizaron tres cosechas destructivas de 6 macetas/tratamiento/repetición, cuando la pastura tenía 2, 3 y 4 hojas acumuladas por macollo (2H, 3H y 4H, respectivamente). En las láminas se determinó el contenido de Fibra Detergente Neutro (FDN), la digestibilidad de la FDN (DFDN) y la Digestibilidad Aparente de la Materia Seca (DAMS) a 24 h de incubación *in vitro* (digestor DaisyII, ANKOM). Las variables de morfogénesis se analizaron como medidas repetidas en el tiempo, y las de calidad ajustando funciones de regresión con la edad y largo foliar. Las comparaciones se realizaron mediante análisis de variables Dummy y ANVA (Tukey). La temperatura media diaria del rebrote fue de 19,7±3° C. La altura del remanente afectó la morfogénesis, estructura foliar y la calidad de las láminas del rebrote. El remanente más bajo produjo un rebrote con vainas más cortas (65 vs. 130 mm), láminas de menor longitud (444 vs. 629 mm), de menor TEF (16 vs. 25 mm.día⁻¹) e IAH (275 vs. 354°Cd), sin diferenciarse en VMF (629±34 GDC). También tuvo más hojas vivas por macollo (2,5 vs. 2,0 hojas vivas.macollo⁻¹) y láminas de mayor calidad. Estas tuvieron un aumento del 16% en la DFDN, de 9% en la DAMS y similar FDN (62,3±0,6%). Se concluye que los cambios ocasionados por la reducción del tubo de vainas en la morfogénesis, en la estructura foliar y en la digestibilidad de la fibra favorecen la calidad del rebrote.

Palabras clave: altura de remanente, VMF, FDN, DFDN, edad foliar, largo de lámina.

ABSTRACT

Leaf blade nutritional quality of two regrowths of *Festuca arundinacea* differing in stubble height (40 mm and 100 mm) was evaluated during spring-summer (2011-2012). The experiment was conducted outdoor without limitations of water, N and P, in 500-pots arranged in a completely randomised design (n=3). The leaf elongation rate (LER), leaf appearance interval (LAI), leaf life span (LLS), number of living leaves (NLL) and length of

¹Becario doctoral de CONICET.

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Balcarce.

³Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Correo electrónico: insua.juan@inta.gov.ar

the leaf blade and sheath were measured in 15 marked tillers per treatment. In parallel, three destructive harvests of 6 pots/treatment/replicate were performed when two, three and four leaves were accumulated per tiller (2L, 3L and 4L, respectively). The NDF, NDF digestibility (NDFD) and the DM apparent digestibility (DMD) were determined in leaf blades, by *in vitro* 24 h-incubation (Daisy^{II} digester). Parameters of morphogenesis were evaluated using repeated measures analysis and those of quality were analysed by regression functions with leaf age and length and dummy variables. The mean values of treatments in each leaf stage were compared by ANOVA (Tukey). The mean daily temperature of regrowth was 19.7 ± 3 °C. Stubble height affected leaf morphogenesis, structure and quality. The lower stubble height regrowth showed a shorter sheath tube length (65 vs 130 mm), leaf blade length (444 vs 629 mm), LER (16 vs 25 mm.day⁻¹) and LAI (275 vs 354 °Cd), but similar LLS (629 ± 34 GDD). It is also had higher NLL (2.5 vs 2.0) and leaf blades of higher quality. NDFD increased 16% and DMD 9%, but NDF did not differ between treatments ($62.3 \pm 0.6\%$). It is concluded that changes occasioned by reduction of sheath tube length on leaf morphogenesis, sward structure and fiber digestibility favour the nutritional quality of regrowth.

Keywords: stubble height, LLS, NDF, NDFD, leaf age, leaf blade length.

INTRODUCCIÓN

Festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) es una especie de gramínea con excelente producción de forraje cuya calidad puede verse gravemente afectada si no es manejada adecuadamente (Milne, 2009). Es conocido que la calidad de todas las especies forrajeras disminuye con el avance del estado fenológico, pero es menos evidente que también ésta declina durante el estado vegetativo del rebrote de la pastura. Dicha pérdida de calidad observada en las hojas vivas de un rebrote es consecuencia de la ocurrencia de un proceso continuo de caída de Digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro (DFDN) asociado al avance de la edad de los tejidos y al aumento del largo de las hojas (Groot y Neuteboom, 1997; Agnusdei *et al.*, 2012; Insua *et al.*, 2012, 2013; Di Marco *et al.*, 2013). Por otra parte, cuando la hoja comienza a senescer se desencadena una aguda caída de calidad (Insua *et al.*, 2012) debido a la pérdida de compuestos celulares inherente a este proceso.

El ajuste de la frecuencia de defoliación en función del tiempo que tardan las hojas en comenzar a senescer es una medida práctica recomendada para optimizar la producción y la calidad del forraje consumido por los animales (Fulkerson y Donaghy, 2001). Por su parte, dado que el largo de las hojas es controlado por la longitud del tubo de vainas que atraviesan las hojas en crecimiento (Skinner y Nelson, 1995), la reducción de su longitud a través de la altura de defoliación es una vía propuesta para manejar indirectamente la calidad del forraje (Duru y Ducrocq, 2002).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la factibilidad de aumentar la calidad de un rebrote de primavera de *F. arundinacea* a través de la reducción inicial del tamaño de vaina. A tal fin se analizó el efecto de dos remanentes de corte de distinta altura, sobre la morfogénesis, estructura y calidad de las hojas durante un período de rebrote.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) INTA de Balcarce (sudeste Bonaerense, 37° 45' S; 58° 18' W) durante un rebrote de primavera-verano (2011-2012) de *F. arundinacea* Schreb. (cv El Palenque Plus INTA). Las plantas crecieron en 500 macetas (20 cm de diámetro x 40 cm de alto) al aire libre sin limitantes hídricas ni nutricionales. La siembra se llevó a cabo el 04 de agosto de 2009 en un sustrato extraído del horizonte A de un suelo Argiudol típico, con un diseño completamente aleatorizado de tres repeticiones (DCA, n=3). Se aplicó riego por aspersión hasta capacidad de campo, y se realizó una fertilización inicial con 150 kg N ha⁻¹ de nitrato de amonio calcáreo (0,6 mg maceta⁻¹) y 50 kg P ha⁻¹ de fosfato diamónico (0,2 mg maceta⁻¹), más fertilizaciones semanales de 35 kg N ha⁻¹ de nitrato de amonio calcáreo (0,14 mg maceta⁻¹) durante todo el ensayo.

