

EL CAMBIO DEL CLIMA DEJA
SU HUELLA EN LA AGRICULTURA

EL LARGO CAMINO DEL AGUA

ENTREVISTA A ADOLFO CERIONI
"EL TESORO DEL INTA ES SU CAPACIDAD
DE DESARROLLO TECNOLÓGICO"

Agricultura sostenible: claves para la arquitectura productiva del futuro



ISSN 0325-8718
ISSN 1669-2314

Institución Editora:
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Cuatrimestral

Vol. 43 N.º 2
Agosto 2017, Buenos Aires, Argentina

Propiedad Intelectual
Propiedad Intelectual N.º 5231354

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

Impreso en ErreGé & Asociados
erregeyasoc@aol.com

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL INTA

Presidente:

Méd. Vet. Amadeo Nicora

Vicepresidente:

Ing. Mariano Miguel Bosch

Consejeros Nacionales:

Dr. Ricardo Maglietti - MinAgro
Ing. Agr. Oscar Arellano - Facultades de Agronomía
Ing. Agr. Horacio Abel Alippe - AACREA
Ing. Agr. Elbio Néstor Laucirica - CONINAGRO
D. Alejandro Lahitte - CRA
Dr. Pablo Paillole - FAA
Sr. Bruno Quintana - SRA
Dr. Carlos A. Arzone - Facultad de Veterinaria

Director Nacional:

Ing. Agr. Héctor Espina

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.
Dra. Hebe Julián

DNA Administración CPN
Lic. Rosendo Tarsetti

Coordinadores Nacionales:

CN de Transferencia y Extensión
Ing. Ftal. Diego Ramilo

CN de Investigación y Desarrollo
Dr. Fernando Fernández

CN de Vinculación Tecnológica
Ing. Adolfo Luis Cerioni

STAFF

Dirección:

Dra. Norma Pensel
Lic. Máximo Bontempo

Coordinación editorial:

Periodista Giselle Miquet

Asistente editorial:

Lic. y Mg. Clarisa Campora
Lic. Mario Migliorati

COMITÉ EDITORIAL

Presidente:

Dr. Carlos Di Bella. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina

Vocales:

Ing. Agr. Jorge Mariotti. Universidad Nacional de Salta (UNSA). Argentina

Dr. Roberto J. Fernández Aldúncin. Universidad de Buenos Aires (UBA) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina

Ing. Agr. M. Sc. María Eugenia Beget. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina

Dr. Miguel Ángel Taboada. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina

Dr. Marcelo Rosmini. Universidad Nacional del Litoral (UNL). Argentina

Dra. Cecilia Gargano. Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina

Dr. Frédéric Goulet. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD). Francia

Dr. Martín Durante. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina

Dr. Ariel Pereda. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina

COMITÉ ASESOR

Ing. Agr. M.Sc. Marina Di Filippo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina

Dr. Emiliano Quiroga. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina

Dr. Darío Fernández. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina

Ing. Agr. M.Sc. Alejandro Rago. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina

Lic. María Isabel Tort. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina

Dra. Karina Trono. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina

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:

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 Agroindustria
Presidencia de la Nación

Los desafíos de la Agricultura

Los avances en la tecnología de producción agrícola de los últimos trescientos años fueron de una magnitud sin precedentes en la historia mundial. Estos avances implicaron una creciente disponibilidad de alimentos a precios reales decrecientes, lo que a su vez permitió un enorme aumento de la cantidad de población mundial. Para poner en perspectiva la magnitud de este cambio, puede remarcarse que el incremento en la población mundial en los cien años que van desde 1900 a 2000 fue cuatro veces mayor que el incremento total de población observado en toda la historia previa de la humanidad. Más de 4 mil millones de personas adicionales en el mundo en solo cien años.

Los aumentos de producción requeridos para satisfacer la demanda creciente de alimentos no pueden basarse en la expansión de la superficie cultivada como ocurrió parcialmente en los pasados dos siglos, ya que resulta en pérdida de biodiversidad, emisiones de gases, excesos hídricos y exposición de tierras frágiles a procesos de degradación. En consecuencia, los mayores esfuerzos para incrementar la producción deben enfocarse en la intensificación del uso de la tierra disponible. Pero esta intensificación no debe centrarse en prácticas que dañen los suelos ni en aquellas basadas en mayores usos de insumos de la manera en que aconteció a nivel global durante la segunda mitad del siglo XX, ya que pueden producir degradación del ambiente, contaminación y, eventualmente, agotamiento de recursos.

Por el contrario, deben centrarse en tecnologías de procesos y de conocimientos que permitan detener y revertir el deterioro de los suelos y la contaminación química y, además, hacer un uso más racional y eficiente de los recursos e insumos. A modo de ejemplo podemos citar las siguientes tecnologías de proceso en las que se concentra la investigación y el desarrollo actual: agricultura por ambiente, agricultura de precisión, rotaciones, cultivos de cobertura, manejo integrado de plagas, buenas prácticas en fertilización y manejo del agua, entre otras, y en tecnologías intensivas en conocimiento como la biotecnología y el mejoramiento genético.

Según la FAO, en el mundo la agricultura representa la mayor proporción de uso de la tierra por el hombre y casi dos terceras partes del agua utilizada por la humanidad se destina a la agricultura. La producción agropecuaria tiene importantes efectos sobre el medio ambiente, dado que puede ser fuente de contaminación del agua por nitratos, fosfatos y plaguicidas. Asimismo, es una fuente antropogénica de gases de efecto invernadero, metano y óxido nitroso, y contribuye a otros tipos posibles de contaminación del aire y del agua.

Ante este escenario, es importante remarcar que la misma agricultura puede ser un factor muy importante

para atenuar muchos de estos efectos y en muchos casos revertir este proceso utilizando métodos de producción sustentables.

En particular, la Argentina puede tener un gran protagonismo en la futura seguridad alimentaria mundial por ser uno de los países con mayores potenciales para la agricultura y la producción de alimentos. En este sentido, se estima que el país produce alimentos para alrededor de 400 millones de personas, con grandes posibilidades para expandir este potencial en los próximos años. Así, la demanda creciente de productos agropecuarios constituye una gran oportunidad para el desarrollo equitativo de los territorios del país, tanto a través de la producción primaria como del agregado de valor y de la agroindustria.

El INTA está totalmente convencido que la transformación de la agricultura requiere como primeros pasos mejorar la eficiencia de uso de recursos e insumos, frenar las pérdidas de tierra cultivable, biodiversidad, hábitats y servicios ecosistémicos, disminuir el consumo no sustentable del agua especialmente donde este recurso es demandado para otros usos, frenar la contaminación del agua, suelo, aire y alimentos con productos químicos, y reducir drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero, entre otras acciones.

El sector agro-industrial nacional ha sido pionero en adopción e innovación tecnológica y organizacional en los últimos 25 años. La agricultura argentina ha sido precursora en la aplicación de la tecnología de siembra directa, en incorporación de biotecnología y en el uso de nuevas tecnologías de información y agricultura de precisión. El capital humano específico aplicado al sector ha crecido notablemente en los últimos años, destacándose por un alto grado de especialización profesional y técnico en las labores agrícolas, así como por poseer un cuerpo técnico de gran calidad en investigación y desarrollo tecnológico para el sector. Esto demuestra que la capacidad del país va por buen camino.

Para alcanzar los objetivos de producir los alimentos requeridos y reducir el impacto ambiental, la futura manifestación de la capacidad creativa e innovadora deberá ser adaptar, transferir y desarrollar tecnologías que resulten en mayores producciones, mejores eficiencias de uso de recursos e insumos y menor impacto ambiental. Y tomar conciencia acerca de la necesidad de cuidar los recursos, planificar los agroecosistemas de manera tal de satisfacer las futuras demandas de productos de la agricultura y reducir paralelamente las externalidades de esta actividad, para asegurar la provisión de servicios ecosistémicos y beneficios para toda la sociedad.

Actualidad en I+D

Editorial

100

Los desafíos de la agricultura

La producción agropecuaria tiene efectos en el medioambiente pero, también, es posible reconocer que puede ser responsable de atenuar muchos de estos procesos y, en muchos casos, revertirlos utilizando métodos de producción sustentables. Su otra responsabilidad: la seguridad alimentaria.

102

Pastillas

Un breve resumen de las noticias más sobresalientes.

Vinculación

103

Socios para la investigación

El vínculo que une al CONICET con el INTA lo transforma es el socio más importante en materia de investigación agropecuaria. Los ejemplos de trabajo en investigaciones y desarrollos conjuntos contribuyen al desarrollo de soluciones innovadoras para los productores.

Notas

104

Agricultura sostenible: claves para la arquitectura productiva del futuro

Con una mirada en el diseño productivo, el estudio de ambientes, cultivos e interacciones biológicas, cobra cada vez más importancia para construir sistemas competitivos y sostenibles. Expertos sugieren buenas prácticas para el desarrollo sustentable de las principales regiones.

108

El cambio del clima deja su huella en la agricultura

Sus efectos directos se observan en la transformación del régimen de lluvias y de las temperaturas a escala global. La Argentina no es ajena y la clave para el sector agropecuario está en implementar las prácticas necesarias para adaptarse.

113

El largo camino del agua

Con una importante inversión, el programa ProHuerta (INTA-MDS) puso en marcha 449 proyectos especiales de desarrollo rural en todo el país. Hay 179 iniciativas de acceso al agua que mejorarán la calidad de vida de unas 27.000 familias.

118

“El tesoro del INTA es su capacidad de desarrollo tecnológico”

El coordinador nacional de Vinculación Tecnológica, Adolfo Cerioni, tras repasar las distintas etapas de la vinculación tecnológica del INTA, plantea que se avanza en la promoción de instrumentos para la evolución de prototipos de laboratorio a productos para empresas.

Trabajos

Artículos

123

Alcanos en cultivares comerciales de festuca alta [*Lolium arundinacea* (Schreb.) Darbysh.] como indicador de su consumo por bovinos

Bakker, M. L.; Ferragine, M. D. C.; Bigliardi, M.

128

Control mecánico y químico de *Tessaria dodoneifolia* (Hook. et Arn.) Cabrera (chilca dulce)

Tolozano, B.; Pisani, J.M.; Puricelli, E.C.

135

Eficiencia de uso del nitrógeno por forrajeras abonadas con estiércol de bovinos lecheros en la región pampeana, Argentina

Herrero, M.A.; Charlón, V.; Carbó, L.I.; Cuatrín, A.; Sardi, G.M.; Romero, L.

144

Método para la determinación de la densidad de una muestra de granos enteros de alubia por procesamiento digital de imágenes

Cleva, M.S.; Sampallo, G.M.; Rodrigues Da Fonseca, C.; Aquino, D.C.; Liska, D.O.; Ventre, F.R.

149

Complejo respiratorio bovino: evidencia de circulación viral múltiple en un establecimiento de cría

Streitenberger, N.; Ferella, A.; Pérez Aguirreburualde, M.S.; Sammarruco, A.; Dus Santos, M.J.; Mozgovej, M.V.; Maidana, S.; Romera, S.A.; Pecora, A.; Quiroga, M.A.; Fazzio, L.E.

156

Densificado higo-termo-mecánico de madera de *Gyrocarpus americanus*. Evaluación por ultrasonido

Sotomayor Castellanos, J.R.

165

Carnívoros en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires: ecología y conflictos con los ganaderos

Caruso, N.; Luengos Vidal, E.M.; Lucherini, M.; Guerisoli, M.; Martínez, S.; Casanave, E.B.

175

El “cerco” como espacio de producción agrícola familiar campesina, en Santiago del Estero - Argentina

Jorge, E.; Helman, S.

186

Prácticas de manejo y producción en sistemas familiares de cría caprina en las quebradas áridas de Jujuy y Salta

Suárez, V.H.; Martínez G.M.; Nievas, J.D.; Quiroga Roger, J.

195

Monitoreo de glifosato en agua superficial en Entre Ríos. La Investigación Acción Participativa como metodología de abordaje

Sasal, M.C.; Wilson, M.G.; Sione, S.M.; Beghetto, S.M.; Gabioud, E.A.; Oszust, J.D.; Paravani, E.V.; Demonte, L.; Repetti, M.R.; Bedendo, D.J.; Medero, S.L.; Goette, J.J.; Pautasso, N. y Schulz, G.A.

Pastillas

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

Biofortificación

Con la incorporación del gen GPC-B1 en cuatro variedades nacionales de trigo pan, los investigadores del INTA lograron aumentar el contenido de nutrientes. Las semilleras ya adoptaron esta tecnología en sus programas de mejoramiento. El desafío institucional está orientado a mejorar la calidad nutricional para la producción de alimentos como el trigo, proveedor de un 20 por ciento de las calorías y el 25 por ciento de las proteínas consumidas diariamente a nivel mundial. Según la FAO, este cereal es una fuente de micronutrientes tales como hierro y zinc, cuya falta afecta a 2.700 millones de personas en el mundo y a más de 160 millones de niños, menores de 5 años, que padecen malnutrición crónica.

Silenciamiento genético

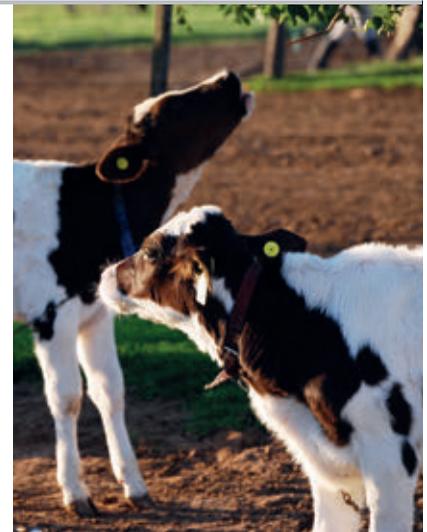
Investigadores del INTA realizan ensayos en plantas de algodón para evaluar el bloqueo de genes considerados esenciales para la sobrevivencia del picudo del algodnero. Este insecto se alimenta de los pimpollos de las plantas de algodón y provoca pérdidas económicas al sector. Debido a su capacidad de reproducción, corto ciclo biológico y excelente sobrevivencia, científicos evalúan nuevas estrategias de control mediante el uso de silenciamiento génico. El objetivo es que moléculas ingresen a las células del insecto e inhiban la síntesis de una proteína asociada a una función esencial y, al verse privadas de la misma, se espera que las células mueran. Este mecanismo es específico contra esta plaga.

Promotores de crecimiento

En un reciente ensayo realizado por técnicos del INTA, donde se usaron como tratamientos de semillas, se alcanzó un incremento de más de 3 quintales por hectárea en el rendimiento de cereal. Frente al aumento de la demanda mundial de alimentos en cantidad y calidad, los investigadores trabajan en nuevas tecnologías para aumentar la producción agropecuaria, especialmente en la de trigo. Nuevos desarrollos de productos biológicos con menor impacto ambiental resultan herramientas que tienen como principal atributo aportar a la sustentabilidad de los sistemas productivos y, desde el punto de vista económico, tener mejores índices de retorno.

Bioinovo

La empresa de base tecnológica creada entre el INTA y Vetanco S.A. presentó BIOINNOVO IgY DNT, una verdadera innovación para controlar la diarrea neonatal del ternero que provoca la muerte del 20 por ciento de los animales afectados. Es el primer producto biológico del mundo de origen nacional basado en inmunoglobulinas "Y" o anticuerpos IgY para tratar la enfermedad y representa una excelente solución sanitaria a una enfermedad con muy alta incidencia, que puede afectar al 60 por ciento de los terneros de rodeos de cría y al 100 por ciento en los tambos. Este tratamiento no transgénico demostró alta eficacia y cuenta con anticuerpos contra Rotavirus A, Coronavirus, *Escherichia coli* y Salmonella.



Agrobiotecnología

Es la primera carrera en el país que promueve profesionales altamente capacitados en lograr introducir valor agregado al proceso de producción primaria de las actividades agropecuarias. Con la mirada puesta en el futuro y en el desarrollo de emprendimientos en agrobiotecnología, los ingenieros se forman y capacitan en el uso de herramientas nacidas de la biología molecular, mejoramiento de plantas y animales, y diversos procesos industriales. Creada por la Universidad Nacional de San Martín -UNSAM- y el INTA, la primera cohorte que arrancó en el año 2012, integrada por 10 jóvenes becados, ya cuenta con sus primeros 7 ingenieros. La carrera se destaca por la rápida inserción laboral de los egresados.



VINCULACIÓN

Socios para la investigación

COMUNICACIÓN CONICET

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) tienen una larga trayectoria de trabajo conjunto. Fueron creados en 1956 y 1958, respectivamente, y desde entonces han tenido una historia de trabajo conjunto y colaboración que se ha mantenido a lo largo de los años.

“Hoy en día el INTA es el socio más importante que tiene el CONICET en materia de investigación agropecuaria, y además de los múltiples proyectos de trabajo conjunto y casi 500 investigadores, técnicos y becarios del Consejo que se desempeñan en el INTA, en 2016 los dos organismos suscribieron un convenio para el otorgamiento de Becas Internas Doctorales Cofinanciadas entre ambos”, comenta Miguel Ángel Laborde, vicepresidente de Asuntos Tecnológicos del CONICET.

El objetivo de este convenio, explica, es no sólo de promover proyectos de producción e investigación, sino además fomentar la inserción en el sistema productivo, a través de INTA, de profesionales formados en el CONICET. “El CONICET y el INTA son dos de los más grandes organismos del sistema científico, cómo no vamos a tener oportunidad de cooperar si estamos presentes en todos los territorios”, dijo Alejandro Ceccatto, presidente del CONICET en la firma del documento.

Hay muchos ejemplos de investigaciones y desarrollos conjuntos cuyo objetivo es contribuir al desarrollo de soluciones innovadoras para los productores.

Un caso es la Red de Seguridad Alimentaria (RSA), creada por el CONICET y que apunta a desarrollar y analizar información, con base científica tecnológica, de la situación actual en materia de seguridad

alimentaria y que sirva como base para la adopción de políticas públicas, además de brindar asistencia técnica para evaluar y fundamentar los temas prioritarios para el país en materia de seguridad alimentaria. En octubre de 2016 se sumó el INTA y, así, “las dos principales instituciones de ciencia del país están trabajando en forma mancomunada y coordinada para realizar evaluaciones de riesgo en el ámbito de la seguridad alimentaria, generar conocimientos científicos que sirvan como base para definir políticas de gestión en nuestro país y realizar recomendaciones científicas independientes sobre riesgos existentes y emergentes”.