Entre el 05 de septiembre de 2011 y 27 de octubre de 2011 (primavera temprana) se realizó un período pre-experimental de modo de generar dos tratamientos de largo de vainas. Para ello las plantas fueron cortadas aproximadamente cada 20 días (3 cortes) dejando dos alturas remanentes (R): 40 mm (R40) y 100 mm (R100). Ambos tratamientos presentaron suficiente biomasa foliar ($35 \pm 5\%$ de láminas foliares) como para garantizar un rápido crecimiento inicial del rebrote. Las alturas de corte aplicadas fueron elegidas por representar un rango normalmente alcanzado por ganado vacuno en pastoreo, y de manera de incluir un nivel de remoción intensa de forraje entre fin de invierno e inicio de primavera (i.e. ~40-50 mm de remanente), el cual es recomendado para promover altas producciones de forraje vegetativo durante el crecimiento estacional subsiguiente (Milne, 2009).

El período de muestreo de calidad se extendió del 27 de octubre de 2011 al 10 de febrero de 2012. En 15 macetas

de las 250 disponibles por tratamiento se marcó un macollo adulto (15 macollos totales/tratamiento) para monitorear tri semanalmente la morfogénesis foliar. Los registros realizados fueron: Intervalo de Aparición de Hojas (IAH), Tasa de Elongación Foliar (TEF), Vida Media Foliar (VMF) y Número de Hojas Vivas por macollo (NHV). La VMF se midió como los GDC acumulados desde la aparición de la lámina visible y el comienzo de la senescencia. Conjuntamente, en el momento en que apareció la 2a, 3a y 4a hoja completamente expandida (denominados en adelante estado de hoja 2H, 3H y 4H, respectivamente) se realizaron cosechas de biomasa sobre 6 macetas elegidas al azar en cada tratamiento y repetición. Una de ellas se destinó para el análisis de la calidad del conjunto de láminas. Las 5 restantes se usaron para evaluar el efecto de la edad y el largo foliar sobre la calidad de láminas individuales. En cada momento de cosecha (i.e. 2H, 3H y 4H) las láminas se agruparon por categoría de edad: recién expandida (o lígula visible), adulta y pre-senescente. Las láminas y vainas se midieron y pesaron por separado.

El material vegetal se liofilizó y molió con un molino tipo Cyclotec con malla de 1 mm y se llevó a laboratorio para análisis de contenido (en %) de FDN (Van Soest *et al.*, 1991), e incubación a 24 h en digestor Daisy^{II} para determinar Digestibilidad de la FDN (DFDN) y Digestibilidad Verdadera de la Materia Seca (DVMS). La DVMS se convirtió en digestibilidad aparente (%), DAMS) restando el factor metabólico 11,9 propuesto por Van Soest (1994).

Adicionalmente, se realizaron registros de temperatura a lo largo del día mediante Data Loggers (Spectrum Technologies Inc., East-Plainfield, IL, USA) ubicados en la base de las plantas de 4 macetas. La información se usó para determinar la temperatura media diaria (TMD) y calcular sumas térmicas (GDC, temperatura base de 4° C). La TMD fue de 19,7±3° C con una temperatura mínima y máxima promedio de 13,9±3 y 27,5±3° C, respectivamente.

Las variables de morfogénesis se analizaron como mediciones repetidas en el tiempo. La calidad del conjunto de láminas se evaluó estadísticamente mediante ANVA para un diseño DCA de dos factores (tratamiento – R40 y R100 – y estado de hoja – 2H, 3H, 4H –) con tres repeticiones (n=3); las medias se compararon mediante la prueba de Tukey (p<0,05). Se ajustaron funciones entre calidad vs. la edad (GDC) o el largo de lámina; las comparaciones se realizaron mediante variables *Dummy*. Se emplearon los procedimientos GLM y REG de la versión 8 del paquete estadístico SAS (SAS, 2001).

RESULTADOS

Largo foliar

La longitud del tubo de vainas al inicio del rebrote fue de 35±2 mm en R40 y 90±4 mm en R100. En ambos, el largo del tubo de vainas se incrementó 74,8±16,6 mm durante todo el rebrote a una tasa de 0,1±0,02 mm cada 20 °Cd, sin diferencias entre tratamientos (p>0,08). El largo de lámina promedio fue menor en R40 que en R100 (p<0,001), con

valores de 444±15 y 629±15 mm, respectivamente. La relación entre el largo del tubo de vainas y de lámina se ajustó ($R^2=0,84$) a una función del tipo sigmoidea (figura 1). Según esta función, el largo de lámina aumentó con la vaina hasta alcanzar un máximo de 587 mm cuando el tubo de vainas llegó a ~120 mm. Si bien posteriormente el tubo de vainas continuó aumentando durante el período de rebrote, las láminas que fueron apareciendo no aumentaron de longitud.

Morfogénesis foliar

Los tratamientos determinaron un aumento en el NHV y una reducción en el IAH de R40 respecto de R100, no obstante, no se determinaron modificaciones en la VMF. El aumento en la producción de hojas de R40 fue compensado por una reducción en la TEF (tabla 1).

Parámetros	R40	R100	EE
VMF(°Cd)	640 a	617 a	34
TEF (mm día ⁻¹ macollo ⁻¹)	16 b	25 a	0,86
IAH (°Cd)	275 b	354 a	18
NHV (hojas macollo ⁻¹)	2,5 a	2,0 b	0,16

Tabla 1. Variables de morfogénesis foliar de *F. arundinacea* en rebrotes provenientes de remanentes (R) de dos alturas de corte (40 y 100 mm). Letras diferentes significan diferencias significativas (p<0,05). EE: Error estándar de la media (n=3).

Calidad nutritiva

Durante el período de rebrote la DAMS y la DFDN de los macollos disminuyeron con el incremento en el número de hojas acumuladas (estados de hoja 2H, 3H y 4H) en ambos tratamientos (p<0,001), pero R40 mostró mayor DAMS (~9%) y DFDN (~16%) sin diferenciarse (p>0,05) en contenido de FDN (62,3±0,6%). La senescencia también aumentó con la acumulación de hojas en ambos tratamientos (tabla 2). Por ejemplo, cuando los macollos tenían 3H, había una hoja seca en R100 y media hoja seca en R40, lo cual representaba el 30% y 7,9% del largo foliar total, respectivamente.

En las láminas individuales de los macollos el contenido de FDN se mantuvo relativamente constante (p>0,6) durante la VMF, sin diferencias entre tratamientos (59,3±1,2%). Es decir, el contenido de FDN no varió mientras las hojas permanecieron verdes, independientemente de la categoría de edad. En cambio la DFDN disminuyó con la edad de la hoja (figura 2a) y con el aumento de largo foliar entre generaciones sucesivas de hojas del rebrote (figura 2b), sin diferencias entre tratamientos (p>0,41). La disminución de la DFDN de las láminas fue lineal con la edad térmica (p<0,0001). En cambio, la DFDN mostró una relación cuadrática negativa (p<0,008) con el largo foliar, debido a que disminuyó los primeros 500 mm (a 0,6±0,2 cada 10 mm) y luego se estabilizó en una asíntota de ~42% DFDN.

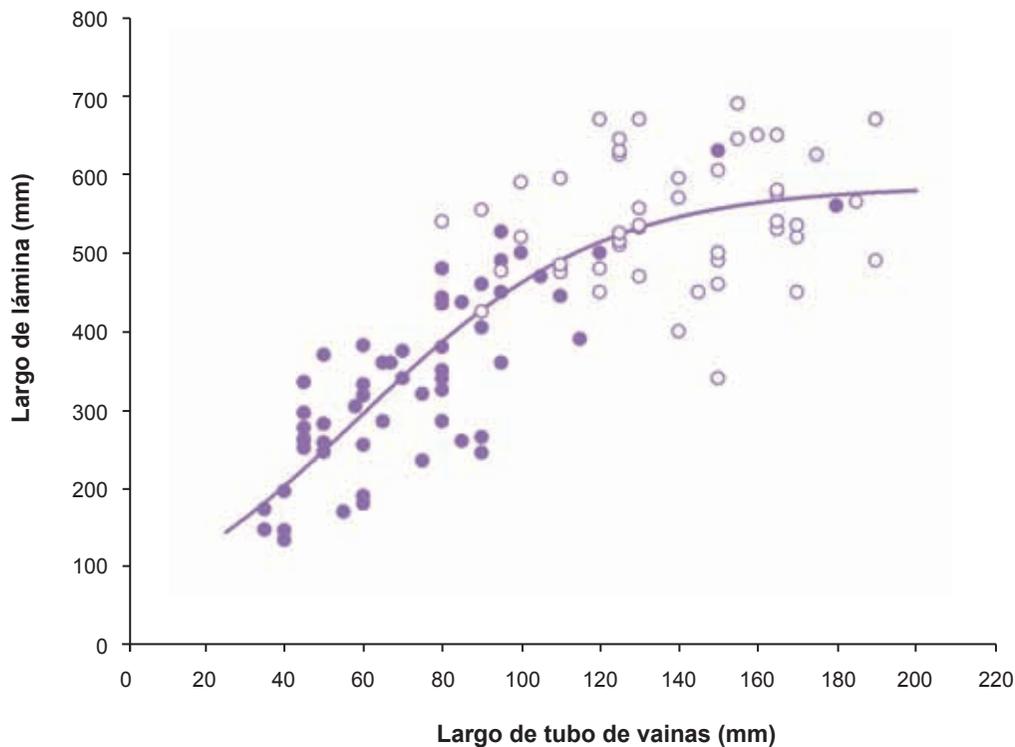


Figura 1. Relación entre el largo de lámina y del tubo de vainas de hojas recientemente expandidas durante el rebrote de pasturas de *F. a arundinacea* provenientes de remanentes (R) de dos alturas de corte (R40, ● y R100, ○ mm). $y = 587 / (1 + (e^{-\frac{x-59}{31}}))$; $R^2=0,84$; error estándar: 77,3.

Estado de hoja	GDC		N.º hojas senescentes		% senescencia		FDN		DAMS		DFDN	
	R40	R100	R40	R100	R40	R100	R40	R100	R40	R100	R40	R100
2H	485	587	0	0	0,5±0,3 a	2,6±2,9 a	58,2±0,8 a	60,7±1,1 a	57,8±2,6 a	51,3±1,0 b	47,9±5,2 a	39,3±2,7 b
3H	723	1136	0,5	1	7,9±2,4 b	30±3,5 a	61,7±1,3 a	63,8±1,8 a	52,5±2,3 a	44,5±1,8 b	42,3±3,1 a	31,7±1,2 b
4H	1449	1498	1,5	2	38±9,1 a	38±3,1 a	64,8±0,9 a	64,8±2,3 a	42,5±1,7 a	44,1±2,9 a	29,6±2,7 a	32,0±3,8 a

Tabla 2. Senescencia (%) y calidad (%) del total de láminas acumuladas (H) por macollo, en rebrotes de *F. arundinacea* provenientes de remanentes (R) de dos alturas de corte (40 y 100 mm). Letras diferentes significan diferencias significativas ($p < 0,05$). ±: Error estándar de la media (n=3).

DISCUSIÓN

En base a que la calidad del forraje disminuye a medida que aumenta el largo de las hojas (Groot y Neuteboom, 1997; Duru y Ducroq, 2002; Agnusdei *et al.*, 2012), el presente estudio buscó evaluar si plantas de festuca alta que producen láminas cortas en respuesta al manejo de la defoliación presentan mayor calidad del forraje que plantas de hojas largas durante el crecimiento de primavera. Los resultados obtenidos muestran que el acortamiento de las vainas determinó cambios en la morfogénesis y estructura de las hojas que se tradujeron en una mayor digestibilidad de la fibra y calidad del forraje (tabla 2), sin afectar la producción total por unidad de superficie (datos no presentados).

Morfogénesis y estructura foliar

La menor altura de remanente (R40) aplicada en el periodo pre-experimental permitió lograr plantas con vainas 56 mm más cortas que el tratamiento más laxo (R100), hecho que se tradujo en una reducción de ~30% en la longitud promedio de las láminas que aparecieron durante el rebrote subsiguiente respecto de R100 (figura 1). Estos resultados muestran la efectividad que tuvieron los tratamientos de remanente aplicados para modificar la conformación estructural de las plantas.