Además de la RSA, entre las múltiples líneas de trabajo conjuntas entre las dos instituciones se puede mencionar el trabajo en cultivos hortícolas como por ejemplo tomate y papa para su mejoramiento genético, la obtención de cultivares de ajo y cebolla diferenciados por sus características cualitativas y funcionales para mercado interno y exportación, y el mejoramiento de especies forrajeras por su resistencia a estrés salino y sequía.

En el área forestal, el CONICET y el INTA trabajan en la iniciativa conjunta de la Red Argentina de Ciencia y Tecnología Forestal (REDFOR.ar) junto con las universidades nacionales de Santiago de Estero, Misiones, Formosa, la Patagonia San Juan Bosco, Comahue y La Plata, y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

REDFOR.ar se propone contribuir a las políticas de formación profesional, investigación y transferencia en temas relacionados con la conservación y el manejo sostenible de los bosques y las tierras forestales, así como promover el bienestar de las poblaciones que dependen de ellos y alcanzar otros objetivos de desarrollo sostenible.

Más allá del marco de REDFOR.ar, INTA y CONICET trabajan en otras líneas como la conservación de bosques nativos; mejoramiento genético en bosques cultivados; mejoramiento y tolerancia a estrés salino y ambiental de diferentes especies y la determinación de su respuesta productiva, entre otras.

INTA y CONICET participan además de la iniciativa internacional sobre trigo conocida como *Wheat Initiative*. Este consorcio internacional surgió en junio de 2011, en un encuentro de países miembro del G-20, donde los Ministros de Agricultura de los países miembros impulsaron una iniciativa para el mejoramiento del trigo a nivel global. El objetivo de este consorcio es coordinar y promover la investigación mundial de este cultivo para que, a través de los esfuerzos internacionales, se incremente la producción de trigo, su calidad y sustentabilidad para contribuir así a la seguridad alimentaria global frente a un escenario de estancamiento de la producción actual.

Ciencias sociales

Pero más allá de estas líneas de investigación, CONICET e INTA han asumido un compromiso de colaboración, por ejemplo, en materia de Derechos Humanos. Cecilia Gárgano, por entonces becaria post doctoral del CONICET y actual investigadora, estudió documentos relativos a la intervención militar en el INTA. Esos documentos fueron entregados a autoridades del Archivo General de la Memoria (ex ESMA) en octubre de 2015.

Actualmente en el INTA se desempeñan 187 investigadores, 5 técnicos y personal de apoyo y 262 becarios doctorales y pos-doctorales del CONICET.



CONOCER CADA AMBIENTE

Agricultura sostenible: claves para la arquitectura productiva del futuro

Especialistas del INTA, junto con investigadores, productores y entidades del sector, recomiendan el diseño de sistemas agrícolas con buenas prácticas para promover el desarrollo sustentable de las principales regiones de la Argentina. El reto se vuelve estratégico en un escenario que proyecta, a poco más de 30 años, incertidumbre climática, deterioro ambiental y mayor demanda de alimentos y energía.

POR DANIELA NOVELLI

Luego de la última glaciación hace 15.000 años, el aumento de la temperatura hizo más benigno el clima del planeta y favoreció el crecimiento de trigo, cebada y centeno, cuyos granos aprendieron a cosecharse. Tiempo después, alguien –se dice que una mujer– descubrió que las semillas recolectadas podían generar las plantas que las originaban.

Esto dio inicio a los primeros cultivos y, junto con la cría de animales, alentó el asentamiento de las civilizaciones. Las actividades productivas se expandieron por el mundo a través de las migraciones humanas, con el apoyo de sus tecnologías primogénitas: las herra-

mientas de piedra, la rueda –fabricada hace unos 6.000 años– y el arado, aparecido un milenio después para posibilitar el control de malezas y la siembra extensiva.

En aquel momento, la relación de la humanidad con la naturaleza era muy estrecha y, de hecho, su conocimiento constituía la fuente de soluciones para comprender los ciclos productivos que garantizaban el alimento y protegerse de los desastres climáticos. Hoy, aunque parezca lejano, expertos del INTA y del sector sugieren recuperar algo de aquella habilidad de saber observar para pensar el futuro de la agricultura.

Destacan la importancia de conocer las características de ambientes, cultivos e interacciones biológicas para construir sistemas agrícolas competitivos, sostenibles y factibles.

Actuar según el ambiente

Productores y técnicos del Grupo CREA Tandil –Buenos Aires– llevan adelante, desde 1999, un planteo de agricultura por ambiente en establecimientos de la localidad. La experiencia, que recibe el apoyo de la Unidad Integrada Balcarce –formada por el INTA y la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad

“Es primordial tratar que los cultivos tengan su hábitat ideal, en función de las condiciones agroecológicas y de las prácticas que puedan adoptarse”
(Pablo Calviño).

“El control de plagas, más que aumentar el rendimiento, tiende a proteger el potencial agronómico logrado con todas las prácticas de manejo”
(Jorge Frana).

Nacional de Mar del Plata–, permitió evaluar el desempeño de los principales cultivos de la región –maíz, soja, girasol y trigo–, estabilizar sus rendimientos por encima de la media y definir esquemas de rotación poco usuales para la zona, pero con márgenes económicos que aumentan hasta un 80 por ciento la renta obtenida en cinco años.

“Es primordial tratar de lograr que los cultivos tengan su hábitat ideal, en función de las condiciones agroecológicas y de las prácticas que puedan adoptarse –rotaciones diferenciales, manejo de fechas y otras acciones complementarias como densidades de siembra, fertilizaciones, entre otras–”, explicó Pablo Calviño, exasesor del grupo CREA y actual director técnico de la empresa Zubiaurre S. A.

De acuerdo con Calviño, la elección de implementar un planteo agrícola por ambientes surgió de observar “diferencias muy importantes de rendimiento” dentro

de un lote, cuya historia productiva y de manejo agronómico era bastante homogénea y adecuada.

Los especialistas analizaron la influencia de diferentes factores –profundidad de suelo y de napa freática; riesgo de heladas; ubicación topográfica y pendiente del terreno– en las variabilidades de rinde. Luego, cruzaron los factores, definieron cinco tipos de ambiente e identificaron rotaciones y manejos de cultivo específicos para cada uno de estos.

Entre los resultados, “se observó que el maíz sentía más el efecto de suelos con escasa profundidad –de baja capacidad para almacenar agua–, pero no así otros cultivos como trigo y soja, principalmente trigo”, detalló Calviño. En tanto, la información fue validada a través de modelos que indicaron que la producción de maíz con la tecnología de fines de los 90 tenía una probabilidad de generar resultados económicos positivos menor al 10 por ciento.

“Es así que los productores comenzaron paulatinamente a modificar las rotaciones, priorizaron otros cultivos para las zonas bajas y enviaron el maíz a lugares con mayor profundidad de suelo”, describió el técnico. Asimismo, advirtió que la tendencia a demorar la fecha de siembra de trigo para minimizar los daños por heladas también podía ser revisada.

“Nos dimos cuenta de que convenía atrasarla solo en aquellos sectores de los lotes que lo requerían, ya que, al demorarla mucho, el cultivo disminuía su potencial de rendimiento y no permitía incluir una soja de segunda, al registrarse un período libre de heladas muy reducido”, argumentó Calviño, quien agregó: “Al mismo tiempo, coincidía que las zonas con riesgo de helada tenían suelos profundos, por lo cual se decidió cambiar las rotaciones y sembrar maíz sobre maíz, algo impensado para este punto de la región pampeana”.



Innovación institucional

Debido a sus condiciones agroecológicas y a su estructura productiva, la Argentina es uno de los cuatro lugares del mundo más aptos para expandir la oferta de alimentos. Se trata de una oportunidad comparativamente destacada si se considera que el número global de tierras fértiles disponibles es reducido.

En línea con este diagnóstico, el INTA presentó las líneas de trabajo que guiarán su acción hasta el 2030, plasmadas en el Plan Estratégico Institucional. La agenda fue elaborada en el marco de un proceso abierto, que involucró a organismos de ciencia y técnica, consejos profesionales y entidades del sector.

“Como lo ha hecho durante sus seis décadas, el INTA se posiciona con análisis prospectivos ante los cambios ocurridos en la Argentina y en el mundo para mantener vivo el compromiso a favor del beneficio de nuestra agroindustria y de la sociedad”, aseguró Héctor Espina, director nacional del instituto.

En tanto, Fernando Andrade, especialista del INTA en la Unidad Integrada Balcarce –Buenos Aires–, precisó que “el principal desafío que enfrenta el sector agroalimentario y agroindustrial argentino es satisfacer dichas demandas y, en paralelo, procurar la sostenibilidad”.

En esta línea, el técnico argumentó que “los mayores esfuerzos para aumentar los volúmenes de producción deben enfocarse en intensificar el uso de la tierra, a través de la adopción de tecnologías de procesos y de conocimientos que permitan hacer un uso eficiente de recursos e insumos y reducir el impacto ambiental”.



“El principal desafío que enfrenta el sector agroalimentario y agroindustrial argentino es satisfacer dichas demandas y, en paralelo, procurar la sostenibilidad” (Fernando Andrade).

Bien planificadas, rotaciones y cultivos de cobertura redundan en sustentabilidad y uso eficiente de recursos e insumos.

Aplicaciones, solo las necesarias

Desde hace más de una década, técnicos del INTA Rafaela –Santa Fe– producen soja con buenas prácticas agrícolas y evalúan la aplicación de los principios del Manejo Integrado de Plagas (MIP) en un lote de 100 hectáreas.

Los resultados se tornan reveladores: gracias a los monitoreos semanales que permitieron comparar el estado sanitario del cultivo con los umbrales agronómicos de tratamiento pudo determinarse cuándo era realmente necesario realizar aplicaciones de plaguicidas. En los lotes de soja de siembra temprana y de segunda se efectuaron solo tres aplicaciones –dos de insecticidas y una de fungicida– en más de una década, cuando el promedio para los campos de la zona era de tres por campaña por lote.

“Los umbrales de tratamiento estiman densidades de plagas que justifican el control y que deben tenerse de referencia para evaluar si es necesario o no en función de los valores observados a campo”, explicó Jorge Frana, especialista del INTA Rafaela.

Para el técnico, los resultados económicos señalan que “la adopción del MIP no provoca pérdidas de rentabilidad respecto del manejo convencional, sino que, por el contrario, la ganancia obtenida es equivalente o levemente superior”. Incluso en paridad, “ambientalmente se gana mucho, sin dudas; si se incluye el costo ambiental, implica una gran diferencia a favor de este enfoque”, remarcó.

En esta línea, afirmó que “el control de plagas, más que aumentar el rendimiento, tiende a proteger el potencial agronómico logrado con todas las prácticas de manejo como fecha de siembra, selección de cultivares y grupos de madurez, fertilidad, etc.”. Estas variables fijan un techo y “el control de plagas lo defiende”, aseguró el especialista.

Este tipo de control, basado en planificaciones agronómicas a largo plazo que



lo, principalmente en momentos cuando los agentes causantes de la erosión sean potencialmente peligrosos”, sugirió Guillermo Studdert, docente investigador de la Universidad Nacional de Mar del Plata en la Unidad Integrada Balcarce.

En este sentido, “el ajuste cuidadoso de las prácticas de manejo permite revertir procesos o efectos negativos provocados por el uso y combinarlos con los positivos para orientar el funcionamiento del sistema”, explicó el especialista. No obstante, reconoció que “es absolutamente necesario que actores y decisores productivos estén predispuestos a hacer manejos que tiendan a preservar los capitales suelo y ambiente y piensen no solo en la rentabilidad a corto plazo, sino también en la buena salud de los recursos a futuro”.

Fertilizar con buenas prácticas

En los últimos años, los suelos de la región pampeana sufrieron la caída de los niveles de materia orgánica y de nutrientes como fósforo, nitrógeno, azufre y potasio. Entre las causas, se advierten la realización de un cultivo con elevada extracción y baja reposición, la escasa fertilización y el alto porcentaje de lotes arrendados.

Como plan a largo plazo, especialistas del INTA proponen rotar cultivos y fertilizar con buenas prácticas en virtud de lograr un balance sincronizado entre la oferta de nutrientes y la demanda de cada cultivo. “Hay que fertilizar de manera racional, al considerar la rentabilidad en el corto plazo y la sustentabilidad del sistema productivo”, señaló Hernán Echeverría, especialista del INTA en la Unidad Integrada Balcarce –Buenos Aires–.

Mejoramiento genético y biotecnología

Desde una mirada sostenible, las producciones agrícolas comienzan antes de la siembra con un análisis de los recursos biológicos disponibles y la elección de un cultivar adecuado a las circunstancias. En este contexto, el INTA lidera los procesos de mejoramiento genético de variedades y es responsable de casi el 50 por ciento de las creaciones fitotécnicas inscriptas en el Instituto Nacional de Semillas (INASE).

“El objetivo es desarrollar cultivares mejor adaptados a la diversidad de ambientes productivos para satisfacer las necesidades humanas de alimento, fibras, maderas y energía”, expresó Guillermo Eyherabide, coordinador del Programa Nacional Cereales y Oleaginosas del INTA. En tanto, agregó que el mejoramiento “es una solución tecnológica relevante para aumentar la adaptación de los cultivos al cambio climático”.

Además, remarcó que “el pleno aprovechamiento de la genética de los futuros cultivares necesitará estar acompañada por la adopción de recomendaciones agronómicas sólidamente sustentadas por la ciencia y la experiencia”.

Más información: Pablo Calviño calvinopablo@gmail.com; Jorge Frana frana.jorge@inta.gov.ar; Guillermo Studdert studdert.guillermo@inta.gov.ar; Hernán Echeverría echeverria.hernan@inta.gov.ar; Guillermo Eyherabide eyherabide.guillermo@inta.gov.ar; Fernando Andrade andrade.fernando@inta.gov.ar; Héctor Espina direccion.nacional@inta.gov.ar

aprovechan las interacciones biológicas del ambiente, es aplicable a todos los cultivos extensivos –también intensivos– y a cualquier región.

Con el objetivo de extender su adopción territorial, el Programa Nacional de Protección Vegetal del INTA trabaja en la formación de consorcios que procuran la articulación de múltiples actores. “Se trata de una mesa de decisiones colectivas para reducir las densidades de plagas en el tiempo, en armonía con los intereses de cada sector”, detalló Frana.

Rotaciones y cultivos de cobertura

Ambas prácticas van de la mano y, bien planificadas, redundan en sustentabilidad y uso eficiente de recursos e insumos. “Los sistemas agrícolas deben estar orientados a asegurar cobertura del sue-

ESCENARIOS A FUTURO

El cambio del clima deja su huella en la agricultura

En los últimos años la temperatura global subió y, según los expertos, hay una altísima probabilidad de que eso se deba a las actividades humanas. En la Argentina, lluvias y olas de calor cada vez más intensas tienen efectos directos en la agricultura: en la región central, las altas temperaturas reducen la productividad del maíz, y en la Patagonia, afectan el crecimiento de los forrajes, lo que repercute en el ganado.

POR CECILIE ESPERBENT

La temperatura media y las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera fluctúan desde siempre. De hecho, en un ciclo de cientos de miles de años se produjeron diferentes climas, producto de cambios en la superficie terrestre –diferente ubicación de los continentes– y en la órbita alrededor del Sol, lo que modificó el balance de radiación del sistema climático. Lo cierto es que, en los últimos años, la Tierra registró un aumento de 0,94 °C y, según el Panel Intergubernamental de la ONU sobre Cambio Climático (IPCC), existe una altísima probabilidad de que eso se deba a las actividades humanas.

La atmósfera es el escudo invisible que recubre el planeta. Compuesta por nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, metano y óxido nítrico, entre otros gases, esta capa que protege la vida en la Tierra, no solo evita que la radiación solar impacte directamente, sino que además, –gracias a su composición– la

temperatura media de la superficie ronda los 15 °C.

Si bien se trata de procesos complejos que se desarrollan en el transcurso de varios años, “cuando la composición de la atmósfera es modificada natural o artificialmente, cambia la reflexión y absorción de energía solar y, como resultado, se obtiene un clima distinto”, señaló Mario Núñez, profesor en Meteorología de la Universidad de Buenos Aires (UBA) e investigador del Conicet, quien aseguró que “el clima está en permanente cambio”.

Para entender lo que sucede en la actualidad es necesario remontarnos a 1750: el inicio de la era industrial. Esa revolución marcó un punto de inflexión en la historia, se pasó de una economía rural basada fundamentalmente en la agricultura y el comercio de productos agrícolas a una de carácter urbano, industrializada y mecanizada e intensiva en cuanto a la movilización y comercialización de productos.

“Desde el comienzo de la era industrial, el incremento en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera fue notable”, indicó Núñez, quien analizó: “Las emisiones resultantes de las actividades humanas fueron la principal causa del rápido calentamiento del planeta durante los últimos 150 años”.

“Sabemos que la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero proviene de la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón)”, afirmó Núñez quien aclaró que no es la única fuente: “Los cambios en el uso del suelo, deforestación de bosques nativos sumado al crecimiento de las ciudades y el aumento de la población también hicieron su aporte”.

Según el IPCC el calentamiento en el sistema climático es inequívoco y muchos de los cambios observados no tienen precedentes. “La atmósfera y el océano se calentaron, los volúmenes de hielo y nieve disminuyeron, el nivel del mar se elevó

En los últimos años, la tierra registró un aumento de 0,94 °C y, según el Panel Intergubernamental de la ONU sobre Cambio Climático (IPCC).





y las concentraciones de gases de efecto invernadero aumentaron”, detalló Núñez como evidencia de la influencia humana.

En relación con el clima presente, investigadores argentinos del Conicet y de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN) de la UBA, en el informe de la Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, determinaron que el sudeste de América del Sur, integrado por Argentina, Uruguay y el sudeste de Brasil, es una de las regiones del mundo donde se registraron los mayores cambios en el clima durante los últimos 30 años.

De todos modos, Núñez destacó que “los cambios térmicos observados no solo se deben al incremento de gases de efecto invernadero en la atmósfera, sino que además están causados por cambios en el uso de la tierra”.

Para Gabriel Rodríguez, experto en Cambio Climático del INTA, la influencia humana es clara. “Cuando hablamos de cambio climático el componente de la actividad humana es un factor clave y asume la forma de tendencia creciente, principalmente en la temperatura global del planeta”, expresó.

Según la Tercera Comunicación Nacional, en la región Pampeana argentina —a partir de 1960— las lluvias de primavera-verano aumentaron entre un 10 por ciento y un 50 por ciento y las temperaturas mínimas subieron hasta 1,9 °C mientras que las máximas se redujeron hasta 2 °C.

“Además de las variaciones en los patrones de lluvias y temperaturas, las

modificaciones en la frecuencia e intensidad de los fenómenos extremos, como las intensas precipitaciones y olas de calor que ocurrieron en la Argentina en el primer semestre, podrían deberse al cambio climático”, describió Rodríguez quien aclaró: “También es posible que sean consecuencia de la variabilidad natural del clima”.

A rigor de verdad, la Agencia Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos informó en 2016 que, por tercer año consecutivo, las temperaturas fueron las más altas desde que comenzaron los registros en 1880. “La temperatura global fue 0,94 °C superior a la media del siglo XX”, señaló el documento.

En esta línea, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) —organismo que recopila datos en la Argentina desde 1872— afirmó que la temperatura subió en promedio 0,5 °C en esta región del mundo. Además, reveló que el volumen de lluvias creció un 20 por ciento en el período que abarca desde 1961 a 2010.

En los últimos 800.000 años, las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso aumentaron a niveles sin precedentes. A escala mundial, la producción de electricidad y calefacción, transporte, industria y deforestación son las principales fuentes de dióxido de carbono, mientras que la agricultura es la principal responsable de la producción de metano y óxido nitroso. Este último en particular tiene un potencial de calentamiento global 310 veces más alto que el dióxido de carbono.

Cómo medir el impacto en el futuro inmediato

El cambio en el clima transformó el régimen de lluvias y de temperaturas a escala global y la Argentina no es ajena a esta situación. En este punto, la clave para el sector agropecuario estará en implementar las prácticas necesarias para adaptarse y no quedar en el intento.

En la Argentina, los cambios que se sucedan en el clima afectarán de diversas formas y con diferentes magnitudes al sector agropecuario. “Las modificaciones en los patrones de lluvias y en las temperaturas, por un lado, alterarán la productividad de los cultivos y de los rodeos; y, por el otro, aumentarán la presión que ejercen las malezas, plagas y enfermedades”, señaló Rodríguez, quien analizó: “El clima siempre fue un factor de riesgo para la producción agrícola y, en este contexto, la contingencia se verá incrementada”.

En la Tercera Comunicación Nacional, se analizan modelos de simulación del

“Las emisiones resultantes de las actividades humanas fueron la principal causa del rápido calentamiento del planeta durante los últimos 150 años”
(Mario Núñez).

“El clima siempre fue un factor de riesgo para la producción agrícola y, en este contexto, la contingencia se verá incrementada” (Gabriel Rodríguez).



crecimiento y desarrollo de cultivos en escenarios climáticos futuros. De allí se desprende que, en promedio y en la región pampeana, tanto el maíz como la soja se verían favorecidos. Si bien, el rendimiento del cereal podría incrementarse levemente, la oleaginosa rendiría hasta un 50 por ciento más hacia fines de siglo. Con respecto al trigo y en un futuro cercano (2040) los rendimientos podrían disminuir.

“Si bien estos resultados pueden verse como favorables, no hay que perder de vista que se trata de promedios regionales y de una serie de 30 años, lo que implica que las variaciones espaciales y temporales son altas, con zonas donde los rendimientos disminuirán y otras en las que los incrementos serán mayores”, aclaró Rodríguez.

Según el último informe del IPCC, la temperatura en superficie continuará en aumento a lo largo del siglo XXI, con la posibilidad de alcanzar un incremento de entre 0,3 °C y 0,7 °C para el período 2016-2035 y de entre 1,5 y 4,6 °C al 2100, con respecto a los niveles preindustriales. Datos que proyectan un futuro cada vez más complejo.

“Sobre nuestro territorio el clima ya cambió”, afirmó Pablo Mercuri –director del Centro de Investigación en Recursos Naturales del INTA–, quien fue categórico: “Estamos ante una alta probabilidad de ocurrencia de eventos de alto impacto como lluvias, olas de frío o calor, de condiciones meteorológicas que se modifican muy rápidamente, con las

que conviven las producciones agropecuarias y a las que debemos estar cada vez más preparados debido a que estos eventos climáticos no solo son extremos sino que, además, tienen un alto impacto sobre la vida de los habitantes y sus producciones”.

En este sentido, Mercuri consideró a la ocurrencia de precipitaciones extremas en un corto tiempo como una clara evidencia de los cambios. “Tuvimos en el término de 10 días eventos extremos en 11 provincias. Lo que ocurrió en la localidad de Comodoro Rivadavia –Chubut– a principios de abril de este año nos impactó a todos y no deja de ser una alarma a la que tendremos que prestar atención”, acentuó.

“El impacto estuvo dado porque el evento extremo ocurrió en una zona muy árida y sin vegetación en la que no hay manera de retener el agua. Todo escurre y termina, por lo tanto, sobre las zonas urbanas. En especial, afectan a las poblaciones más vulnerables que habitan en zonas bajas, cuenca abajo”, detalló Mercuri.

Natalia Huykman, asesora del área de proyectos en la oficina de la FAO en la Argentina, destacó que “según el IPCC es muy probable que las olas de calor ocurran con mayor frecuencia y duren más tiempo, y que los episodios de precipitación extrema sean más intensos y frecuentes”.

De hecho, “en el centro y noreste de la Argentina, ya se observan aumentos en temperaturas, precipitaciones, escorren-

tías y rango de distribución de vectores transmisores de enfermedades”, puntualizó Huykman y añadió: “En la zona cordillerana y patagónica, se evidencian reducciones en precipitaciones, derretimiento de glaciares y aumento en las temperaturas, así como en la intensidad de los eventos extremos”.

Frente a esto, las opciones no abundan. “Debemos implementar acciones para la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero y avanzar en el desarrollo de estrategias de adaptación de los cultivos que nos permitan mitigar los efectos”, dijo Rodríguez.

El aumento en la frecuencia de temperaturas extremas, registrado en los últimos años, lleva a que investigadores y técnicos agudicen el ingenio para minimizar los efectos que esto puede tener sobre la producción mundial de alimentos.

“Estos factores generan presión directa sobre los sistemas agroproductivos: limitan la disponibilidad de agua y forraje, acentúan la vulnerabilidad ante plagas y enfermedades y reducen los rendimientos de ciertos cultivos”, analizó Huykman.

Asimismo, Huykman destacó que “en un contexto de crecimiento poblacional sostenido y el consiguiente aumento en la demanda de alimentos, el cambio climático ejerce una presión indirecta sobre las capacidades de uso de las tierras productivas, la vulnerabilidad de las poblaciones rurales y el aumento de las migraciones del campo a las ciudades”.

El costo del cambio en el clima



Efectos de los golpes de calor en el maíz

Un equipo de investigadores integrado por especialistas del INTA San Luis, la Universidad de Lleida –España– y la Facultad de Agronomía de la UBA (Fauba) analizó qué les sucede a las plantas del cereal cuando son expuestas a temperaturas superiores a los 35 °C durante la etapa del llenado de los granos y cómo eso puede repercutir en la composición química de granos, entre otros aspectos.

Luis Mayer, especialista en ecofisiología del INTA San Luis, señaló que “los golpes de calor que ocurren en la etapa de posfloración causan estrés en el cultivo”. Y agregó: “Este efecto se percibe en el campo; las plantas retraen su ritmo de crecimiento debido a que afecta su capacidad fotosintética, y esto en definitiva limita la posibilidad de llenar los granos por completo. Como resultado tenemos granos hasta un 48 por ciento más chicos”.

El equipo encabezado por Mayer se enfocó en profundizar este estudio debido a que “se prevé que en los próximos años la ocurrencia de temperaturas superiores a los 33 y 35 °C sea aún más frecuente”, indicó el especialista del INTA.

“Sobre nuestro territorio el clima ya cambió”
(Pablo Mercuri).

Para identificar las tendencias del impacto económico en la producción agropecuaria y en la actividad forestal, la FAO revisó –en el período 2003-2013– 78 evaluaciones de necesidades luego de la ocurrencia de desastres de mediana y larga escala en 48 países de África, Asia y América Latina.

Una de las principales conclusiones de este análisis es que “la agricultura absorbe el 22 por ciento de los impactos económicos causados por amenazas naturales”, explicó Jorge Meza –oficial Forestal Principal de la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (FAO RLC)– quien profundizó: “Los desastres relacionados con el cambio climático, como inundaciones, sequías y tormentas tropicales, generan el 25 por ciento de los daños y pérdidas en el sector agrícola”.

“En ese período, los desastres naturales ocurridos en países en desarrollo afectaron a más de 1,9 billones de personas y causaron daños estimados en 494 billones de dólares”, resumió Meza, quien afirmó: “En los próximos años, el cambio climático exacerbará este problema”.

Un análisis sobre los desafíos del cambio climático en la Argentina, realizado por la UBA y el Conicet, señala que los mayores cambios se darán en el período 2020-2040: Alteraciones en el caudal de los ríos de la cuenca de La Plata; aumento del estrés hídrico en todo el norte y parte del oeste del país; potencial crisis del agua en Mendoza y San Juan; continuación de la alta frecuencia de precipitaciones intensas e inundaciones en las zonas actualmente afectadas por estos eventos; continuación del retroceso de los glaciares; aumento de las enfermedades infecciosas transmitidas por vectores y resurgimiento de otras que fueron erradicadas como el paludismo.

Dime en qué lugar del mundo estás y te diré cómo te impactará el cambio del clima. Frente a esto, es necesario diferenciar entre regiones tropicales y aquellas templadas y boreales. Las primeras ya están en el límite superior de los rangos óptimos de temperatura para el desarrollo de varios cultivos agrícolas. Mientras que, en mayores latitudes y altitudes, la producción agrícola podría ser beneficiada por pequeños incrementos de temperatura, de uno a dos grados Celsius.

Sin embargo, Meza advirtió que con incrementos superiores de temperatura, los impactos del cambio climático en estas regiones, se proyectan también como negativos. “Algunas áreas de la Argentina, en ciertas condiciones, con cultivos determinados y durante períodos limitados por incrementos pequeños de temperatura podrían generar incrementos de productividad”, adelantó.

De todos modos, en el mediano plazo, el incremento del cambio climático tendrá efectos negativos para todo el planeta. Por lo que, en el corto y mediano plazo, “una medida importante que debe ser considerada e implementada es la incorporación de tecnología en los sistemas agropecuarios”, indicó el oficial de la FAO quien ejemplificó: “El uso de variedades más tolerantes al calor, la siembra directa sobre rastrojo o la agricultura de precisión, podrían ayudar para hacer frente a lo que se viene”.

Ahora bien, se sabe que la composición química del maíz se define en la etapa de llenado activo de los granos. Durante dicho período, los factores del ambiente como la oferta de radiación, la disponibilidad de agua y nutrientes y, eventualmente, la incidencia de golpes de calor, influyen no solo en el tamaño, sino también en la acumulación de las distintas proteínas del grano.

“En las zonas productivas de San Luis, durante diciembre y enero, los golpes de calor son frecuentes”, afirmó Mayer quien explicó: “En determinadas circunstancias esto puede provocar la interrupción del llenado de los granos y, en consecuencia, la alteración del contenido proteico”.

Gustavo Maddonni –investigador de la Fauba y Conicet– señaló que “los cambios observados en la composición proteica de los granos no solo podrían llegar a ser trascendentes en términos cualitativos para la alimentación humana y animal, sino que, además, podrían afectar las diversas propiedades y aplicaciones industriales que tiene el maíz como: la manufactura de adhesivos, plásticos, cosméticos y fibras textiles, entre otros”.

Asimismo, Maddonni alertó: “Dichos cambios podrían influir en la dureza del grano, uno de los rasgos determinantes de la integridad del cereal durante su cosecha, transporte, almacenamiento y de su valor comercial para la molienda seca”.

En cuanto a las recomendaciones de manejo, Mayer destacó la importancia de poner en práctica dos estrategias: evasión y tolerancia. “La primera radica en optar por una fecha de siembra que, de acuerdo al ambiente y al maíz utilizado, evite que la etapa del cultivo en la que se define la composición química del grano

coincida con la época de mayor probabilidad de ocurrencia de los golpes de calor”.

En cuanto a la segunda estrategia, Mayer explicó que está más relacionada a la genética y que consiste en sembrar materiales menos susceptibles al impacto de los golpes de calor.

Secuelas visibles en pastizales patagónicos

En el ambiente patagónico, los pastizales representan un refugio de plantas nativas y son una fuente de forraje para los sistemas productivos enfocados en la cría de ovejas, vacas y cabras. Caracterizados por precipitaciones escasas e imprevisibles, la degradación de los pastizales forma parte de un proceso más amplio de desertificación progresiva.

Allí, los cambios en las variables climáticas condicionan, cada vez más, el desempeño de los sistemas productivos y la funcionalidad de los ecosistemas. En este contexto, un equipo de investigadores del INTA Esquel –Chubut– analizó el impacto de las altas temperaturas registradas en los últimos años.

El estudio –que abarca el período 2000-2014– reveló que “si bien las precipitaciones no cambiaron en el período analizado, las temperaturas se incrementaron en el 75 por ciento de las estaciones estudiadas”.

“En términos generales, el sistema ganadero sufre un proceso de deterioro histórico que incluye caídas en las cargas ganaderas y daño de los pastizales”, afirmó Guillermo García Martínez, especialista en manejo de rodeos ganaderos de esa unidad del INTA, y agregó: “Quizás una de las principales causas del deterioro

de la estructura del pastizal y la disminución de la productividad tenga que ver con los incrementos en las temperaturas”.

El cambio en la variable climática podría implicar la ocurrencia de nevadas de menor intensidad y frecuencia y el incremento en la demanda atmosférica, “factores que repercutirán en la dinámica hídrica de la región”, advirtió García.

De acuerdo con los resultados del estudio, tanto el crecimiento del pastizal –analizado mediante el índice verde normalizado (IVN)–, como su estructura –estudiado sobre los Monitores Ambientales para Regiones Áridas y Semiáridas (MARRAS)–, mostraron cambios negativos. “Esto nos confirmaría el deterioro en el pastizal”, analizó García.

La región analizada incluye los departamentos Cuchamen, Languiñeo, Futaleufú y Tehuelches. Allí, en el período 2000-2014, más del 50 por ciento de la superficie mostró tendencias negativas al crecimiento del pastizal.

En este contexto, García destacó la importancia de la planificación sobre el uso del recurso forrajero dentro del calendario anual de tareas y, en este sentido, consideró fundamental la capacitación de los técnicos y el trabajo conjunto entre instituciones y productores.

Más información: Mario Nuñez mnunez@cima.fcen.uba.ar; Gabriel Rodríguez rodriguez.gabriel@inta.gov.ar; Pablo Mercuri mercuri.pablo@inta.gov.ar; Luis Mayer mayer.luis@inta.gov.ar; Gustavo Angel Maddonni maddonni@agro.uba.ar; Guillermo García Martínez garcia.guillermo@inta.gov.ar; Natalia Huykman Natalia.Huykman@fao.org

“En las zonas productivas de San Luis, durante diciembre y enero, los golpes de calor son frecuentes. Esto puede provocar la interrupción del llenado de los granos en el maíz” (Luis Mayer).



PROHUERTA

El largo camino del agua



En la Argentina, más de 7 millones de personas no acceden al agua debido a deficiencias de infraestructura y problemas de contaminación o disponibilidad del recurso. Con cientos de proyectos especiales en marcha, el programa ProHuerta se propuso resolver ese problema para miles de familias. Desde la iniciativa hasta el momento en que, en algún remoto paraje argentino, se abre por primera vez un grifo y brota el agua, hay un complejo proceso en el que intervienen múltiples actores y disciplinas.

POR PABLO MARÍA SORONDO

Lo intentaron una, dos, tres veces. Más de diez, de veinte. Más de treinta. Ninguna de las 36 perforaciones que hicieron les dio resultado. Solo en una oportunidad encontraron agua: había buen caudal, pero el elevado nivel de arsénico los desalentó. En este árido paraje chaqueño, a unos treinta kilómetros de ripio de Machagai, la comunidad de la escuela-albergue EFA N° 146 buscaba, desde el año 2009, resolver un problema elemental: acceder al agua.

A ese establecimiento de Colonia Tres Palmas asisten 171 alumnos de las zonas rurales aledañas. Algunos recorren más de 65 km para llegar. “El agua es fundamental, sobre todo cuando en la escuela se busca un fin educativo”,

dijo la directora Mirna Dolce, quien hoy muestra con orgullo la gran huerta comunitaria y el gallinero de la escuela, donde los estudiantes aprenden sobre labores agrícolas para recibir su diploma de bachiller con orientación en agro y ambiente.

Es que entre la treintena de perforaciones frustradas y la huerta bien regada existió un proyecto especial del ProHuerta –el programa que hace 27 años conducen el Ministerio de Desarrollo Social de la Nación (MDS) y el INTA–: construyeron dos cisternas de 100.000 litros de capacidad de almacenamiento cada una, con los sistemas de captación de agua de lluvia y distribución en las instalaciones, para brindar acceso al

agua para uso integral para toda la comunidad escolar.

“Nos viene de maravilla –expresó Dolce–, de otra forma, no tendríamos acceso al agua”. La escuela contaba con un histórico aljibe, que dejó de ser de ayuda cuando las lluvias comenzaron a mermar en esa localidad y cuando el número de alumnos creció de manera exponencial. Todo aquello que habían logrado, ya no les resolvía la problemática.

El de la escuela de Colonia Tres Palmas es apenas un ejemplo entre cientos.

Muy lejos de allí, en otra escuela –la N° 948 de la localidad misionera de Ruiz Montoya–, 233 personas de la comunidad Mbya Ñamandú mejoraron su cali-

Panorama del agua en el país y en la región

El agua se encuentra íntimamente relacionada con el desarrollo y con la salud de la población”, dijo Alicia Fernández Cirelli en conversación con la Revista RIA. Fernández Cirelli es doctora en química y creadora del Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA-Instituto UBA) y de la Maestría en Gestión del Agua (UBA). “En general, los países que tienen menor poder adquisitivo, mayor porcentaje de vulnerabilidad alimenticia, menor esperanza de vida y mayor mortalidad infantil son los que poseen un menor porcentaje de acceso al agua potable”, explicó.

De acuerdo con la investigadora, la disponibilidad del agua en el planeta es muy heterogénea y, de hecho, “Latinoamérica cuenta con el 6 por ciento de la población mundial, el 12 por ciento del territorio y un tercio del agua. Es decir, que los recursos hídricos de la región son unos de los más importantes del mundo”. Sin embargo, agregó que “unos 65 millones de habitantes rurales de América Latina no tienen agua potable”.

Según el censo del 2010, que establece una cobertura de agua potable para el 83 por ciento de la población, se desprende que entre los 40 millones de habitantes del país hay 7,3 millones que no poseen acceso a ese recurso.