Los cambios morfológicos y estructurales ocasionados por la reducción de la altura de remanente produjeron un

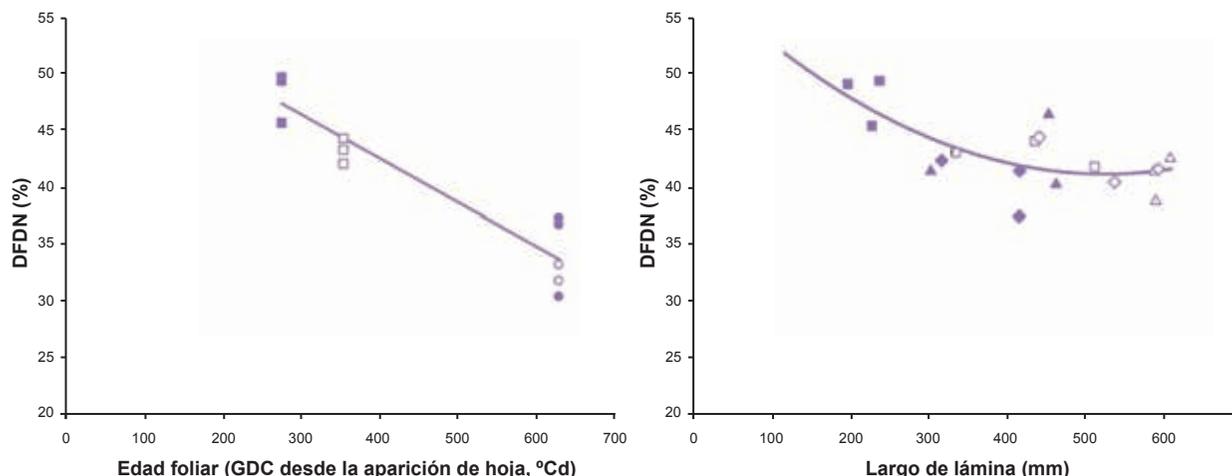


Figura 2. Disminución de la DFDN con la edad foliar (a) y largo de lámina (b) de hojas de rebrotes de *F. arundinacea* provenientes de remanentes (R) de dos alturas de corte, 40 (negro) y 100 mm (blanco). En a: hojas recientemente expandidas, ■□ y pre-senescentes, ●○. $y = -0,039x (\pm 0,005) + 58 (\pm 2,3)$, $R^2=0,88$, $p<0,0001$. En b: hojas recientemente expandidas en los estados 2H, ■□; 3H, ▲△; 4H, ◆◇. $y = 0,00008x^2 (\pm 0,00005) - 0,11x (\pm 0,06) + 78 (\pm 15)$, $R^2=0,47$, $p<0,008$.

efecto no esperado sobre la edad del material cosechado en cada tratamiento. Como ambos tratamientos se cosecharon en función al número de hojas acumuladas por macollo (estado de hojas, Fulkerson y Donaghy, 2001), la mayor frecuencia con que aparecieron las hojas en R40 (<AHI) provocó que las cosechas (H2, H3 y H4) se realizaran antes (<GDC) que en R100 (tabla 2). En consecuencia, las hojas cosechadas en R40 resultaron de menor edad que las de R100.

La VMF fue el único parámetro de morfogénesis que no fue afectado por la altura de remanente (tabla 1) indicando que la senescencia comenzó en ambos tratamientos a partir de ~630 GDC desde el inicio del rebrote. La VMF es importante como criterio de manejo del pastoreo orientado a evitar las pérdidas de producción y calidad de forraje por senescencia (Fulkerson y Donaghy, 2001). El valor observado en este experimento resultó similar al reportado por Insua *et al.* (2012) para el mismo cultivar en verano, lo cual corrobora que la VMF es un parámetro inherente al cultivar e independiente de la temperatura diaria y del manejo de la defoliación (Lemaire y Chapman, 1996).

Calidad de las hojas

La calidad de las láminas durante el rebrote disminuye por tres causas: aumento de la edad durante la VMF, incremento del largo foliar entre las hojas sucesivamente aparecidas del rebrote, y senescencia (Groot y Neuteboom, 1997; Agnusdei *et al.*, 2012; Di Marco *et al.*, 2013). De estas tres variables, la senescencia es la principal fuente de pérdida de calidad foliar debido a que determina un aumento pasivo de FDN por translocación de compuestos solubles, y una caída de la DFDN (Insua *et al.*, 2012). Como fue mencionado en la sección previa, con la altura de remanente no sólo se logró afectar el largo foliar sino que

también se logró incidir indirectamente en la edad y, por ende, en la senescencia del conjunto de láminas cosechado. Esto se reflejó efectivamente en una mejora de 16% en DFDN y de 9% en DAMS del promedio de las cosechas de R40 con respecto a R100, sin diferencias en FDN (tabla 2).

Para determinar en qué medida las mejoras en calidad observadas en R40 se debieron al efecto de producir láminas de hojas más cortas, se comparó la DFDN de ambos tratamientos durante la VMF (i.e. H2), momento en que la calidad sólo disminuye por variaciones en DFDN con la edad y largo foliar (Insua *et al.*, 2012). En H2, la disminución de la altura de remanente ocasionó un aumento en la DFDN de las láminas de 8,6 puntos (tabla 2). Según la ecuación de la figura 2a, estas diferencias entre tratamientos se explicarían en un ~50% (4 puntos) por efecto de la edad foliar como consecuencia de cosechar R40 unos 102 GDC antes que R100 (tabla 2). El ~50% de las diferencias restantes (4,6 puntos) se debería al efecto del largo foliar sobre la DFDN (figura 2b). De estos cálculos surge que la reducción de la altura de remanente aumenta la DFDN de las hojas cosechadas a través de dos efectos: un efecto morfogénético que permite cosechar tejido foliar de menor edad a un mismo estado de hoja (e.g. H2, H3); y un efecto directo sobre la DFDN por disminución del largo de lámina de las hojas.

Un dato interesante a destacar es que las tasas de pérdida de DFDN con la edad y el largo foliar fueron similares a las reportadas en trabajos previos con el mismo cultivar en diferentes épocas del año (Insua *et al.*, 2012, 2013). Estos resultados muestran la importancia de la senescencia (o VMF) y del largo foliar como determinante de la calidad de pasturas en estado vegetativo. Por lo tanto, una "buena práctica de manejo" para producir forraje de alta calidad con festuca alta consistiría en defoliar el rebrote antes de los 500-600 GDC (2-3 hojas vivas) dejando un remanente de defoliación de 35-45 mm.

CONCLUSIÓN

La reducción de la longitud del tubo de vainas al inicio del rebrote por medio del control de la altura de remanente incide en la morfogénesis, estructura y calidad de la pastura durante su desarrollo vegetativo. Así es que, la reducción de la altura de corte del remanente produce una pastura con mayor número de hojas por macollo, con hojas más cortas y de mayor digestibilidad. Este simple criterio de manejo de la defoliación es una herramienta sencilla para controlar la pérdida de calidad de una pastura en estado vegetativo.