Durante una conferencia organizada por la Universidad Nacional de San Martín sobre los desafíos futuros respecto del agua, de la energía y del ambiente, el secretario de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, Miguel Ángel Blesa, trazó un panorama global sobre el recurso. “El ciclo hidrológico pone en los continentes alrededor de 37 mil kilómetros cúbicos de agua por año”, expresó entonces y agregó: “De ese total, 11.500 son, en principio, aprovechables por el hombre que actualmente está interviniendo en 6 mil kilómetros cúbicos anuales. Esa es la cantidad que el hombre está usando y que devuelve degradada o desviada de su condición natural”.

En ese mismo contexto, el científico brasileño José Galizia Tundizi, doctor en ciencias por la Universidad de San Pablo y doctor Honoris Causa por la universidad de Southampton, advirtió que en América Latina “tenemos un problema muy serio de accesibilidad a un agua de calidad. Hay millones de personas sin acceso a agua potable. Esto requiere de una solución urgente”. Para Galizia Tundizi, “casi 800 millones de personas aún no tienen acceso al agua potable, 2,5 millones de personas carecen de acceso al saneamiento y entre 6 y 8 millones de personas mueren cada año por enfermedades relacionadas con el agua”.

“Los proyectos especiales son actualmente una de las estrategias más relevantes del ProHuerta, con un enorme potencial que intensifica las capacidades de todo el INTA” (Diego Ramilo).

“Para lograr una transformación de los territorios debemos apalancar instrumentos de políticas públicas, entendidos como financiamiento para potenciar nuestras actividades de extensión” (Diego Ramilo).

dad de vida mediante el acceso a servicios básicos de agua domiciliaria, gracias a obras como perforaciones completas con sistema de bombeo, zanjeo e instalación de redes con depósitos individuales.

En las localidades de Barranquitas, Palo Cruz, las Peñas y El Jumeal –donde hay una escuela rural– se construyeron doce cisternas para un total de 110 personas, de las cuales 78 son menores de edad. En Chubut, 12 familias mapuche-tehuelches de los parajes Tramaleo y Loma Redonda, muy alejadas de centros poblados, obtuvieron instalaciones

para provisión de agua segura domiciliaria, para riego y consumo animal. En Córdoba, 40 familias de Serrezuela y Paso Viejo implementaron tecnologías probadas como perforaciones someras, desarenadores y bordos de nivel y ahora cuentan con agua para producir verduras agroecológicas durante todo el año.

En Juella, Jujuy, 119 familias se beneficiaron con el abastecimiento continuo de agua para riego, gracias al mejoramiento integral de la infraestructura local, con una red de conducción en el tramo del Cardonal hasta el paraje Pampa Gran-

de. Otros veinte sistemas de riego se instalaron en Molinos, Salta, para que igual cantidad de familias tengan agua segura y aumenten un 30 por ciento su producción de frutales.

La lista completa de estas iniciativas podría conformar un extenso catálogo: en 2017, el ProHuerta aprobó 449 proyectos especiales enfocados en distintas temáticas de desarrollo rural, con una inversión de 135,4 millones de pesos, que mejorarán la calidad de vida de más de 27.000 familias. De ese total, 179 proyectos pertenecen a la línea de acceso





“El acceso al agua es un derecho, está incluido entre las metas del milenio y, al ser una demanda tan sentida, es una prioridad del ProHuerta” (Ana María Volpato).



mienta que aborda diversas líneas temáticas clave desde cuatro ejes transversales –equidad de género, adaptación al cambio climático, biodiversidad y organización– y junto con las comunidades en los territorios, que son consideradas en toda su complejidad”.

Con casi tres décadas de trayectoria, el ProHuerta suma casi 2,8 millones de beneficiarios en todo el país, con un total de 465 mil huertas agroecológicas familiares, escolares y comunitarias gracias a una red federal de 7.500 promotores voluntarios y acciones coordinadas con más de 3.000 organizaciones. Nacido en los 90 como estrategia de contención social, el programa evolucionó para constituirse como un instrumento de política pública que hoy aborda el desarrollo rural de manera integral.

“El acceso al agua es un derecho, está incluido entre las metas del milenio y, al ser una demanda tan sentida, es una prioridad del programa”, dijo Ana María Volpato, subsecretaria de Políticas Alimentarias del MDS. Para la funcionaria, el objetivo es claro: “Garantizar el acceso al agua en tanto derecho fundamental de las personas de nuestro país y, a partir de esa meta, empezar a mirar las cuestiones que tienen que ver con el hábitat y la producción”.

Por una parte, Volpato destacó que “solucionado esta problemática se satisfacen necesidades productivas, reproductivas y de salud”, al advertir que “gran parte de la población vulnerable se está abasteciendo de fuentes contaminadas y eso genera enfermedades continuamente, con un costo de salud

asociado”. Por otra parte, agregó la subsecretaria, sería inviable proyectar “una mejora productiva si no tenemos agua para regar o abastecer a los animales que estamos criando”. Del mismo modo, Volpato se refirió a la situación crítica de muchas personas que deben dedicar buena parte de su tiempo al acarreo de este recurso, a menudo a través de grandes distancias. “Las mujeres en el medio rural y los chicos llegan a destinar hasta dos horas por día o más para abastecerse de agua para uso doméstico y productivo”, señaló Volpato, para quien “estos proyectos dan la posibilidad de llevarles soluciones concretas”.

De acuerdo con Ramilo, este contexto enriquece los programas de desarrollo territorial: “Se fortalece un proceso de innovación dentro del INTA que implica el trabajo coordinado de la investigación, la extensión, las relaciones institucionales y la vinculación tecnológica”.

En este contexto, consideró el coordinador, buena parte del éxito de estos proyectos se debe a la adecuación de todos los procesos administrativos y de asistencia para la presentación, evaluación y monitoreo de los proyectos, así como para facilitar la ejecución de los fondos asignados. ¿Cuál es el detrás de escena de estos complejos engranajes institucionales? ¿Cómo es el mecanismo por el cual un formulario que va y viene llega a convertirse en cisterna, bomba, tanque, cañería, regador? ¿De qué manera los circuitos del papeleo, con sus firmas y sellados, consiguen llevar agua a los parajes más postergados de la Argentina?

al agua. A su vez, durante la primera convocatoria realizada por el programa en 2016, los proyectos especiales aprobados fueron 167 –entre ellos, 52 de acceso al agua–, para los que se invirtieron 34,3 millones de pesos.

“Los proyectos especiales son actualmente una de las estrategias más relevantes del ProHuerta, con un enorme potencial que intensifica las capacidades de todo el INTA”, dijo Diego Ramilo, a cargo de la Coordinación Nacional de Transferencia y Extensión del instituto. Según afirmó, se trata de “una herra-

Un logro de la buena gestión

Definido como prioridad por el Ministerio de Desarrollo Social y asumido como decisión estratégica desde la Dirección Nacional del INTA, la nueva etapa del ProHuerta se propuso terminar de integrar al programa en la estructura del instituto. “Esto significa que la responsabilidad de la ejecución y el cumplimiento de los objetivos del programa son una responsabilidad institucional”, explicó Ramilo.

En este marco, estos instrumentos se integran con los Proyectos Regionales con Enfoque Territorial (PRET), descritos como “plataformas de innovación donde se organizan las capacidades de los componentes institucionales con una mirada prospectiva de corto y mediano plazo”.

Para Ramilo, el potencial de esta herramienta es enorme en tanto y en cuanto logre eludir procesos ineficientes que demoren su aprobación: “Estos proyectos tienen una velocidad de aprobación inédita. Una vez formulados y evaluados por comisiones de especialistas temáticos. Luego pasan por una mesa de priorización política del MDS y del INTA. En el término de dos meses se encuentran aprobados y con financiamiento y ejecución en el territorio”, destacó el coordinador del INTA, quien añadió: “Esto, en términos de política pública, es todo un logro de las buenas prácticas de gestión”.

La coordinadora nacional del ProHuerta, Laura Tanzariello, suscribió a esa posición y recordó: “Antes los proyectos tardaban por lo menos dos años en salir. Hoy estamos logrando velocidades de aprobación mucho más importantes gracias a los procesos intensivos de evaluación”. A su vez, explicó que las diferentes líneas temáticas –acceso al agua para uso integral, valor agregado en origen, comercialización, producción pecuaria, producción

frutihortícola, granja para venta, cultivos locales, educación, comunicación y energías renovables– “fueron definidas y priorizadas por el MDS a partir de una serie de problemas y demandas que tienen hoy los territorios, que nos plantean los propios productores”.

En ese sentido, Tanzariello aclaró que “si bien los proyectos especiales solo pueden ser presentados por técnicos del INTA, implican una demanda en función de un proyecto participativo con la propia población involucrada”. Una vez reconocido el problema, las soluciones se construyen combinando el conocimiento tácito del territorio y los productores con el conocimiento científico de los especialistas. “Se encuentra la solución más adecuada, se elabora el formulario y se presenta formalmente un proyecto detallado y presupuesto, que especifica quiénes son los participantes, qué rol cumple cada uno y cuáles son los plazos de la ejecución”.

Desde cualquier punto del país los extensionistas hacen llegar sus propuestas a la coordinación nacional, que organiza comisiones de evaluación temática a cargo de especialistas multidisciplinarios. Desde el momento de su presentación, todos los proyectos son monitoreados mediante un sistema informático que permite su seguimiento preciso. “Cada evaluación asigna un puntaje y, en función de esas consideraciones, los proyectos pueden aprobarse o devolverse con sugerencias y propuestas de mejora para que vuelvan a ser presentados”, dijo Tanzariello, quien recordó que en la última convocatoria se postularon más de mil propuestas.

Cada proyecto tiene un referente técnico encargado de su implementación integral, desde la compra de insumos hasta el monitoreo de avances, incluyendo todos los procesos organizativos

“Los países que tienen menor poder adquisitivo, mayor porcentaje de vulnerabilidad alimenticia, menor esperanza de vida y mayor mortalidad infantil son los que poseen un menor porcentaje de acceso al agua potable”
(Alicia Fernández Cirelli).



Una alianza para obtener agua segura

Cincuenta litros de agua por día. Es la cantidad recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el consumo, limpieza e higiene de una persona. En la Argentina, muchas comunidades aún carecen de red de agua y se abastecen mediante distintas fuentes como pozos, represas artificiales, vertientes alejadas, entre otras alternativas, que a menudo se caracterizan por la falta de cantidad o calidad. En este contexto, el INTA y el Proyecto Agua Segura se asociaron para contribuir a paliar esta problemática y ayudar a que las comunidades rurales cuenten con agua sin bacterias, virus y parásitos.

El objetivo de esta cooperación puede resumirse así: “Llegar a todos los argentinos lo antes que podamos con la solución más sostenible y replicable que encontramos”, sostuvo el médico Nicolás Wertheimer, quien fundó esa empresa social junto con Julián Weich, reconocida figura televisiva y embajador de la UNESCO.

Con esa finalidad y con el apoyo del INTA, desde 2016 hasta abril de 2017, se instalaron filtros purificadores de alta eficiencia en 25 localidades de 18 provincias, en casi 80 escuelas y dos centros comunitarios. A su vez, el programa alcanzó, en dos años de trabajo, a más de 300 escuelas y 20 mil personas en todo el país.

“Trabajamos en equipo con organizaciones como el INTA, que conocen el territorio hace mucho tiempo, nos abren las puertas de las comunidades y nos ayudan con los talleres. Son referentes para nosotros y si no trabajamos en red no hay forma de solucionar una problemática tan grande”, sostuvo Wertheimer.

“Las mujeres en el medio rural y los chicos llegan a destinar hasta dos horas por día o más para abastecerse de agua para uso doméstico y productivo”
(Ana María Volpato).

implicados, de manera conjunta con la comunidad involucrada.

“Si realmente queremos lograr una transformación de los territorios”, afirmó Ramilo, “debemos apalancar instrumentos de políticas públicas, entendidos como financiamiento para potenciar nuestras actividades de extensión, en especial con poblaciones de estas características”.

Impactos: un proyecto, entre cientos

Durante décadas, las doce familias de “crianceros” trashumantes que viven a la vera del arroyo Poñiwe, a 135 kilóme-

tros de Malargüe (Mendoza), usaron ese cauce como fuente principal de abastecimiento de agua. “Tomamos agua del arroyo de siempre”, explicó el puestero Antonio Saso, nacido y criado en ese paraje. “Pero igual no es buena esa agua”, agregó, ya que “cuando hay tormenta baja puro barro y muchos animales se mueren arriba”.

Esa comunidad fue parte de un proyecto especial del ProHuerta, en el que también participaron diversas organizaciones locales, involucrados en cada paso, desde los análisis fisicoquímicos para comprobar la potabilidad del agua de la vertiente hasta la compra de cañerías, tanques y demás, pasando por la medición del caudal y la planimetría.

“Con este proyecto abastecemos de agua potable a una comunidad de ocho puestos, con unas 12 familias que suman 60 personas, entre grandes y chicos”, dijo Javier Macario, especialista en recursos renovables para zonas áridas y jefe de la agencia de extensión rural del INTA en Malargüe. Macario es, además, el referente técnico de este proyecto especial.

Primero, el trabajo implicó realizar un sistema de captación de vertiente, con una protección, para que el agua llegue al primer tanque de recepción en condi-

ciones óptimas. “El agua limpia va luego a una planta cloradora y sigue a tres tanques de 5.000 litros de reserva. Desde ahí recién sale el agua potable, clorada, que va a abastecer a cada uno de los tanques familiares”, explicó el técnico. Según Macario, la obra tuvo “un gran impacto en la salud y el bienestar de la gente”, debido a que “tener agua disponible y en condiciones para poder ser usada puede ayudar mucho al arraigo del productor local”.

“El proyecto está lindo”, dijo Saso, quien aseguró que lo ayudaron entre todos. Además, resaltó que la comunidad venía soñando con aprovechar esa vertiente desde que él era niño: “Siempre decíamos que algún día la íbamos a tener. Y ahora la tenemos: el agua en mi puesto y en el de todos los vecinos”.

Más información: Mirna Dolce dolcemirna@gmail.com; Ana María Volpato amvolpato@desarrollosocial.gob.ar; Diego Ramilo ramilo.diego@inta.gob.ar; Laura Tanzariello tanzariello.laura@inta.gob.ar; Javier Macario macario.javier@inta.gob.ar; Alicia Fernández Cirelli afcirelli@gmail.com; Miguel Ángel Blesa miblesa7@gmail.com; José Galizia Tundizi jgt.iiie@iiie.com.br; Nicolás Wertheimer info@aguasegura.com.ar



VINCULACIÓN TECNOLÓGICA

“El tesoro del INTA es su capacidad de desarrollo tecnológico”

El coordinador nacional de Vinculación tecnológica, Adolfo Cerioni, destaca la necesidad de potenciar la interacción con el sistema socio-productivo para lograr una “aplicación concreta fuera del laboratorio y multiplicar el conocimiento generado en el Estado”. Para fortalecer estas capacidades se creó el Fondo de Valorización Tecnológica destinado a solventar gastos de propiedad intelectual y nuevos desarrollos.

POR MARIO MIGLIORATI
FOTOGRAFÍA PAULA AGUILERA

En los últimos 30 años la vinculación tecnológica en el INTA estuvo orientada a crear y fortalecer los vínculos entre el sector público y privado, como estrategia para desarrollar tecnologías que necesitaban de las empresas para su producción y difusión a través de los mercados.

En la transferencia de bienes o productos generados por el instituto al sector privado, el conocimiento obtenido con financiamiento del Estado se transformó en insumos capaces de resolver una demanda productiva postergada.

Con nuevas estrategias que buscan facilitar la transferencia de desarrollos complejos y propiciar condiciones para multiplicar los productos licenciados, la Coordinación Nacional de Vinculación Tecnológica propone “cambios que apuntan a acelerar la transferencia de tecnologías y a consolidar un modelo de gestión que facilite los procesos de innovación”, reconoce Adolfo Cerioni.

Desde la coordinación se avanza en la promoción de instrumentos que faciliten la evolución de prototipos de laboratorio a productos atractivos para las empresas con menor riesgo tecnológico, regulatorio y financiero y, de este modo, aumentar la viabilidad de los licenciamientos.

Tras repasar las distintas etapas que dieron lugar a la vinculación tecnológica en el organismo, Cerioni afirma que se constituye en una interfase que “analiza las capacidades institucionales y difunde el potencial tecnológico interno en función de las innovaciones requeridas por empresas nacionales e internacionales y la oferta de políticas públicas de financiamiento”.

Asume que la vinculación tecnológica cumple su función si potencia la posibilidad de “lograr conocimiento aplicado y con llegada a la sociedad”. La transformación de tecnologías en innovación se concreta cuando un desarrollo logrado con recursos públicos llega a constituirse en un insumo útil, comercializable por una empresa y capaz de resolver una demanda productiva.

Hablamos de Vinculación Tecnológica como un término naturalizado para describir actividades del INTA, pero nos interesa conocer su definición...

La vinculación tecnológica es la estrategia institucional por la cual el INTA transfiere, a través de las empresas, tecnologías que son bienes o insumos, las

que para materializarse necesitan producirse y comercializarse. Son tecnologías apropiables a través de un registro de variedades –derecho de obtentor– como puede ser una semilla de una determinada especie o una patente, por ejemplo: una construcción biotecnológica que da lugar a la posibilidad de desarrollo de una vacuna patentable.

¿Cómo se establecen las alianzas estratégicas?

En este tipo de tecnologías, ya sea bienes o productos, el INTA produce el desarrollo, pero necesita la alianza estratégica de una o varias empresas para que la produzca y comercialice. Esto en términos de lo que es el mecanismo primario. Después, la vinculación tecnológica tiene muchas actividades que hacen a esta actividad núcleo, como es el resguardo de la propiedad intelectual y algunas tecnologías, como las variedades de especies vegetales, que son registrables. Se inscriben en un registro que reconoce la propiedad del INTA y, como fueron obtenidas a través de recursos públicos, nuestra obligación es registrarlas bajo propiedad del INTA. Y cuando se transfiere a una empresa o se la licencia, se



“Tenemos la obligación de patentar, es decir, proteger las tecnologías obtenidas con recursos públicos”.

establece un convenio donde la empresa asume la obligación de mencionar que es una tecnología desarrollada por el INTA.

Al respecto, ¿qué marco se da en el INTA para la protección de estas tecnologías?