BIBLIOGRAFÍA

- AGNUSDEI, M.G.; DI MARCO, O.N.; NENNING, F.R.; AELLO, M.S. 2012. Leaf blade nutritional quality of rhodes grass (*Chloris gayana*) as affected by leaf age and length. *Crop and Pasture Sci.* 62: 1098–1105.
- DI MARCO, O.N.; HARKES, H.; AGNUSDEI, M.G. 2013. Calidad de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) en estado vegetativo en relación a la edad y longitud de las hojas. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)*. 39:105–110.
- DURU, M.; DUCROCQ, H. 2002. A model of lamina digestibility of orchardgrass as influenced by nitrogen and defoliation. *Crop Sci.* 42: 214–223.
- FULKERSON, W.J.; DONAGHY, D.J. 2001. Plant soluble carbohydrate reserves and senescence – key criteria for developing an effective grazing management system for perennial ryegrass: a review. *Aust. J. Exp. Agric.* 41: 261–275.
- GROOT, J.C.; NEUTEBOOM, J.H. 1997. Composition and digestibility during ageing of Italian ryegrass leaves of consecutive insertion the same levels. *J. Sci. Food Agric.* 75: 227–236.
- INSUA, J.R.; DI MARCO, O.N.; AGNUSDEI, M.G. 2013. Calidad nutritiva de láminas de “festuca alta” (*Festuca arundinacea* Schreb) en rebrotes de verano y otoño. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)*. 39(3): 267–272.
- INSUA, J.R.; AGNUSDEI, M.G.; DI MARCO, O.N. 2012. Calidad nutritiva de láminas de dos cultivares de “festuca alta” (*Festuca arundinacea* Schreb). *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)*. 38(2): 190–195.
- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. *En: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) The ecology and management of grazing system.* CAB International. pp. 3–36.
- MILNE, G.D. 2009. Management in New Zealand, Australia, and South America. In: Fribourg, H.A.; Hannaway, D.B.; West, C.P. (eds.). *Tall fescue for the Twentyfirst Century.* Agron. Monogr. 53. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. pp.101-118.
- SAS. 2001. *SAS/STAT® User's guide (Release 8.0).* SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. 1995. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. *Crop Sci.* 35: 4–10.
- VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant.* Cornell University Press, Ithaca, NY. 476 p.
- VAN SOEST P.; ROBERTSON, J.; LEWIS, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dietary Sci.* 74: 3583–3597.

Evaluación de tecnologías alternativas de manejo para disminuir los daños causados por el viento en frutos de pera cv. Williams, en el alto valle de Río Negro, Argentina

RODRÍGUEZ, A.^{1*}; THOMAS, E.¹; CANCIO, H.¹; MENNI, F.¹

RESUMEN

El viento, en los valles irrigados de Río Negro y Neuquén, es una adversidad climática importante, principalmente en primavera. La variedad de pera de mayor producción en esta región es Williams (*Pyrus communis* L. cv. Bartlett) y es muy sensible al daño provocado por el viento (rameado), registrándose pérdidas de calidad y económicas de importancia. El uso de cortinas forestales permite atenuar el efecto del viento sobre los cultivos, sin embargo, se cuestionan debido a la competencia por luz, agua y nutrientes. La poda es una práctica fundamental en frutales para controlar el vigor y mejorar la productividad y el tipo de poda realizada puede considerarse una alternativa para disminuir el riesgo de daño por rameado. El objetivo de este trabajo fue evaluar y cuantificar el efecto protector de una cortina rompeviento de álamos y la incidencia de dos tipos de poda sobre la proporción de frutos rameados. La velocidad y la dirección del viento fue registrada a 10 metros de altura con una estación meteorológica automática. Se trabajó durante tres temporadas en parcelas de productores. La evaluación del rameado de los frutos se realizó en forma visual sobre el árbol y se los clasificó en: frutos sanos, frutos con daño moderado y frutos con daño grave. El muestreo se realizó sobre árboles frutales a tres distancias desde la cortina: 1H, 2,5H y 5H (múltiplos de la altura de la misma). Se realizaron cuatro tratamientos: poda larga con y sin cortina rompeviento, y poda corta con y sin cortina rompeviento. Se observó que con vientos fuertes, una cortina forestal adecuada, disminuye hasta un 20% la proporción de frutos dañados y otorga una protección significativa hasta aproximadamente 5H de distancia. Bajo las condiciones de este ensayo, el tipo de poda no afecta la proporción de frutos sanos y con daño moderado. La poda corta disminuye significativamente el porcentaje de frutos con daño de tipo grave.

Palabras claves: *Pyrus communis* L., barreras rompeviento, poda.

ABSTRACT

*In irrigated valleys of Río Negro and Neuquén, where strong winds are a constraint to agricultural production, especially in spring. In this region the principal pear cultivar corresponds to Bartlett (*Pyrus communis* L. cv. Bartlett) that is very sensitive to wind damage, which causes important quality and economic losses. Live wind-breaks are often planted in agricultural fields to protect crops, and soils from wind hazards effect. However they*

¹INTA EEA Alto Valle, Río Negro, Argentina.

*Autor de correspondencia: rodriguez.andrea@inta.gob.ar

are questioned because of their competition for light, water and nutrients. Pruning is a necessary cultural practice in orchards to control vegetative vigour and improve production. The pruning could be an alternative to reduce the risk of wind damage. The aim of this study was to evaluate and quantify the effect of a windbreak barrier of poplars and two pruning systems on the proportion of damage fruits. Wind speed and direction was recorded at 10 m high from a meteorological station. The evaluation was made over three seasons in grower fields. Fruit damage was visually classified as: healthy fruits, moderate damaged fruits, severe damaged fruits. Sampling was made on trees at three distances from windbreak: 1H, 2.5H and 5H (multiples of windbreak height). There were four treatments: long pruning with and without windbreak and short pruning with and without the windbreak. The results presented showed that, with strong winds the proportion of damaged fruit were 20% lower with live windbreak than without windbreak. On the other hand, windbreak provides significant protection at a distance of 5H. Under the conditions of this experiment the type of pruning does not affect the proportion of healthy and moderate damage fruit. Pruning cuts significantly decreases the percentage of damage severe fruit.

Keywords: *Pyrus communis* L., windbreak, pruning.

INTRODUCCIÓN

En los valles del norte de la Patagonia el viento es un factor meteorológico de gran importancia. En el período comprendido entre los meses de septiembre a diciembre se registra la mayor frecuencia de vientos con velocidades mayores a 20 km.h⁻¹ y ráfagas que alcanzan los 80 km.h⁻¹. La dirección predominante es del cuadrante oeste-suroeste. En los últimos años hubo un incremento en frecuencia y velocidad en el mes de noviembre. Desde el punto de vista agrometeorológico es importante evaluar el comportamiento del viento en función de tres variables: velocidad, frecuencia y momento de ocurrencia dentro del ciclo del cultivo.

El cultivar de pera de mayor producción en esa región es Williams (*Pyrus communis* L. cv. Bartlett). Dadas sus características epidérmicas es muy sensible al daño provocado por la acción del viento. Luego de períodos ventosos se han observado caída de frutos, rotura y quemado de hojas y brotes. Sin embargo, el efecto más visible del viento se produce sobre el fruto y el daño se conoce como rameado. El rameado es una lesión superficial causada por rozamiento del fruto contra estructuras de la planta, provocando suberificación de la epidermis.