Este punto no es menor y, a veces, confunde un poco a la sociedad. Y lo señalo respecto a: “Porqué un organismo público que obtiene tecnologías con recursos del Estado llega a patentar”. La realidad es que tenemos la obligación de patentar, es decir, proteger las tecnologías obtenidas con recursos públicos. Si no lo hiciésemos, cualquier empresa nacional o extranjera la utilizaría y vendería y la sociedad argentina pagaría dos veces por la misma tecnología.

Y respecto a la estrategia que señala, ¿en qué se funda?

Hay un conjunto de actividades que hacen a la estrategia de buscar las tecnologías dentro de la institución para acelerar los procesos de la transferencia, para garantizar la protección y que no se pierda la novedad por su publicación y pueda ser patentada. Esto por un lado pero,

además, nos encontramos en pleno desarrollo de nuevos instrumentos para financiar tecnologías que están a nivel de la mesada de laboratorio y acercarlas a un producto. De esta manera son más atractivas para una empresa que las quiere producir ya que se disminuyen los riesgos tecnológicos para acercarse al producto.

Habla de promoción ¿cuánto hay de esto para que una empresa llegue a vincularse con esa tecnología?

Se trabaja en la promoción de estas tecnologías vinculándonos con las cámaras empresarias como una forma de llegar a la organización que tienen las empresas y con el objetivo de difundir las tecnologías que tiene el INTA pero que, necesariamente, requieren de alianzas estratégicas con las empresas para que puedan llegar a la sociedad.

En el marco de estos 30 años, ¿se pueden definir y caracterizar etapas de la vinculación tecnológica en el INTA?

Se cumplen los 30 años por dos hechos significativos. En el año 1987, por una parte, se firma el primer convenio formal

por transferencia de semillas de soja a Federación Agraria Argentina y, por otra parte, se crea la Unidad de Vinculación Tecnológica, una oficina de interfase entre el INTA y el sector privado para gestionar y articular estos convenios.

Respecto de las etapas, hay una primera de inserción, las principales tecnologías eran las variedades vegetales. En este sentido, el organismo tenía una forma de transferir estas tecnologías por medio de las asociaciones cooperadoras y de las cooperativas. El funcionamiento de estas asociaciones cooperadoras es anterior a la creación de la Unidad de Vinculación Tecnológica y funcionaban en las estaciones experimentales. Posteriormente, se promueven las cooperativas, una organización empresarial. Tanto las cooperadoras como las cooperativas permitieron que los ingresos por la comercialización se reinvirtieran en las experimentales en los programas de mejoramiento para continuar con la producción de nuevas variedades.

Son los primeros treinta años del INTA desde su creación...

Sí, hablamos de las décadas de 1960 y 1970, desde la creación hasta la apa-



rición de la vinculación tecnológica, tanto las asociaciones cooperadoras como las cooperativas fueron útiles y sirvieron para la difusión de las variedades vegetales del INTA, en un contexto donde la industria semillera no estaba desarrollada como hoy.

Y, ¿cómo se continuó a partir de los 80?

Dada la complejidad que requerían las tecnologías de salud animal como las biotecnologías no era posible producirlas en las experimentales como las variedades vegetales y, así, nace la necesidad de aliarse con empresas especializadas para producir este tipo de productos. Entonces, al surgir la Vinculación Tecnoló-

“Es un cambio muy importante trabajar en propiedad intelectual en tecnologías que no sean de mejoramiento vegetal”.

gica, las variedades vegetales también empezaron a transferirse por intermedio de empresas. Y se firma el primer convenio de vinculación tecnológica con San Jorge Bagó por la vacuna de la aftosa y después vinieron otros convenios.

¿Qué lugar ocupaba el Estado en la promoción de la vinculación tecnológica?

La primera etapa, desde los años 1987 al 2003, coincide con un período de subinversión y desfinanciamiento en el Estado, donde los organismos que tenían la mayor cantidad de producción y desarrollo de tecnología se encontraban con este problema.

En el caso del INTA, la vinculación tecnológica prestó un auxilio importante para disponer de recursos que ingresaban de los convenios, ya sea para retener personal y poder funcionar en algunos casos, no en todos.

En la cultura institucional la vinculación se imprimió como un instrumento de financiamiento y no como es su verdadera finalidad: transferir tecnología.

Y en la etapa siguiente, ¿qué aportes se generaron?

Arranca otra etapa desde el 2003 en adelante. Pero en el caso del INTA desde el 2005 porque se dan dos condiciones importantes: el Plan Estratégico Institucional 2005-2015, y la disponibilidad de recursos.

¿En qué lugar posiciona el Plan Estratégico a la vinculación tecnológica?

La reconoce como un componente estratégico y comienza a ordenar la priorización. Aquí se empieza a resolver un conflicto que existía en casi todas las unidades, donde por la ausencia de recursos se firmaban convenios para realizar actividades que no siempre eran convergentes con la prioridad de la experimental o del centro, los que se justificaban por ausencia de recursos.

¿Qué cambia a partir de este marco institucional ordenador?

Al disponer de recursos los centros son más selectivos con lo que se hace

Vigilancia tecnológica

Esta tarea surge a partir de que “nos fortalecimos en estudios de patentes”, señala Adolfo Cerioni. Rescata que hubo una evolución en la Coordinación Nacional de Vinculación Tecnológica que le permite poder hacer informes de patentabilidad, lo cual implica tener personal capacitado para poder acceder a las bases de datos de patentes. Pero, además, poder realizar trabajos de “Libertad para operar” –*Freedom to operate* (FTO)–.

“Cuando se desarrolla una tecnología que se puede patentar, se hace uso de otras tecnologías que también están patentadas”, explica y aclara: “La libertad para operar implica encontrar el camino con menor uso de tecnologías patentadas”, de lo contrario el día que se quiera explotar esa patente se va a tener que contar las licencias respecto de aquellas utilizadas en ese desarrollo.

Contrariamente, cuando menos licencias tiene una tecnología, “más libre es”, afirma Cerioni. Aquí es donde el conocimiento de base de datos especializadas permite, frente a la solicitud de una patente, contar con información necesaria “acerca del desarrollo, tendencia y evolución de la tecnología”.

Si a esto se le suma la información de mercado, se pueden alcanzar informes de “vigilancia tecnológica, con relación a la orientación de las tecnologías e informes de inteligencia de mercados”, destaca en cuanto a poder conocer “hacia dónde se encaminan las empresas en función de la evolución de las tecnologías”.

“Los instrumentos apuntan a acelerar los procesos de desarrollos de las tecnologías para que sean realmente una innovación”.

a nivel de los convenios de vinculación tecnológica. De aquí en más es posible distinguir otra etapa, coincidente con la necesidad de avanzar en otras áreas en materia de vinculación tecnológica, en materia de propiedad intelectual y solicitudes de patentes. La oficina de Vinculación Tecnológica nació con fortaleza en derecho de obtentor, que asisten al registro de las variedades vegetales, pero en esta etapa surge la necesidad de fortalecer al INTA en derecho de propiedad intelectual vinculada al patentamiento de la tecnología.

¿Cuáles son los aportes en propiedad intelectual y patentamiento?

Es un cambio muy importante trabajar en propiedad intelectual en tecnologías que no sean de mejoramiento vegetal. Estas últimas tienen la característica que una vez que se obtiene una variedad, se licencia y no se modifica. Si hay mejoramiento, se puede registrar esa otra variedad mejorada, porque una de las condiciones –para poder inscribirla– es la estabilidad, es decir, que no tenga variación.

Esto no sucede con las biotecnologías y las tecnologías relacionadas con mecánica o con agroindustria porque pueden ser patentables, pero, a su vez, pueden mejorarse en el funcionamiento a través de nuevos diseños o los procesos de fabricación. Si hay modificaciones en la esencia de la tecnología, estamos abiertos a reconocerlo en el convenio. Esto con respecto a un nuevo aporte que surja como desarrollo tecnológico desde el licenciatario. La forma concreta de reconocer las innovaciones al producto tecnológico del INTA es modificar el porcentaje de regalías que obtiene el organismo.

Hablamos de un período que se inicia en 1995, cuando aparecen los organismos genéticamente modificados asociados a las variedades vegetales.

¿Qué sucede con la creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología a fines del 2007?

Representa otro cambio importante porque aparecen nuevos instrumentos de financiamiento. Estos instrumentos demandan la conformación de consor-

cios públicos-privados, lo cual implica un convenio en torno a la tecnología para desarrollar y a los compromisos que se adquieren. La ejecución de ese tipo de instrumento en forma conjunta con privados nos llevó a introducir modificaciones para avanzar en algunas áreas como respuesta a la demanda de estos nuevos instrumentos de financiamiento que aparecían como oferta desde el sector público.

¿Qué impacto tiene para la vinculación tecnológica la aparición de tecnologías disruptivas?

Impactan fuertemente y, más o menos rápido, se reacciona en relación con el tema. No fijamos políticas y tampoco marcamos hacia dónde hay que ir. Somos una oficina de interface sensibles a la demanda externa al INTA, a la oferta pública de financiamiento, a las políticas públicas y a lo que pasa con las tecnologías.

Están especializados para anticiparse...

Diría que sí... si podemos anticiparnos, es mejor. De eso se trata y es la última



“Somos una oficina de interface sensibles a la demanda externa al INTA”.

etapa de evolución de la oficina. Incorporar lo que es vigilancia tecnológica, desarrollar un trabajo más intenso con las cámaras empresarias y la demanda, y lograr una mayor participación en el exterior.

La agricultura argentina es reconocida a nivel mundial como una de las más competitivas, lo que representa una gran oportunidad de exportación de maquinaria donde es imprescindible la asociación con la tecnología. Todo el desarrollo nacional de la maquinaria está adaptado a un modelo de agricultura conservacionista con siembra directa y desde INTA somos un aliado estratégico.

¿Hay una decisión de salir a buscar los desarrollos tecnológicos?

El tesoro del INTA es su capacidad de desarrollo tecnológico. Después se cuenta con diferentes estrategias para transferirlas, desde extensión y comunicación por medio de tecnologías de procesos; y desde Vinculación Tecnológica esas tecnologías se traducen en bienes o productos.

¿Cuáles son las innovaciones que reflejan una participación de ciclo completo para Vinculación Tecnológica?

Son numerosas en cuanto a mejoramiento vegetal. La más nombrada es el arroz Puitá, que cuenta con una plataforma tecnológica que se comporta con la misma estrategia de una empresa de semillas y seguirá con la producción de variedades. Podemos citar casos de alfalfa y trigo en asociación con empresas que

están en el mercado, son fuertes y cuentan con una importante participación.

En el campo de los implementos mecánicos el caso destacado es la cosechadora de algodón “Javiyú”, porque convergen procesos de aprendizaje muy interesantes que normalmente nadie los observa cuando impacta una tecnología. Esta cosechadora fue posible porque se contaba con 40 años de investigación en un momento de crisis del algodón, que implicó una necesidad de cambio. Y la lucidez de nuestros investigadores de reconocer que no se trataba de un problema de rentabilidad, sino del paquete tecnológico asociado a cada cultivo. Había que hacer un cultivo de algodón menos complejo, quitarle riesgos y darle competitividad. Se trata de un verdadero cambio de paradigma. Aquí convergen los investigadores y extensionistas tanto en el manejo del cultivo, en protección vegetal y en genética. También, pensamos que son innovaciones todos los aportes en materia de tecnología en el campo de salud animal junto con esta nueva estrategia de crear empresas.

¿Qué instrumentos piensan introducir desde la Coordinación de Vinculación Tecnológica para los próximos años? En tal sentido, ¿qué tecnologías deberían surgir?

Los instrumentos apuntan a acelerar los procesos de desarrollos de las tecnologías para que sean realmente una innovación. Esto apunta a contar con una cartera para financiar el desarrollo de las tecnologías, cumplida la etapa de investigación. El INTA cuenta con su car-

tera de financiamiento a la investigación, pero no una específica para el desarrollo, donde hay que acelerar la tecnología para que se acerque a un producto y sea atractivo para una empresa que la adopte, o si no la hubiera, en tal caso, nos permita generar una empresa.

¿Y cómo se financiará?

Con financiamiento interno a partir del Fondo de Valorización Tecnológica que se nutre de una parte de lo que entra al INTA como regalías y que está destinado a financiar los gastos de mantenimiento de propiedad intelectual, pero también tiene como destino financiar los desarrollos tecnológicos. Esto nos va a permitir contar con un instrumento interno para acelerar los procesos y asociarnos con fondos externos.

No se buscarán tecnologías para financiar, sino que se recibirán demandas las cuales serán analizadas y en cada caso se estudiará la oferta externa de financiamiento y, de no haberla, se articulará con el fondo interno.

¿Cuándo comenzará a instrumentarse este fondo?

Ya fue aprobado por el Consejo Directivo del INTA en sus pautas generales y, además, cuenta con un reglamento específico. Este año será instrumentado a partir de demandas específicas que hemos detectado.

Más información: Adolfo Cerioni
vt.central@inta.gob.ar

Alcanos en cultivares comerciales de festuca alta [*Lolium arundinacea* (Schreb.) Darbysh.] como indicador de su consumo por bovinos

BAKKER, M.L.¹; FERRAGINE, M.D.C.¹; BIGLIARDI, M.²

RESUMEN

Los n-alcanos son hidrocarburos de cadena lineal que componen la cera de la cutícula de las plantas y participan en numerosas funciones vitales. El contenido relativo de n-alcanos impares con diferente longitud de cadena de carbonos (patrón de alcanos) varía entre especies, cultivares y partes de planta, permitiendo su uso como marcadores naturales de composición de la dieta en estudios de herbivoría. Se analizó el contenido individual de los n-alcanos impares desde C23 hasta C35 en 12 cultivares (cvs) comerciales de festuca alta [*Lolium arundinacea* (Schreb.) Darbysh.], 10 continentales y 2 mediterráneos ("Arizona" y "Flecha"). El contenido total (mg/kg MS) de n-alcanos impares en los cvs fue, en orden creciente, "Arizona" (369), "FesCon3", "FesCon2", "AxL", "FesCon4", "Royal Q 100", "Flecha" (600 a 750) y "Taita", "FesCon1", "Malma", "GFL 200" y "GFL 201" (800 a 850). Los n-alcanos más abundantes en los cvs continentales fueron C31 (51±3%), C29 (25±2%) y C33 (14±2%), pero los cvs mediterráneos se diferenciaron marcadamente de los continentales y también entre ellos, "Arizona" tuvo menos C29 (20%) y más C33 (29%) mientras que "Flecha" tuvo más C29 (43%) y menos C33 (5%). Los cvs "Arizona" y "Flecha" tuvieron los patrones de alcanos más diferentes, lo que permitiría aplicar el método de los alcanos para estimar la proporción de estos cvs en la dieta de animales en pastoreo.

Palabras clave: alcanos, dieta, festuca alta.

ABSTRACT

The n-alkanes are lineal chain hydrocarbons that compose the wax of plant cuticles and participate in numerous vital functions. The relative content of odd-alkanes with different carbon chain length (alkane pattern) varies between species, cultivars and plant parts, allowing their use as natural markers of diet composition in herbivory studies. The content of individual odd-chain n-alkanes from C23 through C35 was analysed in 12 commercial cultivars (cvs) of tall fescue [*Lolium arundinacea* (Schreb.) Darbysh.], 10 continentals and 2 mediterraneans ("Arizona" and "Flecha"). Total content (mg/kg DM) of odd-alkanes was, in increasing order, "Arizona" (369), "FesCon3", "FesCon2", "AxL", "FesCon4", "Royal Q 100", "Flecha" (600 to 750) and "Taita", "FesCon1", "Malma", "GFL 200", "GFL 201" (800 to 850). Most abundant n-alkanes in continental cvs were C31 (51±3 %), C29 (25±2 %) and C33 (14±2 %), but mediterraneans differed markedly from continentals and also between them, "Arizona" had less C29 (20 %) and more C33 (29 %) while "Flecha" had more C29 (43 %)

¹Facultad de Ciencias Veterinarias, UNCPBA, Tandil. bakker@vet.unicen.edu.ar

²GENTOS SA.

and less C33 (5 %). The cvs "Arizona" and "Flecha" had the most different alkane patterns, which would allow the use of the alkane method to estimate the proportion of these cvs in the diet of grazing animals.

Keywords: alkanes, diet, tall fescue.

INTRODUCCIÓN

Los n-alcenos son hidrocarburos de cadena lineal que componen la cera de la cutícula de las plantas y participan en numerosas funciones vitales, tales como reducir la pérdida no estomáica de agua, proteger contra la radiación UV, disminuir la acción del polvo, contaminantes del aire, bacterias y hongos, y, además, cumplen un rol importante en la interacción con los insectos (Kunst y Samuels, 2003). La mayoría de las especies forrajeras tienen una mezcla de n-alcenos con una abundancia mayor de aquellos con número impar de carbonos y longitud de cadena de entre 23 y 35 carbonos. Además, se han observado diferencias importantes en el contenido relativo de estos n-alcenos impares (patrón de alcanos) entre especies, cultivares y partes de planta, que permiten el uso de estos compuestos como marcadores naturales para estimar la composición, el consumo y la digestibilidad *in vivo* de la dieta en los estudios de herbivoría (método de los alcanos) (Mayes y Dove, 2000). Se conoce que la producción de alcanos por las plantas guarda una estrecha relación con la adaptación al ambiente, y, en los últimos años, se han publicado numerosos estudios (ver revisión de Yeats y Rose, 2013) que buscan dilucidar las vías de síntesis y su regulación a nivel génico, con el propósito de incorporar este aspecto en los programas de selección de las plantas forrajeras.

En el presente estudio se analizó el contenido y patrón de alcanos, desde C23 hasta C35, en 12 cultivares comerciales de festuca alta [*Lolium arundinacea* (Schreb.) Darbysh.] de diferente origen, 10 continentales y 2 mediterráneos, con el objetivo de caracterizar el material y evaluar el uso potencial del método de los alcanos para estimar la proporción de los distintos cultivares en la dieta de los animales en condiciones de pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron 12 cultivares (cvs) comerciales de festuca alta [*Lolium arundinacea* (Schreb.) Darbysh.]. Según su origen, 10 cvs son continentales: "AxL", "GFL 200", "GFL 201", "Malma", "Royal Q 100", "Taita" (Gentos SA), "FesCon1", "FesCon2", "FesCon3", "FesCon4", y 2 cvs son mediterráneos: "Flecha" y "Arizona" (Gentos SA). Las muestras se recolectaron en mayo de 2015 del campo experimental del semillero Gentos SA, ubicado en Urquiza, partido de Pergamino, provincia de Buenos Aires (33° 53'

S; 60° 35' O). Los cvs fueron sembrados en marzo-abril de 2014, y fertilizados con urea (200 kg en otoño-invierno de 2014 y 100 kg en otoño de 2015); luego fueron sometidos a un régimen de pastoreo rotacional en franjas diarias (entre 6 y 8 pastoreos). Las muestras, que estuvieron conformadas exclusivamente por láminas vivas, se secaron en estufa a 60 °C durante 48 horas y luego se molieron con un molinillo eléctrico hasta un tamaño de partícula uniforme. Una sola alícuota de ~0,75 g de cada cv se procesó de acuerdo a un protocolo estandarizado (Bakker y Alvarado, 2006) que consiste en la saponificación con hidróxido de potasio etanólico a 90 °C durante 16 horas, seguido de la extracción con n-heptano y purificación del extracto mediante pasaje por una columna de sílica gel. El contenido (mg/kg MS) individual de n-alcenos impares, desde C23 hasta C35, se cuantificó usando los n-alcenos pares C22 y C34 como estándares internos, mediante cromatografía de gases en un equipo *Agilent* 6890, provisto de una columna SB1 (J&W). Las diferencias en el patrón de alcanos (% de cada n-alceno impar en el total de n-alcenos impares analizados) entre cvs se evaluaron con un análisis de componentes principales (ACP), usando el programa estadístico *InfoStat* (Di Rienzo *et al.*, 2008), sobre los datos transformados (*centred log ratios*) de acuerdo a Aitchinson (1986).

RESULTADOS

El contenido (mg/kg MS), individual y total de n-alcenos impares para cada cv se muestra en la tabla 1. Se observó un rango amplio en el contenido total de n-alcenos impares entre los cvs, "Arizona" presentó el contenido más bajo (369), mientras que, "FesCon3", "FesCon2", "AxL", "FesCon4", "Royal Q 100" y "Flecha" presentaron contenidos intermedios (600 a 750), y "Taita", "FesCon1", "Malma", "GFL 200" y "GFL 201" los más altos (800 a 850). En todos los cvs, el contenido de C31 (139 a 454) fue superior al de C33 (37 a 132), y el contenido de C35 fue muy bajo (<8) con excepción de "FesCon4" (17) y "Malma" (18).

Los cvs continentales en general presentaron un patrón de alcanos similar, con un alto contenido relativo de C31 (51±3%), seguido de C29 (25±2%) y C33 (14±2%) (promedio ± desvío estándar), pero los cvs mediterráneos "Arizona" y "Flecha" parecen diferenciarse marcadamente de los continentales y también entre sí, "Arizona" presentó un bajo contenido relativo de C29 (20%) y alto contenido relativo de C33 (29%), mientras que "Flecha" presentó un alto

Cultivar	Contenido de alcanos (mg/kg MS)							Total
	C23	C25	C27	C29	C31	C33	C35	
Continetales								
AxL	8	18	30	150	328	75	8	616
GFL 200	5	23	40	203	398	120	5	792
GFL 201	3	13	34	219	426	115	5	816
Malma	6	29	43	184	412	132	18	824
Royal Q 100	2	13	31	188	383	112	4	734
Taita	3	20	40	240	454	96	4	858
FesCon1	3	11	28	219	429	131	6	827
FesCon2	5	14	27	159	360	99	5	669
FesCon3	8	27	50	153	318	95	6	656
FesCon4	9	42	59	179	325	95	17	727
Mediterráneos								
Arizona	3	13	25	76	139	108	7	369
Flecha	7	22	43	318	308	37	6	739

Tabla 1. Contenido de n-alcanos impares (C23-C35) en cultivares comerciales de festuca alta.

contenido relativo de C29 (43%) y muy bajo de C33 (5%) (figura 1). El ACP separó a los cvs sobre el eje CP1 del biplot (50% de la variación total) de acuerdo a un mayor contenido relativo de C23 y C25 y menor contenido relativo de C31: "FesCon3", "FesCon4", "Arizona", "Flecha", "Malma" y "AxL", y, a la inversa: "FesCon1", "GFL 201", "Royal Q 100", "Taita", "FesCon2" y "GFL 200"; luego, sobre el eje CP2 del biplot (33% de la variación total) se manifestaron las marcadas diferencias en el contenido relativo de C29 y C33 de los cvs "Arizona" y "Flecha" (figura 2).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los cvs comerciales de festuca alta analizados en este estudio presentaron contenidos totales y relativos de n-alcanos impares que están dentro del rango conocido para las festucas (Maffei, 1996). El único análisis de festuca alta que existe para la zona geográfica de referencia (provincia de Buenos Aires) proviene de una pastura polifítica evaluada en octubre-noviembre, con un contenido total de n-alcanos impares de entre 600 y 650 mg/kg MS y un alto contenido relativo de C31 (53-67%) y C29 (25-17%) (Alvarado *et al.*, 2001); esta información y la del presente estudio (con excepción de los cvs "Arizona" y "Flecha") se puede comparar con los datos publicados por Maffei (1996) para festuca alta cultivada en parcelas experimentales en Turín, Italia (300 mg/kg MS con 50% de C31 y 17% de C29) y Cortes *et al.* (2005) para una pastura de festuca alta durante la primavera, mantenida mediante cortes mecánicos a 9 cm de altura, en Clermont-Ferrand, Francia (400 y 900

mg/kg MS en mayo y junio, respectivamente, con un promedio de 50% de C31 y 20% de C29).

Estudios recientes muestran que existe una relación directa entre un mayor contenido relativo de n-alcanos impares de cadena larga, más hidrofóbicos, y la adaptación a climas secos y calurosos, tanto en especies C4 como en C3 (Bush y McInerney, 2015), lo que podría explicar la mayor abundancia de C33 en el cv mediterráneo "Arizona". Con respecto a la mayor abundancia de C29 en el cv "Flecha", para su interpretación solo se dispone del análisis de varias especies de festucas nativas de la zona de influencia del INTA-Río Gallegos (Cesa y Bakker, 2007), el cual reveló, además de contenidos totales de n-alcanos impares en un rango mucho más amplio (*F. gracillima*: 300 mg/kg MS, *F. pallescens*: 600 mg/kg MS y *F. pirogea*: 2000 mg/kg MS), una proporción de C29 de entre 40 y 70% del total, lo que se puede considerar como un valor muy alto para las gramíneas. Se sugiere, a partir de un estudio realizado en pastizales naturales de China, que un aumento del contenido del alcano C29 podría ser indicador de sobrepastoreo (Zhang *et al.*, 2004).

Los resultados de este estudio preliminar indican que, en función del contenido y patrón de alcanos observados, es posible la aplicación del método de los alcanos para estimar el consumo de forraje y la proporción de diferentes cvs de festuca alta en la dieta de animales en pastoreo. Los n-alcanos C31 y C33, con los que generalmente se estima el consumo de forraje, estuvieron presentes en todos los cvs con valores que permitirían una estimación confiable según la experiencia conocida (Dove y Mayes, 2006). Además, si

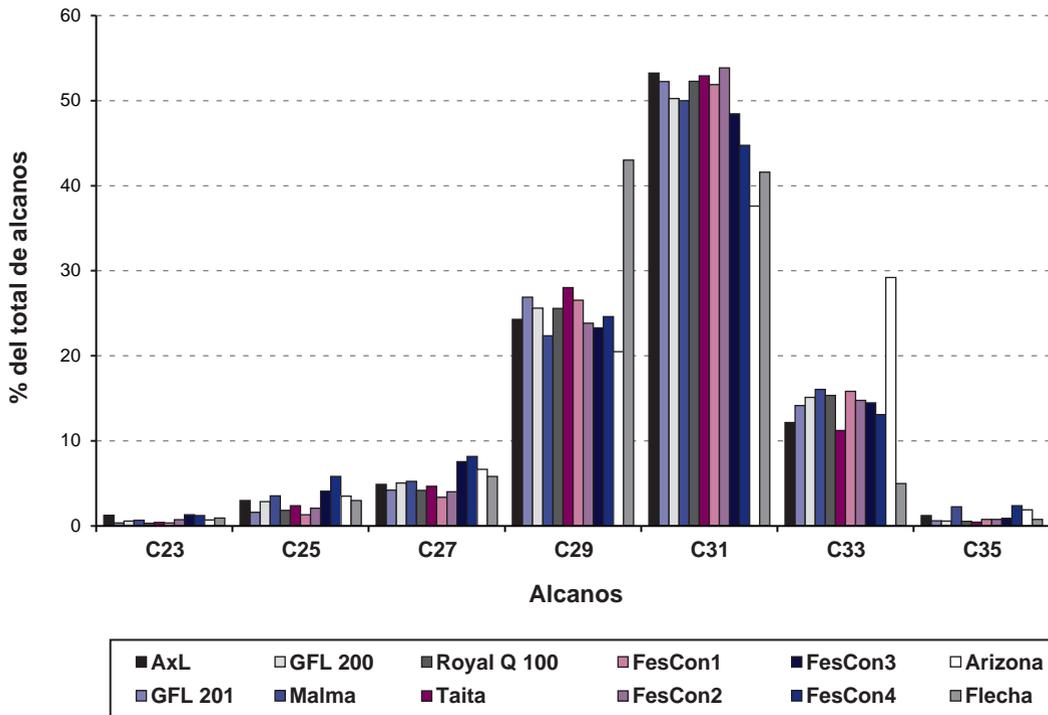


Figura 1. Patrón de alcanos (C23-C35) en cultivares comerciales de festuca alta.

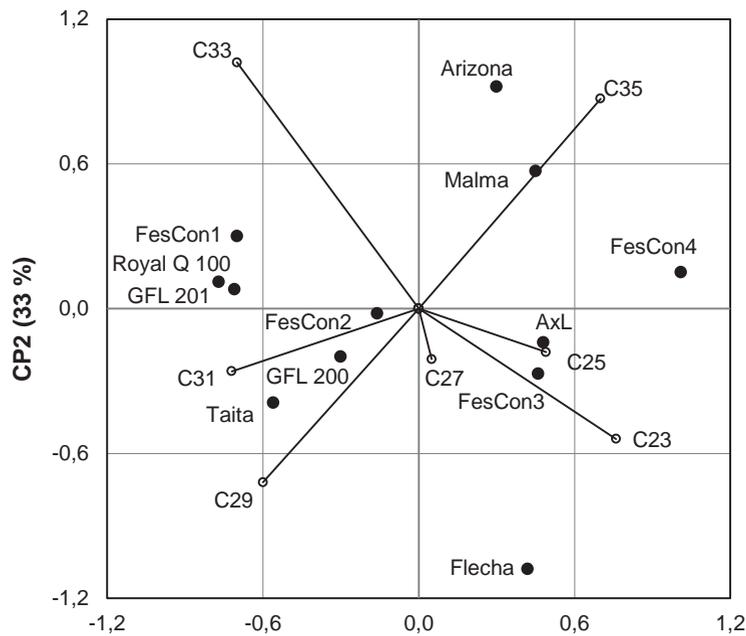


Figura 2. Biplot del análisis de componentes principales sobre el patrón de alcanos (C23-C35) en cultivares comerciales de festuca alta. Las flechas indican las diferencias más importantes en el contenido de C29 y C33.

fuera de interés, sería factible estimar la proporción en la dieta de aquellos cvs que presentaron los patrones de alcanos más diferentes, “Arizona” y “Flecha”, tanto en estudios

de pastoreo sobre pasturas consociadas, ya sea con otros cvs o con otras especies que tengan patrones de alcanos contrastantes. Se observó que el n-alkano C35, con el que se puede estimar directamente la digestibilidad aparente *in*

vivo, estuvo presente en todos los cvs, pero con valores en general muy bajos (<8 mg/kg MS), lo cual, en función de su recuperación fecal y potenciales errores analíticos (Dove y Mayes, 2006), no permitiría una estimación confiable del parámetro; sin embargo, en los cvs "FesCon4" y "Malma" (que presentaron valores cercanos a 20 mg/kg MS) se podría realizar esta estimación con una evaluación previa del grado de error en el que se va a incurrir.

BIBLIOGRAFÍA

- AITCHINSON, J. 1986. The Statistical Analysis of Compositional Data. Chapman and Hall. Londres. Reino Unido.
- ALVARADO, P.I.; BAKKER, M.L.; BRIZUELA, M.A.; CID, M.S. 2001. Contenido de n-alcenos en las principales especies de plantas de pasturas cultivadas del sudeste de Buenos Aires. Revista Argentina de Producción Animal, 21(1), 155.
- BAKKER, M.L.; ALVARADO, P.I. 2006. Alcanos lineales de la cera cuticular de hojas de *Populus alba*, *Populus deltoides* (Salicaceae), *Robinia pseudoacacia* (Fabaceae), *Ulmus pumila* (Ulmaceae) y *Fraxinus americana* (Oleaceae) en Tandil, Buenos Aires, Argentina. Darwiniana, 44, 58-63.
- BUSH, R.T.; MCINERNEY, F. 2015. Influence of temperature and C4 abundance on n-alkane chain length distributions across the central USA. Organic Geochemistry, 79, 65-73.
- CESA, A.; BAKKER, M. 2007. Estudio inicial del contenido y patrón de alcanos en especies forrajeras con diferente nivel de preferencia por los ovinos en la estepa patagónica, Santa Cruz, Argentina. xx Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), xxx Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA) y v Congreso Internacional de Ganadería de Doble Propósito. 22-25 de octubre de 2007, Cusco, Perú.
- CORTES, C.; DAMASCENO, J.C.; BECHET, G.; PRACHS, S. 2005. Species composition of ryegrass (*Lolium perenne*) and tall fescue (*Festuca arundinacea*) mixtures using various combinations of n-alkanes. Grass and Forage Science, 60, 254-261.
- DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C.W. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- DOVE, H.; MAYES, R.W. 2006. Protocol for the analysis of n-alkanes and other plant-wax compounds and for their use as markers for quantifying the nutrient supply of large mammalian herbivores. Nature Protocols, 1(4), 1680-1697.
- KUNST, L.; SAMUELS, A.L. 2003. Biosynthesis and secretion of plant cuticular wax. Progress in Lipid Research, 42, 51-80.
- MAFFEI, M. 1996. Chemotaxonomic significance of leaf wax alkanes in the Gramineae. Biochemical Systematics and Ecology, 24, 53-64.
- MAYES, R.W.; DOVE, H. 2000. Measurement of dietary nutrient intake in free-ranging mammalian herbivores. Nutrition Research Reviews, 13, 107-138.
- YEATS, T.H.; ROSE, J.K. C. 2013. The formation and function of plant cuticles. Plant Physiology, 163, 5-20.
- ZHANG, Y.; TOGAMURA, Y.; OTSUKI, K. 2004. Study on the n-alkane patterns in some grasses and factors affecting the n-alkane patterns. The Journal of Agricultural Science (Cambridge), 142, 469-475.

Control mecánico y químico de *Tessaria dodoneifolia* (Hook. et Arn.) Cabrera (chilca dulce)

TOLOZANO, B.¹; PISANI, J.M.¹; PURICELLI, E.C.²

RESUMEN

El aumento de la cobertura de especies leñosas nativas y exóticas en pastizales naturales trae acompañado un reemplazo de las especies herbáceas y una disminución de la accesibilidad y de la oferta forrajera para el ganado bovino. *Tessaria dodoneifolia* (Hook. et Arn.) Cabrera (chilca dulce) es una especie arbustiva nativa de Argentina, que en los últimos años ha sido mencionada como invasora de pastizales del noreste del país. Los objetivos de este trabajo consistieron conocer en chilca dulce: 1) la eficacia de tratamientos de control mecánico (tala de individuos a 30 cm de altura) y químico (picloram+triclopir y picloram+2,4D) y la combinación de ambos; 2) el momento óptimo de aplicación de los métodos de control (inicio o fin de crecimiento activo de la maleza); 3) el efecto de picloram+2,4D en plantas de diferentes tamaños; y 4) la emergencia de nuevas plántulas al año de la aplicación de los tratamientos. El control fue muy bueno con tratamientos químicos y combinando tratamientos químicos con control mecánico. La aplicación de picloram+2,4D resultó más eficaz al inicio del crecimiento activo; los restantes tratamientos no se diferenciaron entre épocas de aplicación. Las plantas de chilca dulce no sobrevivieron a la dosis recomendada para otras especies arbustivas. No se observaron diferencias entre los tratamientos en el establecimiento de plántulas de un año después de la aplicación de herbicidas.

Palabras clave: herbicidas, dosis óptimas, pastizales naturales, Argentina.

ABSTRACT

The encroachment of native or exotic woody species in rangelands results not only in cover changes of some species, but also in changes of the amount and availability of forages for livestock. Tessaria dodoneifolia (Hook. et Arn.) Cabrera (sweet chilca) is a native shrub species in Argentina, which in recent years has been mentioned as an invader of north-eastern Argentinean rangelands.

The objectives of this research were to study in sweet chilca: 1) the efficacy of mechanical (shoot cutting up to 30 cm high) and chemical control treatments (picloram+triclopyr and picloram+2,4D) and the combination of both types of control, 2) the optimal control timing (onset or end of the weed season growth), 3) the optimum dose of picloram+2,4D on plants of different sizes, and 4) the emergence of new seedlings of sweet chilca one year after herbicide application. Chemical treatments alone or in combination with mechanical control showed a very good control. Picloram+2,4D was the most effective treatment at applied at the beginning of active growth, while other treatments did not differ between application times. Sweet chilca plants did not survive

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Rafaela, Ruta 34 km 227, CP 2300, Rafaela, Santa Fe, Argentina. Correo electrónico: barbitolozano@hotmail.com, pisani.jorge@inta.gob.ar

²Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ciencias Agrarias, CC N.º 14, CP S2125ZAA, Zavalla, Santa Fe, Argentina. Correo electrónico: ed.puricelli@gmail.com

the recommended dose for other shrub species. No differences in control on seedling establishment one year after herbicide application was observed.

Keywords: herbicides, optimal dose, rangelands, Argentina.

Los pastizales naturales ocupan cerca del 60% del territorio argentino (160 millones de hectáreas) (Fernandez y Busso, 1999) y constituyen un recurso forrajero fundamental durante la mayor parte del año para las actividades ganaderas. El aumento de la cobertura de especies leñosas nativas y exóticas sobre estos sistemas naturales trae acompañado un reemplazo de las especies herbáceas y una disminución de la accesibilidad y de la oferta forrajera para el ganado bovino (Graz, 2008; Archer, 1990; Moleele *et al.*, 2002; Tighe *et al.*, 2009).