El uso de barreras rompeviento permite atenuar el efecto perjudicial del viento sobre el desarrollo de los cultivos y la calidad de los frutos. En esta región se utilizan cortinas forestales para tal fin, sin embargo, su uso se cuestiona debido a la competencia que ejerce sobre el monte frutal por luz, agua y nutrientes (Nolting, 1992). Los clones de álamo más difundidos son el criollo (*Populus nigra* L. 'Italica') y el chileno (*Populus nigra* L. 'Chile'), y en menor proporción clones de álamo plateado (*P. alba* var. *Pyramidalis* Bunge y *P. xcanescens* Smith) y de álamo híbrido (*P. xcanadensis* Moench). En general, la disposición del sistema de riego determina que los cuadros se rieguen en las direcciones oeste-este o norte-sur, por lo que las barreras están ubicadas en esos sentidos. La orientación óptima para las mismas es de manera perpendicular al viento predominante, suroeste y oeste

(Nolting, 1992). Los principales factores que inciden en la reducción relativa de la velocidad del viento son la porosidad de la cortina y la distancia desde la cortina, expresado como múltiplos de su altura total (Peri, 1998). Peri (1998), en estudios realizados en la provincia de Santa Cruz, concluye que las cortinas semipermeables, con porosidades entre 15 y 45%, reducen la velocidad del viento en forma significativa hasta una distancia equivalente a 15 veces su altura.

Aun en presencia de cortinas rompeviento, el daño por rameado es una de las principales causas de pérdida de calidad de la fruta. La poda es una práctica frecuente en frutales y puede considerarse una alternativa para disminuir el riesgo de daño. Se realiza principalmente durante el reposo vegetativo y el objetivo es acondicionar la estructura del árbol para mejorar la entrada de luz a la canopia, priorizar estructuras fructíferas y controlar el crecimiento vigoroso que va en desmedro de la productividad (Arjona y Santinoni, 2007). De acuerdo a la intensidad con que se realiza, se define como poda corta o poda larga. La diferencia se debe a la longitud del material que se deja sobre las ramas estructurales y productivas. La poda larga está caracterizada por tener estructuras productivas sobre ramas cargadoras de más de 60 cm y de área basal menor a 2,4 cm². La poda corta, en cambio, tiene las estructuras productivas sobre ramas menores a 60 cm de longitud y el área basal de estas es igual o superior a 2,4 cm². La finalidad de la poda corta es lograr que los frutos se desarrollen sobre estructuras firmes evitando el movimiento pendular.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto protector de una cortina rompeviento de álamo criollo y la incidencia de dos tipos de poda sobre la proporción de frutos rameados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Registro meteorológico

La velocidad y dirección del viento fue registrada a 10 metros de altura con la estación meteorológica automática

ubicada a 39° 01' S y 67° 40' O (INTA, General Roca, Río Negro). Los valores de velocidad horaria analizados cada temporada corresponden al promedio de los valores registrados cada diez minutos. Se calculó la frecuencia de horas con vientos en diferentes rangos de velocidad de acuerdo a la clasificación de Beaufort; vientos suaves, de 6,1-18 km.h⁻¹; vientos moderados, de 18,1-35 km.h⁻¹; vientos fuertes, de 35,1-54 km.h⁻¹; temporal, más de 55 km.h⁻¹ y ráfagas, velocidad instantánea mayor a 50 km.h⁻¹.

Evaluación de rameado

Las evaluaciones se llevaron a cabo durante tres temporadas (2008/09, 2009/10, 2010/11) en parcelas de productores ubicadas dentro de la zona rural de General Roca. Las parcelas seleccionadas para realizar la evaluación corresponden a montes de pera Williams de 20 años de edad, injertados sobre pie franco, y un adecuado manejo productivo (buen vigor y estado sanitario). El marco de plantación es de 4 metros entre filas y 4 metros entre plantas. El sistema de conducción es en espaldera modificado con orientación de las filas en dirección este-oeste. La cortina rompeviento es de álamo criollo (*P. nigra* L.), conformada por dos filas, con una distancia entre plantas de 1,5 metros y una altura estimada de 22 metros. Se realizaron cuatro tratamientos: 1- poda larga con cortina rompeviento (1H, 2,5H y 5H); 2- poda larga sin cortina rompeviento (1H, 2,5H y 5H); 3- poda corta con cortina rompeviento (1H, 2,5H y 5H); 4- poda corta sin cortina rompeviento (1H, 2,5H y 5H). Para la selección de la parcela con cortina se tuvo en cuenta que la misma se encontrara en buen estado general, sin árboles faltantes y con buena cobertura desde la base. Según la clasificación propuesta por Peri (1998), este tipo de cortina es semipermeable. En cada parcela el muestreo se realizó en árboles frutales a tres distancias desde la cortina, las cuales se expresaron como múltiplo de la altura de la misma: 1H, 2,5H y 5H. Para los tratamientos sin cortina se respetaron las mismas distancias. Se utilizó un diseño factorial completo aleatorizado (2 tipos de poda x2 con y sin cortina x3 distancias) con 6 repeticiones. Cada una de las repeticiones estuvo representada por un árbol por fila, del cual se muestreó un total de 50 frutos tomados al azar entre 1,5 y 2 metros de altura. Para el análisis estadístico se realizó un ANVA con un nivel de significancia del 5% ($p=0,05$) y la evaluación de interacción entre factores con el programa estadístico STATISTICA versión 7.

Evaluación del daño

La evaluación del rameado de los frutos se realizó una semana antes de la cosecha, en forma visual sobre cada árbol y se los clasificó en tres categorías: frutos sanos (sin daño por rameado), frutos con daño moderado (lesión de forma alargada menor a 2 cm y/o lesión de forma superficial menor a 1,5 cm²), frutos con daño grave (lesión de forma alargada mayor a 2 cm y/o lesión de forma superficial mayor a 1,5 cm²). Esta clasificación concuerda con la reglamentación de control de calidad de frutas frescas

(Capítulo V, Selección y Empaque; Decreto Ley 9244/63): Superior, Elegido y Comercial-descarte, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto protector de la cortina

En las tres temporadas evaluadas se encontraron diferencias estadísticas significativas en la cantidad de frutos sanos, observándose un mayor porcentaje en las parcelas con cortina rompeviento. La presencia de cortina protectora permitió obtener entre un 6 y un 19% más de frutos sanos (tabla 1). En la segunda temporada de estudio, un incremento de días con vientos moderados a fuertes acentuó el efecto protector de la cortina y la proporción de frutos sanos fue un 19% mayor respecto a la parcela sin protección. Bajo esas mismas circunstancias meteorológicas, con la presencia de cortinas, se logra disminuir en un 15% la cantidad de frutos con daño moderado y un 3,5% la proporción de aquellos con daño grave.