El control de especies leñosas en los pastizales naturales se puede realizar con fuego controlado (Willard, 1973; Vitelli y Pitt, 2006; Kunst *et al.*, 2015); control biológico; químico; mecánico; químico y mecánico combinado (Masters y Sheley, 2001; Van Wilgen *et al.*, 2001; Vitelli y Pitt, 2006). Entre los mencionados, los controles mecánicos y químicos son los más eficaces y selectivos. El control mecánico permite la eliminación de la especie indeseada mediante cortes de la parte aérea o extracción desde raíz. Sin embargo, en sitios donde la especie ha ocupado grandes áreas o se encuentra formando manchones de individuos de gran porte, el control mecánico puede constituir una herramienta costosa y laboriosa (Van Wilgen *et al.*, 2001). La aplicación de herbicidas selectivos permite un control de la especie indeseada, sin tener efectos negativos sobre el resto de las especies que forman parte de la comunidad del pastizal natural (Van Wilgen *et al.*, 2001). La eficacia de los herbicidas puede estar condicionada por el momento fenológico (DiTomaso, 2000), la altura y el número de tallos (Jacoby *et al.*, 1990) y el estado de crecimiento de las plantas (Agbakoba y Goodin, 1969). Si bien la aplicación de herbicidas puede controlar eficazmente a las especies leñosas, también puede tener efectos colaterales en el mediano y largo plazo sobre las comunidades del pastizal, lo cual debe ser tenido en cuenta a la hora de evaluar las técnicas de control.

En Argentina existen varios ejemplos de aumento de la cobertura de especies leñosas sobre los pastizales naturales y campos abandonados como *Prosopis ruscifolia* (vinal) (Cabral *et al.*, 2003), *Acacia* sp. (Cozzo, 1995), *Geoffroea decorticans* (chañar) (Echeverría y Giulietti, 2002). *Tessaria dodoneaefolia* (Asteraceae) (chilca dulce) es una especie leñosa nativa que en los últimos años ha sido mencionada como invasora de pastizales del noreste del país. Comúnmente se halla asociada a suelos salinos del norte de Argentina; Paraguay, Uruguay y Bolivia. Alcanza una altura de hasta 3 m. Sus hojas no son comidas por el ganado vacuno, excepto en momentos de sequías extremas cuando

puede observarse el consumo de algunos brotes basales tiernos. Florece desde octubre hasta marzo, y sus flores producen gran número de pequeños frutos con semillas de dispersión anemocórica (Burkart, 1974).

El conocimiento de métodos de control que generen una reducción de la cobertura de chilca dulce brindaría herramientas eficaces para los productores de las zonas invadidas por la maleza.

Los objetivos de este trabajo consistieron en estudiar en chilca dulce: 1) la eficacia de tratamientos de control mecánicos (tala de individuos a 30 cm de altura), químicos (aplicación de herbicidas) y la combinación de ambos; 2) el momento óptimo de aplicación de los métodos de control (inicio o fin del crecimiento activo); 3) la dosis óptima del tratamiento químico más eficaz de los estudiados previamente en plantas de diferentes tamaños y 4) la emergencia de nuevas plántulas al año de la aplicación de los tratamientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en la Unidad Demostrativa de Cría Bovina La Palmira de la EEA INTA Rafaela (29°46'40.19"S; 61°13'53.21"O) en la localidad de Las Avispas, provincia de Santa Fe, Argentina. Esta unidad tiene una extensión de 600 ha afectadas en gran medida por chilca dulce. El suelo es nátrico (natracualf o natracuol) de aptitud agronómica 6 y 7. La precipitación anual promedio en los últimos 50 años fue de 1103 mm, con una mínima de 11 mm durante agosto (estación seca) y una máxima de 241 mm en febrero (estación húmeda).

En el período 2008/2009, al inicio de la estación de crecimiento de chilca dulce (primavera) y al finalizar dicha estación, en otoño, se realizaron ensayos en áreas con alta cobertura de esta especie (2857 plantas/ha) siguiendo un diseño en bloques completos al azar con 4 réplicas por tratamiento. Las unidades experimentales fueron parcelas de 56 m². Los tratamientos consistieron en la aplicación de los herbicidas: picloram+tricopir (4,4+8,35%) 5 l p.c./100 l gasoil; y picloram+2,4D (24+6,415%), 5 l p.c./ha (control químico); corte de las plantas a 30 cm de altura con motoguadaña (control mecánico); combinaciones de cada tratamiento (herbicida con corte) y un testigo sin aplicación de métodos de control.

La aplicación de los herbicidas se realizó una semana después del corte de las plantas en el tratamiento de control mecánico, utilizando una mochila de compresión previa de 16 litros con un pico con pastillas tipo abanico plano Lurmark sobre plantas individuales hasta el punto de escurrimiento.

Al inicio y al final de cada ensayo se hizo un recuento de la densidad de plantas adultas (mayores a 0,5 m de altura) en toda la parcela. La evaluación de la eficacia de las técnicas de control se realizó mediante la estimación de dos indicadores: 1) la tolerancia de las plantas y 2) la mortalidad causada. La tolerancia se definió como la biomasa seca de follaje verde remanente por unidad de área después del tratamiento. La biomasa seca se estimó cosechando el follaje de dos plantas vivas por parcela a los 30 y 90 días después de la aplicación (DDA). La biomasa fue secada en estufa a 60 °C hasta peso constante. La mortalidad se definió como porcentaje de mortalidad promedio de la maleza en las parcelas de cada tratamiento al año de la aplicación. A su vez, antes de la aplicación de los tratamientos de control y al año de aplicados dichos tratamientos se realizó un recuento de plántulas jóvenes (menores a 0,5 m de altura) en todas las parcelas a lo largo de una franja de 2 x 8 m.

Una vez definido el herbicida que logró la mayor mortalidad de plantas, se procedió a la determinación de la dosis óptima de aplicación sobre plantas de tres edades. Se utilizó un diseño estadístico de parcelas divididas con arreglo de las subunidades en franjas y distribuidas en bloques al azar. La parcela principal consistió en la edad de las plantas (1; 2 y 3 años). En las franjas se colocaron 7 dosis de herbicida (1/4x; 1/2x; x; 2x; 4x; 8x y el testigo sin aplicación 0x), siendo x la dosis recomendada para el control de arbustos comúnmente encontrados en los pastizales naturales del norte de Santa Fe: picloram, 2,56 g de principio activo/l y 2,4D, 9,6 g de principio activo/l.

Dos días antes de la aplicación del herbicida, se registró la altura máxima con follaje verde; número de tallos vivos; diámetro de la parte aérea con follaje verde y diámetro de la corona de las plantas tratadas (tabla 1). La chilca dulce emite tallos desde una corona con yemas basales ubicada en el suelo casi a nivel superficial. Se define como diámetro de la corona al promedio de la longitud de dos rectas perpendiculares que unen los tallos más externos de la planta a nivel del suelo. La evaluación de la dosis óptima se realizó haciendo un recuento de las plantas muertas al año de la aplicación del herbicida.

La biomasa viva de las plantas tratadas y la mortalidad fueron analizadas mediante ANOVA y las medias se compararon con un test de Tukey (Infostat, 2008) usando un nivel de significancia de 5%. La normalidad de las variables se testeó mediante el test de Shapiro Wilks y la homogeneidad de varianzas mediante el test de Levene. Las va-

riables que no cumplieron con los supuestos del ANOVA fueron transformadas por raíz cuadrada.

Mediante una prueba t se realizó una comparación entre los dos momentos de aplicación para los herbicidas: picloram+triclopir y picloram+2,4D (Infostat, 2008).

El número de plantas jóvenes de chilca dulce que se establecieron al año de la aplicación de los tratamientos de control fue analizado mediante ANOVA con un test de comparación de medias de Tukey (Infostat, 2008). Los datos fueron transformados mediante raíz cuadrada.

RESULTADOS

Se observó interacción en los tratamientos realizados al inicio del crecimiento activo y en la tolerancia a estos (figura 1a y b). Se obtuvo un adecuado control a los 30 DDA de la biomasa con todos los tratamientos a excepción de control mecánico, y a los 90 DDA en todos los tratamientos excepto control mecánico y la combinación de control mecánico y picloram+triclopir. La biomasa de las plantas remanente fue mayor a los 90 que a los 30 DDA. En el resto de los tratamientos, la biomasa se mantuvo igual en ambas fechas. A los 30 DDA, la biomasa fue mayor para control mecánico, mientras que a los 90 DDA la biomasa máxima se observó en control mecánico seguido de control mecánico en combinación con picloram+triclopir.

La mortalidad de las plantas, un año después de la aplicación de los tratamientos al inicio del crecimiento activo no fue igual en todos los tratamientos ($p < 0,05$) (figura 2). No se registraron plantas muertas con control mecánico. La mortalidad fue más alta ($p < 0,05$) en las plantas tratadas con control mecánico en combinación con picloram+2,4D; y picloram+2,4D en forma individual.

En los tratamientos realizados al final del crecimiento activo, como consecuencia de sucesivas heladas, solo fue posible cosechar la biomasa a los 30 DDA (figura 3). La mayor biomasa se observó con control mecánico que se diferenció significativamente del resto de los tratamientos, excepto de la combinación de control mecánico y picloram+triclopir. Las plantas resultaron menos tolerantes a la combinación de control mecánico y picloram+2,4D, y de picloram+2,4D en forma individual.

Al año de aplicados los tratamientos de control realizados al final del ciclo de crecimiento, no se registraron plantas muertas en control mecánico (figura 4). La mayor mortalidad ocurrió con picloram+triclopir y picloram+2,4D sin corte mecánico.

Edad (años)	Altura (m)	N.º Tallos	Diámetro corona (cm)	Diámetro canopia (cm)
1	1,1 (0,05)	1,4 (0,13)	0,0 (0,00)	15 (0,03)
2	1,3 (0,12)	2,8 (0,64)	19 (0,04)	38 (0,06)
3	2,3 (0,06)	23,6 (1,66)	27 (0,01)	90 (0,03)

Tabla 1. Edad; altura; número de tallos; diámetro de corona y canopia (media+ES) de las plantas de *Tessaria dodoneifolia* antes de ser expuestas a las 7 dosis de picloran+2,4D.

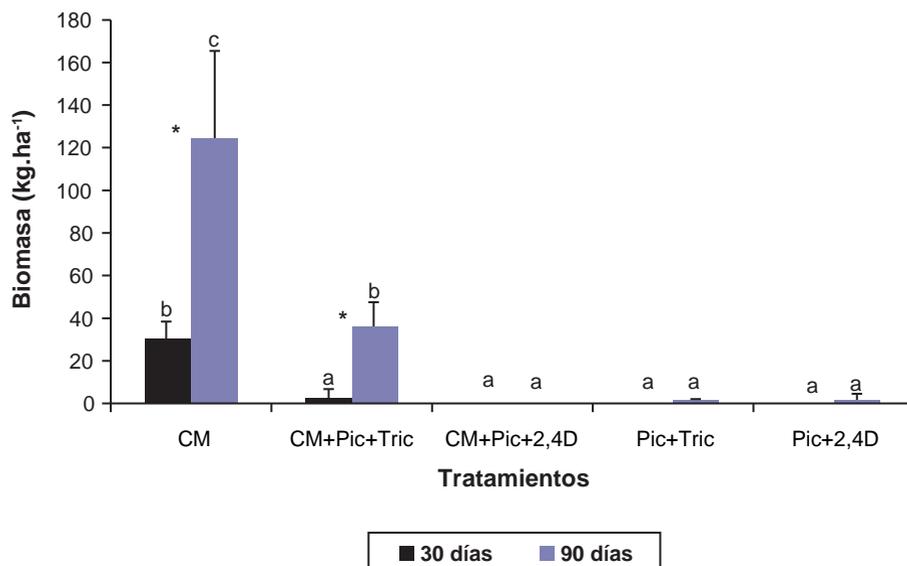


Figura 1. Biomasa de plantas de *Tessaria dodoneifolia* a los a) 30 y b) 90 días después de aplicados los tratamientos al inicio de la estación de crecimiento. Las barras sobre las columnas corresponden al error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$; prueba de Tukey) entre los tratamientos para cada fecha de cosecha. Asteriscos sobre las columnas indican diferencias significativas ($p < 0,05$; t Test) entre las medias de cada tratamiento a los 30 y 90 días después de aplicados los tratamientos. CM = control mecánico; CM+pic+tric = control mecánico+picloram+triclopir; CM+pic+2,4D = control mecánico+picloram+2,4D; pic+tric = picloram+triclopir; pic+2,4D = picloram+2,4D.

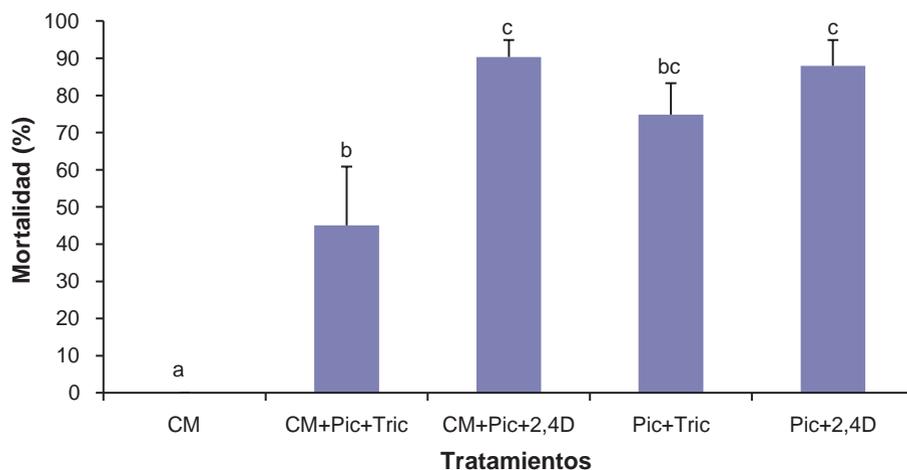


Figura 2. Mortalidad de plantas de *Tessaria dodoneifolia* al año de aplicados los tratamientos al inicio del crecimiento activo. Las barras sobre las columnas corresponden al error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$; prueba de Tukey). CM = control mecánico; CM+Pic+Tric = control mecánico+picloram+triclopir; CM+Pic+2,4D = control mecánico+picloram+2,4D; Pic+Tric = picloram+triclopir; Pic+2,4D = picloram+2,4D.

Comparando la mortalidad causada por los tratamientos aplicados al inicio y fin del crecimiento activo, esta fue mayor al inicio de la estación de crecimiento para la combinación de control mecánico y picloram+2,4D y no difirió entre épocas para el resto de los tratamientos.

Al inicio del crecimiento activo, la combinación de control mecánico y picloram+2,4D produjo 90% de mortalidad. Lo

mismo ocurrió para la aplicación de dicho herbicida en forma individual (88% de control). El control mecánico sin la aplicación de herbicidas no generó mortalidad en las plantas y las plantas expuestas a este tratamiento presentaron la mayor biomasa viva remanente.

No se encontraron plántulas jóvenes (menores a 0,5 m) antes de la aplicación de los tratamientos. Al año, fue posi-

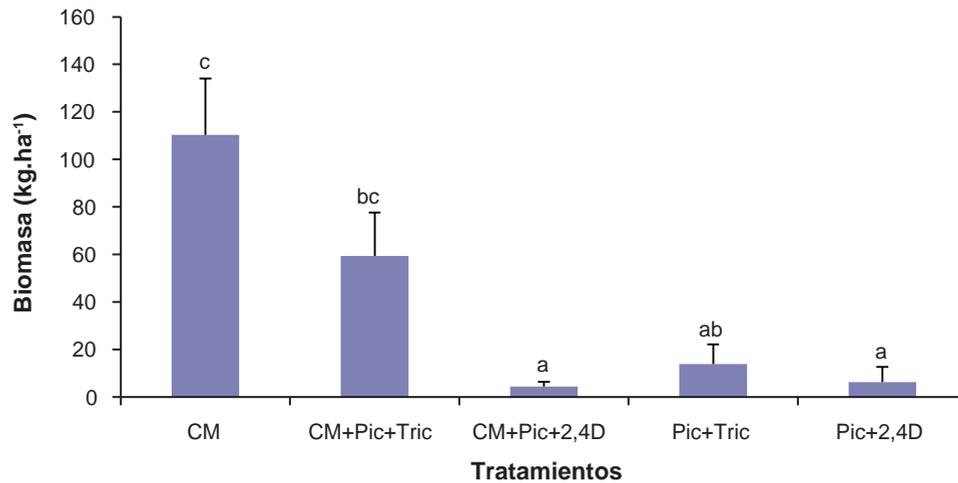


Figura 3. Biomasa del rebrote de plantas de *Tessaria dodoneifolia* a los 30 días después de aplicados los tratamientos al final de la estación de crecimiento. Las barras sobre las columnas corresponden al error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$; prueba de Tukey). CM = control mecánico; CM+pic+tric = control mecánico+picloram+triclopir; CM+pic+2,4D = control mecánico+picloram+2,4D; pic+tric = picloram+triclopir; pic+2,4D = picloram+2,4D.

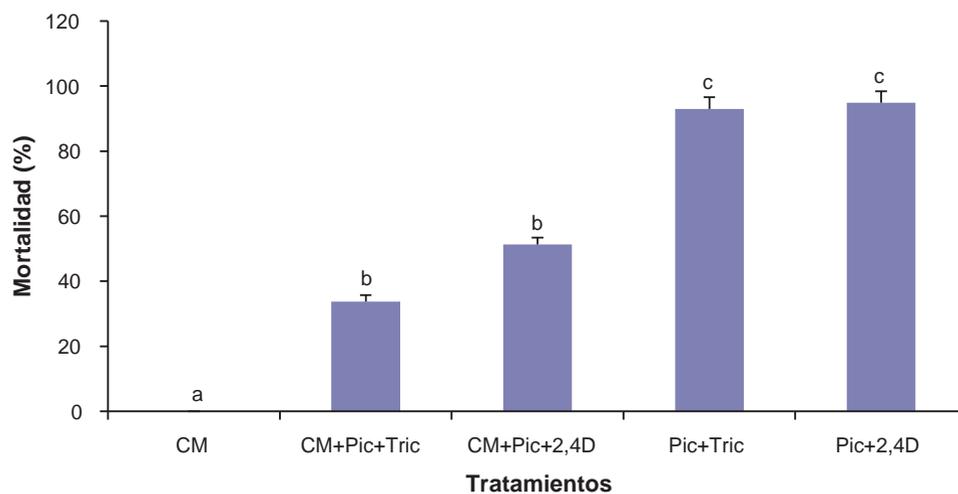


Figura 4. Mortalidad de plantas de *Tessaria dodoneifolia* al año de aplicados los tratamientos al final de la estación de crecimiento. Las barras sobre las columnas corresponden al error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$; prueba de Tukey). CM = control mecánico; CM+pic+tric = control mecánico+picloram+triclopir; CM+pic+2,4D = control mecánico+picloram+2,4D; pic+tric = picloram+triclopir; pic+2,4D = picloram+2,4D.

ble observar plántulas jóvenes, pero no se encontró efecto tratamiento ($p > 0,05$) (tabla 2). La densidad de plántulas menores a 0,5 m no estuvo asociada a la aplicación de los tratamientos de control. Al año de la aplicación de picloram+triclopir y picloram+2,4D, se encontró igual densidad de plántulas jóvenes.