Año	Categoría	Con cortina	Sin cortina	p valor
2008/09	Frutos sanos	84,6 b	70,2 a	0,0001
	Frutos con daño moderado	12,9 a	13,3 b	0,0001
	Frutos con daño grave	2,2 a	3,2 a	0,0788
2009/10	Frutos sanos	86,6 b	67,6 a	0,0001
	Frutos con daño moderado	11,0 a	26,6 b	0,0001
	Frutos con daño grave	2,4 a	5,8 b	0,0001
2010/11	Frutos sanos	95,3 b	89,4 a	0,0001
	Frutos con daño moderado	3,5 a	7,4 b	0,0001
	Frutos con daño grave	1,2 a	3,2 b	0,0008

Tabla 1. Proporción de frutos sanos y dañados para parcelas con y sin cortina protectora en cada temporada de estudio.

ANOVA-Letras distintas en la fila indican diferencias significativas al Test Tuckey ($p < 0,05$).

La eficiencia protectora de la cortina disminuyó significativamente a la distancia de 5H, observándose de 5 a 13% más de daño. La pérdida de protección a dicha distancia se acentúa cuando aumenta la frecuencia de vientos de moderados a fuertes (tabla 2).

En la temporada 2009-2010 la frecuencia de horas con vientos moderados y fuertes fue superior con respecto a los otros dos períodos de estudio en los meses de noviembre y diciembre (figura 1). La ocurrencia de ráfagas con intensidad superior a 60 km.h⁻¹ también fue mayor en esta temporada, principalmente los últimos días del mes de no-

Año	H	Frutos sanos, con cortina	Frutos sanos, sin cortina
2008/09	1,0	85,2 a	70,3 a
	2,5	88,7 a	71,8 a
	5,0	80,0 b	68,5 a
	<i>p valor</i>	0,0003	0,7402
2009/10	1,0	94,2 a	64,7 a
	2,5	89,5 b	68,2 a
	5,0	76,2 c	69,8 a
	<i>p valor</i>	0,0001	0,3757
2010/11	1,0	98,0 a	88,5 a
	2,5	96,3 a	89,5 a
	5,0	91,7 b	90,3 a
	<i>p valor</i>	0,0001	0,6270

Tabla 2. Proporción de frutos sanos a distintas distancias desde la cortina para cada temporada.

Letras distintas en columnas indican diferencias significativas al Test Tuckey ($p < 0,05$).

viembre. En esos momentos el tamaño de los frutos fue suficiente como para tener mucho movimiento y no desprenderse de la planta como ocurre a fines de diciembre.

Vientos moderados con velocidades de 18,1 a 35 km.h⁻¹ provocaron daños leves a moderados sobre los frutos y las hojas; con velocidades superiores a 35 km.h⁻¹, la gravedad del daño fue superior produciendo deformaciones importantes en frutos, ramas y hojas (Gil *et al.*, 1988). Según Hagen y Skidmore (1971), las cortinas protectoras con una porosidad del 50% reducen significativamente la velocidad del viento en el orden del 10 al 30%. De acuerdo a esta información, la presencia de cortinas podría disminuir la intensidad de vientos fuertes a valores no menores a 25 km.h⁻¹ y atenuar la velocidad de las ráfagas como máximo a 35 km.h⁻¹. Ante estas condiciones, la ocurrencia de uno o más eventos de vientos fuertes, es suficiente para que se manifieste daño por rameado y, consecuentemente, la pérdida de calidad de los frutos.

De acuerdo a trabajos de Golberg *et al.* (2003), Peri (1998), y Peri y Bloomberg (2002), una cortina de tipo natural con 50% de porosidad protege una longitud de 15 a 20 veces su altura, pero porosidades menores de 15 a 45%

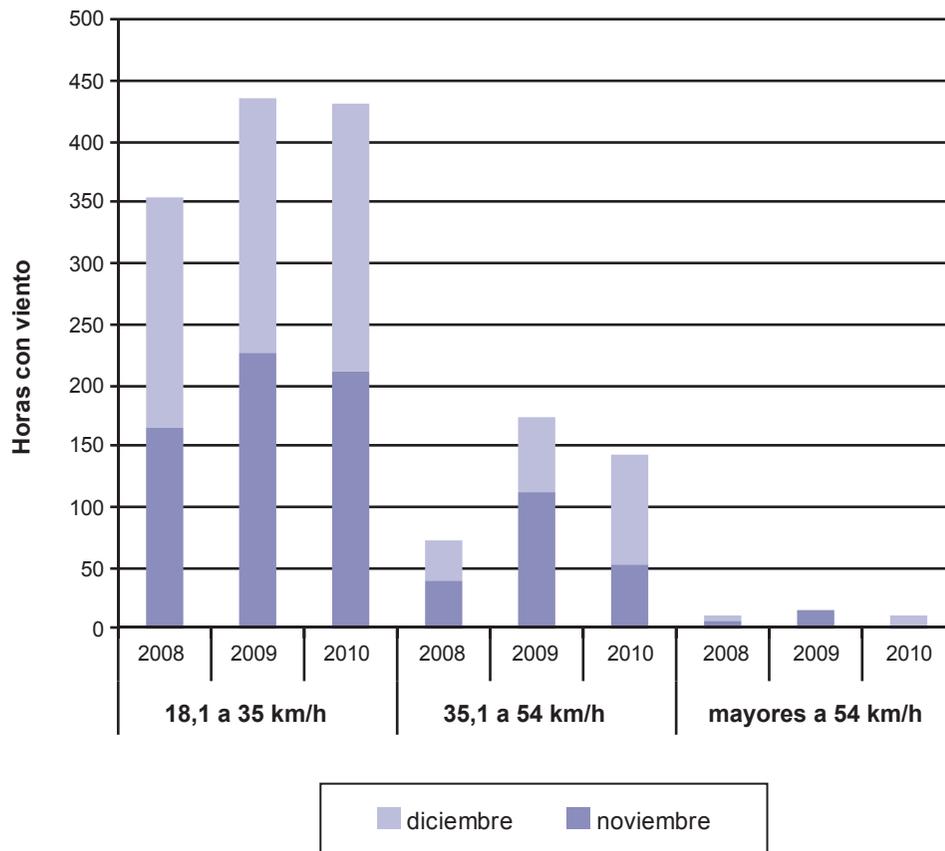


Figura 1. Acumulado de horas con viento en distintos rangos de velocidades en los meses de noviembre y diciembre durante tres temporadas (2008/09, 2009/10, 2010/11).

tienen un efecto protector que varía de 1 a 8 veces la altura de la barrera (características de cortinas utilizadas en fruticultura). Es necesario considerar el cultivo, la velocidad crítica de daño y las características locales del viento para conocer la distancia a la cual la pérdida de calidad es económicamente significativa. En el presente estudio se observó una disminución de frutos sanos del 5 al 13% a una distancia correspondiente a 5 veces la altura de la cortina. En términos productivos, considerando un rendimiento de 45 t.ha⁻¹, tendríamos de 1.600 a 5.000 kg.ha⁻¹ de frutos con daño moderado, y de 360 a 1.100 kg.ha⁻¹ de frutos con daño grave.

Efecto del tipo de poda sobre el nivel de daño por rameado

La poda corta disminuyó la proporción de frutos con daño grave con respecto a la poda larga. Esta disminución fue del 1% con cortina y de 1,5% en ausencia de la misma (tablas 3 y 4). La poda corta garantiza la presencia de estructuras "firmes" que disminuyen el movimiento oscilatorio.

Categoría	p valor	Poda corta	Poda larga
Frutos sanos	0,4721	89,40a	88,30a
Frutos con daño moderado	0,9093	9,15 a	9,30 a
Frutos con daño grave	0,0376	1,44 a	2,41 b

Tabla 3. Proporción de número de frutos para diferentes tipos de poda y grado de daño (2009-2011). Con cortina protectora.

Letras distintas en fila indican diferencias significativas al Test Tuckey ($p < 0,05$).

CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos, la utilización de cortinas rompeviento es fundamental para disminuir el daño por rameado en frutos de pera Williams. Para obtener una protección significativa logrando una disminución de rameado de aproximadamente 20%, las cortinas rompeviento deben ser semipermeables y tener al menos 20 metros de altura. Así, cortinas simples de *P. nigra* 'Jean Pourtet', con un dis-

Categoría	p valor	Poda corta	Poda larga
Frutos sanos	0,6763	75,2 a	76,2 a
Frutos con daño moderado	0,2815	21,4 a	18,9 a
Frutos con daño grave	0,0231	3,33 a	4,78 b

Tabla 4. Proporción de número de frutos para diferentes tipos de poda y grado de daño (2009-2011). Sin cortina protectora

Letras distintas en fila indican diferencias significativas al Test Tuckey. ($p < 0,05$).

tanciamiento de 1,2 a 1,5 metros entre plantas, cumplen con esta condición. El tipo de poda no influye directamente sobre el rameado pero es recomendable que no se dejen estructuras muy largas dado que el movimiento pendular de las mismas aumenta las probabilidades de ocurrencia de daño grave.

BIBLIOGRAFÍA

- ARJONA, C.; SANTINONI, L. 2007. Capítulo 7: Poda de árboles frutales. En Árboles Frutales, Ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- GIL, G.; NAVARRO, A.; KULCZEWSKI, M. 1988. Relación entre viento y ruginosidad de ciruelas. Rev. Frut. Coopefrut (Chile) 9(2):35-36.
- GOLBERG, D.; BOLDES, U.; COLMAN, J. 2003. Capítulo 5: La protección de los cultivos de los efectos del viento: En Viento, Suelo y Plantas / Edit. Golberg A.D.; Kin A.G, BsAs: Ed. INTA. 130 p.
- HAGEN, L.J.; SKIDMORE, E.L. 1971. Windbreak drag as influenced by porosity. Trans. ASAE. 14:464-465.
- NOLTING, J. 1992. Las cortinas rompeviento en Río Negro y Neuquén. Rivista Di Agricoltura Subtropicale e Tropicale. A.86(2):417-422.
- PERI, P.L. 1998. Efectos de parámetros estructurales de cortinas forestales en la reducción del viento en la Provincia de Santa Cruz, Argentina. RevistaQuebracho6:19-26.
- PERI, P.; BLOOMBERG, M. 2002. Windbreaks in southern Patagonia, Argentina: A review of research on growth models, windspeed reduction, and effects on crops. Agroforestry Systems 56:129-144.
- STATSOFT, Inc. (2001). STATISTICA (data analysis software system); version 7 (www.statsoft.com).

Transgénesis: una moderna biotecnología reproductiva en animales de interés Zootécnico

Gibbons, A.; Bevacqua, R.J.; Fernández-Martín, R.; Pereyra-Bonnet, F.; Cueto, M.; Bruno-Galarraga, M.; Salamone, D.

Relaciones entre el recuento de células somáticas, test de mastitis California, conductividad eléctrica y el diagnóstico de mastitis subclínicas en cabras lecheras

Suarez, V.H.; Martínez, G.M.; Gianre, V.; Calvino, L.; Rachoski, A.; Chavez, M.; Salatin, A.; Orozco, S.; Sanchez, V.; Bertoni, E.

Dinámica de la humedad de los combustibles y su relación con la ecología y el manejo de fuego en la región chaqueña occidental (Argentina) I: conceptos básicos

Bianchi, L.; Defossé, G.; Dentoni M.; Kunst, C.; Ledesma, R.; Bravo, S.

Dinámica de la humedad de los combustibles y su relación con la ecología y manejo de fuego, región chaqueña occidental (Argentina) II: follaje y residuos de árboles y arbustos

Kunst, C.; Ledesma, R.; Bravo, S.; Defossé, G.; Godoy, J.; Navarrete, V.

Nivel de daño económico de Armadillidium vulgare (Latreille, 1804) (Crustacea: Isopoda) en el cultivo de girasol

Faberi, A.J.; Clemente, N.L.; Manetti, P.L.; López, A.N.

Mejoramiento genético de alpiste: selección y evaluación de líneas de derivadas de la población marroquí PI284184

Cogliatti, M.; Cortizo, L.V.; Rogers, W.J.

Caracterización xilo-tecnológica de la madera de una plantación adulta de Pinus ponderosa de la Patagonia Argentina

Letourneau, F.J.; Medina, A.A.; Andia, I.R.; Andenmatten, E.; De Agostini, N.; Mantilaro, N.

Longitud de la vaina como determinante de la calidad de hojas de Festuca arundinacea durante un período de rebrote

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

Evaluación de tecnologías alternativas de manejo para disminuir los daños causados por el viento en frutos de pera cv. Williams, en el alto valle de Río Negro, Argentina

Rodríguez, A.; Thomas, E.; Cancio, H.; Menni, F.



Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Rivadavia 1439 (C1033AAE) - Buenos Aires