Ambos herbicidas probados en este trabajo resultaron efectivos en el control de chilca dulce. A pesar de que la mortali-

dad generada por los herbicidas no se diferenció estadísticamente, picloram+2,4D logró un porcentaje de mortalidad más alto y fue el herbicida seleccionado para realizar el ensayo de optimización de dosis sobre plantas de diferentes edades. Todas las plantas de los testigos (0X) de diferentes edades sobrevivieron. Las plantas de un año no sobrevivieron a ninguna de las restantes dosis. Se observó supervivencia en plantas de dos años a 1/4X; y de tres años a 1/4X y 1/2X. En dosis superiores, no se encontró supervivencia de plantas.

Tratamiento	Densidad de plántulas \pm (EE)
T	0,1 (0,09)
CM	0,0 (0,03)
CM+Pic+Tric	0,3 (0,25)
CM+Pic+2,4D	0,2 (0,07)
Pic+Tric	0,3 (0,13)
Pic+2,4D	0,2 (0,13)

Tabla 2. Densidad de plántulas de *Tessaria dodoneifolia* (plantas/m²) al año de la aplicación de los tratamientos \pm el error estándar (EE). T = testigo; CM = control mecánico; CM+Pic+Tric = control mecánico+picloram+triclopir; CM+Pic+2,4D = control mecánico+ picloram+2,4D; Pic+Tric = picloram+triclopir; Pic+2,4D = picloram+2,4D.

DISCUSIÓN

Al final del crecimiento activo, picloram+2,4D y picloram+triclopir produjeron una mortalidad de plantas superior al 90%. Al igual que al inicio del crecimiento activo, no hubo mortalidad debido al control mecánico solo y las plantas presentaron la mayor biomasa viva remanente. Esto indica que la tala de individuos a 30 cm de altura no reduce la cobertura de chilca dulce en ningún momento en que se la realice. Las plantas tienen las reservas almacenadas en las raíces lo que permite el rebrote luego de la aplicación del control mecánico. En otro estudio, el control mecánico sobre otras especies de Asteráceas resultó laborioso y costoso, y generó rebrote de las plantas después de los cortes. Sin embargo, realizando cortes dos veces al año cuando el rebrote alcanzaba 0,5 metros de altura, se logró un control de las especies después de aproximadamente tres años de cortes sucesivos (Marchesini, 2003).

La mortalidad fue alta con control químico tanto al inicio como al final del crecimiento activo de chilca dulce. A pesar de que para estos tratamientos no hubo una mayor eficacia en relación con el momento de aplicación hay una tendencia a un mayor control a fines de crecimiento activo (principio de otoño) (fig. 2 y 4). Lo mismo fue encontrado para el control de *Rubus ulmifolius*, en donde la aplicación de herbicidas al final del verano-principios de otoño obtuvo mayor control de la especie que aplicaciones en primavera (Mazzolari *et al.*, 2011). Esto podría deberse a que en ese momento la planta inicia una translocación de los asimilados hacia las raíces y junto con ellos estaría transportando a los herbicidas. De esta manera, llegaría mayor cantidad de herbicida a las raíces de las plantas, generando mayor mortalidad. Similares resultados fueron obtenidos por Harrington y Miller (2005) al estudiar el control de *Ligustrum sinense*. Estos autores encontraron menor control de la especie durante la primavera debido a que las plantas se encuentran en activo crecimiento y la translocación de asimilados se realizaría hacia las partes aéreas de la planta y no hacia las raíces.

Los tratamientos mecánicos permiten reducir la altura y cobertura de chilca dulce y así facilitar una aplicación más uniforme de los herbicidas. En general, la combinación del tratamiento mecánico y la posterior aplicación de herbicidas provocaron menos mortalidad (<50%) que los herbicidas aplicados individualmente. Esto podría explicarse por el menor follaje remanente en las plantas taladas respecto de las intactas. No obstante, este razonamiento no permite explicar porque el tratamiento de corte mecánico y picloram+2,4D al comienzo de la estación de crecimiento fue tan efectivo.

Por un lado, en *Solanum glaucophyllum* el corte de las plantas favorece el modo de acción de los herbicidas sistémicos debido a que se aumenta la relación hoja/tallo y se genera una mayor receptividad e ingreso del herbicida en la planta (Bertín y Cepeda, 2007). Por otro lado, el corte de las plantas podría inducir la movilización de las reservas para reponer la biomasa perdida generando una translocación hacia la parte aérea y no hacia las raíces. Gonzaga (1998) sugiere que la combinación de métodos de control mecánico y químicos es más eficiente que la aplicación de herbicidas sin control mecánico. En el presente estudio, al inicio de la estación de crecimiento, la eficacia de la combinación de control mecánico y picloram+2,4D no difirió de la lograda por la aplicación de los dos herbicidas sin control mecánico. La tala de las plantas de chilca dulce antes de la aplicación de los herbicidas podría ser menos eficaz debido a que se reduce la superficie de absorción de herbicida. La combinación de control mecánico y glifosato sobre plantas de *Eupatorium boniifolium*; *E. buniifolium*; *Baccharis spicata*; *B. dracundifolia*; *B. pingraea*; *B. punctulata* y *E. laevigatum* con un rebrote de 0,5 m, 5 meses después de realizada la tala redujo la cobertura en casi un 100% (Marchesini, 2003).

Lym y Messersmith (1987) luego de aplicaciones anuales de 0,56 kg/ha de picloram durante cinco años no encontraron acumulación en la superficie del suelo y la persistencia del herbicida estaría en relación con las precipitaciones recibidas luego de la aplicación y al tipo de suelo. De esta manera, mayores cantidades de picloram fueron retenidas en el suelo en los años más secos. Sobre esta base, este herbicida no ejercería efecto en el establecimiento de nuevas plántulas en la comunidad del pastizal. En el presente estudio las precipitaciones en 2008 alcanzaron 339 mm mientras que en 2009 fueron de 886 mm. Las mayores precipitaciones en 2009 favorecieron el establecimiento de nuevas plántulas de la maleza. Por su parte, en un trabajo de Harrington y Miller (2005) se demostró que triclopir no tendría actividad en el suelo y presentaría poco riesgo para la vegetación asociada.

Plantas de *Rubus fruticosus* de uno a cinco años, no sobrevivieron a la dosis recomendada de 2,4,5 T y a picloram ni a dosis superiores (Amor, 1974), y las plantas más viejas fueron más tolerantes que las plantas más jóvenes. De igual manera, la translocación de 2,4D y picloram en plantas de *Convolvulus arvensis* de 3, 7 y 16 semanas fue mayor en el estado de plántula (Agbakoba y Goodin, 1969). Estos resultados coinciden con lo encontrado por Jacoby *et al.* (1990) y Jacoby *et al.* (1990) en *Prosopis glandu-*

losa var. *glandulosa* quienes observaron que las plantas con mayor número de tallos eran menos controladas por los herbicidas. En el presente estudio, las plantas de tres años presentaron mayor altura y número de tallos, y por consiguiente un mayor diámetro de corona y canopia. El mayor diámetro de la canopia podría reducir la penetración del herbicida en la planta (Jacoby *et al.*, 1990a y b). De esta manera, la mayor tolerancia a las dosis de herbicidas podría ser explicada por el mayor tamaño.

CONCLUSIONES

1. No existió mortalidad en las plantas con control mecánico tanto al inicio como al final de la estación de crecimiento.
2. Los tratamientos químicos fueron los más efectivos, tanto al inicio como al final de la estación de crecimiento.
3. No se observó un efecto diferencial de los tratamientos de control sobre el establecimiento posterior de plántulas de chilca dulce.
4. No hubo supervivencia de plantas a la dosis recomendada para arbustivas de picloram+2,4D. Las plantas de un año no sobrevivieron a ninguna de las dosis ensayadas, mientras que plantas de 2 y 3 años sobrevivieron a dosis inferiores a la recomendada.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por las becas otorgadas a Bárbara Tolozano. Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) por el apoyo económico para realizar esta investigación (Proyectos SANFE05, AEPF 263051). A Alejandra Cuatrin por su asesoramiento en el análisis estadístico.

BIBLIOGRAFÍA

AGBAKOKA, C.; GOODIN, J. 1969. Effects of stage growth of field Bindweed on absorption and translocation of ¹⁴C-Labeled 2,4-D and Picloram. *Weed Science* 17: 436-438.

AMOR, R. 1974. Ecology and control of blackberry (*Rubus fruticosus* L. agg.). *Weed Research* 14 (4): 239-243.

ARCHER, S. 1990. Development and stability of grass/woody mosaics in a subtropical savannaparkland, Texas, U.S.A. *Journal of Biogeography* 17: 453-462.

BERTÍN, O.; CEPEDA, S. 2007. Defoliación y control químico de duraznillo blanco (*Solanum glaucophyllum*) en pastizales naturales. *Revista Argentina de Producción Animal* 27(2): 67-74.

BURKART, A. 1974. Flora ilustrada de Entre Ríos (Argentina). Parte VI: Dicotiledóneas metacámideas (gamopétalas) B; Rubiales, Cucurbitales, Campanulales (incluso Compuestas). Colección Científica del INTA, Buenos Aires, p. 554.

CABRAL, A.; DE MIGUEL, J.; RESCIA, A.; SCHMITZ, M.; PINEDA, F. 2003. Shrub encroachment in Argentinean savannas. *Journal of Vegetation Science* 14: 145-152.

COZZO, D. 1995. Interpretación forestal del sistema fachinal de la Argentina y faxinal del Brasil. *Quebracho* 3: 5-12.

DITOMASO, J. 2000. Invasive weeds in rangelands: Species, impacts, and management. *Weed Science* 48(2): 255-265.

ECHEVERRÍA, J., GIULIETTI, J., 2002. Incidencia del Chañar en la producción bovina en San Luis. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 30: 59-66.

FERNÁNDEZ, O.; BUSSO, C. 1999. Arid and semi-arid rangelands: two thirds of Argentina. En: ARNALDS, O.; ARCHER, S. (Eds.). *Case studies of Rangelands Desertifications*. Agricultural Research Institute Report N.º 200. Reykjavik Iceland, pp: 41-60.

GONZAGA, S.S. 1998. Controle de Plantas Invasoras (melhoramento do campo nativo visando o aumento na capacidade de suporte da pastagem natural, através de práticas de manejo). En: EMBRAPA. *Produção de Carne de Qualidade para o Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná*. Bagé: CPPSUL, pp.78-94.

GRAZ, F. 2008. The woody weed encroachment puzzle: gathering pieces. *Ecology* 1: 340-348.

HARRINGTON, T.; MILLER, J. 2005. Effects of Application Rate, Timing, and Formulation of Glyphosate and Triclopyr on Control of Chinese Privet (*Ligustrum sinense*). *Weed Technology* 19: 47-54.

INFOSTAT. 2008. Manual del usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Versión 2008, Editorial Brujas Argentina, p. 318.

JACOBY, P.; ANSLEY, R.; MEADORS, C.; CUOMO, A. 1990a. Control of honey mesquite with herbicides: influence of stem number. *Journal of Range Management*. 43 (1): 36-38.

JACOBY, P.; MEADORS, C.; ANSLEY, R. 1990b. Control of Honey Mesquite with Herbicides: Influence of Plant Height. *Journal of Range Management*, 43 (1): 33-34.

KUNST, C.; LEDESMA, R.; BRAVO, S.; DEFOSSÉ, G.; GODOY, J.; NAVARRETE, V.; JAIME, N. 2015. Dinámica del contenido de humedad de pastos y su relación con la ecología del fuego en región chaqueña occidental (Argentina). *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 41:83-93.

LYM, R.; MESSERSMITH, C. 1987. Leafy Spurge Control and Herbicide Residue From Annual Picloram and 2,4-D Application. *Journal of Range Management* 40: 184-198.

MARCHESINI, E. 2003. Control de chilcas. Sitio argentino de producción animal. Disponible: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_naturales_especies/26-control_chilcas.pdf verificado: mayo de 2016.

MASTERS, R.; SHELEY, R. 2001. Invited Synthesis Paper: Principles and practices for managing rangeland invasive plants. *Journal of Range Management* 54: 502-517.

MAZZOLARI, A.; COMPARATORE, V.; BEDMAR, F. 2011. Control of elmleaf blackberry invasion in a natural reserve in Argentina. *Journal for Nature Conservation* 19(3): 185-191.

MOLEELE, N.; RINGROSE, S.; MATHESON, W.; VANDERPOST, C. 2002. More woody plants? The status of bush encroachment in Botswana's grazing areas. *Journal of Environmental Management* 64: 3-11.

TIGHE, M.; REID, N.; WILSON, B.; BRIGGS, S. 2009. Invasive native scrub and soil condition in semi-arid south-eastern Australia. *Agriculture, Ecosystems y Environment* 132: 212-222.

VAN WILGEN, B.; RICHARDSON, D.; HIGGINS, S. 2001. Integrated control of invasive alien plants in terrestrial ecosystems. *Land Use and Water Resources Research* 1: 1-6.

VITELLI, J.; PITT, J. 2006. Assessment of current weed control methods relevant to the management of the biodiversity of Australian rangelands. *Rangeland Journal*. 28: 37-46.

WILLARD, E. 1973. Effect of wildfires on woody species in the Monte region of Argentina. *Journal of Range Management* 26: 97-100.

Eficiencia de uso del nitrógeno por forrajeras abonadas con estiércol de bovinos lecheros en la región pampeana, Argentina

HERRERO, M.A.¹; CHARLÓN, V.²; CARBÓ, L.I.¹; CUATRÍN, A.²; SARDI, G.M.I.; ROMERO, L.1.²

RESUMEN

La intensificación de los sistemas ganaderos con el consiguiente aumento de la carga animal incrementa la cantidad de estiércol que puede ser reutilizado como una fuente de nutrientes para cultivos forrajeros. El propósito del trabajo fue recopilar y comparar los resultados obtenidos de a) calidad de estiércol en diferentes zonas de producción lechera de la Argentina y b) resultados de ensayos realizados en dos ambientes climáticos diferentes sobre la eficiencia de utilización del nitrógeno (N) del estiércol de bovinos lecheros como fertilizante de recursos forrajeros y cultivos. Se sistematizó la información analítica (materia seca (%MS), nitrógeno (%N) y fósforo (%P)) de 36 muestras de estiércol proveniente de pilas de almacenamiento o de tratamiento por separador de sólidos con igual metodología en el norte de Buenos Aires (BA) y Centro de Santa Fe (SF). Se recopiló información de suelo, clima, calidad del estiércol, dosis y estrategia de aplicación y de productividad en 13 ensayos, cinco realizados en BA y ocho en SF. Los recursos forrajeros y cultivos fueron: alfalfa, avena, maíz, moha, raigrás anual, pasturas polifíticas, sorgo de pastoreo y para silaje y trigo. Para comparar los resultados se utilizaron dos indicadores de eficiencia de uso del N, el de N total (EUN) y del N disponible para las plantas (EU-NDP), con respecto a la producción del testigo, expresados como kg MS producida·(kgN o kgNDP aplicado)⁻¹, respectivamente. El NDP se obtiene de información internacional para estimar la mineralización esperada, *a priori*, durante el año de aplicación. La calidad del estiércol presenta características variables en las zonas estudiadas, coincidentes con estudios internacionales (%MS de 16,3 a 56,0, %N de 2,9 a 19 y %P de 0,1 a 0,8), atribuidas a diferente manejo del agua, tipo de separador y alimentación. Los valores de EUN fueron desde 2,3 hasta 51,8 kg MS·Kg N⁻¹ y de EU-NDP desde 4 hasta 81,8 kg MS·kgNDP⁻¹, según cultivo y ambientes edafo-climáticos. Las variables temperatura y precipitaciones fueron las que más incidieron en las EUN, respecto de condiciones edáficas y del estiércol, tales como su acondicionamiento previo, momento y división de la dosis total aplicada. Es decir, con temperaturas templadas y buena humedad se esperan mejores condiciones de mineralización que favorezcan la eficiencia de uso de estos recursos orgánicos, que requieren de condiciones muy específicas para que sus nutrientes estén disponibles para los cultivos. En distintas zonas de la región pampeana se podría utilizar estiércol vacuno como fuente nitrogenada para favorecer la acumulación de biomasa aérea, a partir de su reuso.

Palabras clave: calidad de estiércol, mineralización, condiciones climáticas, estrategias de alimentación, biomasa vegetal.

¹Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias, Cátedra de Bases Agrícolas, Facultad de Ciencias Veterinarias (UBA). Av. Chorroarín 280 (1427) CABA, Argentina. Correo electrónico: aherrero@fvvet.uba.ar

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Rafaela, R.34 km 227 (2300) Rafaela, Santa Fe. Argentina. Correo electrónico: charlon.veronica@inta.gob.ar

ABSTRACT

Intensification of animal production systems, and therefore the increase in livestock stocking rate, increases the amount of excreta that can be used as a nutrient source for forages crops. The purpose of this study was to compile and compare a) effluent quality results from different dairy production areas of Argentina and b) results from studies carried out in two different environments, on nitrogen (N) use efficiency of dairy cattle manure used as fertilizer of forage and grain crops. Analytical information of 36 manure samples from stocking piles or solid separator treatments in the different regions (dry matter (%DM), nitrogen (%N), and phosphorus (%P)) was systematized by using the same sampling methods in the North of Buenos Aires (BA) and Center of Santa Fe (SF). Information was compiled regarding soil, weather conditions, manure quality, doses and application strategies, and productivity of 13 studies, five studies carried out in BA and eight in SF. The forages and crops were: alfalfa, oats, corn, Hungarian millet, annual ryegrass, polyphitic pastures, sorghum for both grazing and silage, and wheat. In order to compare results, the N Use Efficiency indicators were used, both for total N (EUN) as for plant available N (EN-NDP), in relation to the control treatment. It was expressed as $\text{kg DM} \cdot (\text{kg applied N or NDP})^{-1}$. NDP is obtained with international information to estimate the expected mineralization, a priori, during the year of application. Manure quality presented variable characteristics in both zones (%DM from 16.3 to 56.0, %N from 2.9 to 19, and %P from 0.1 to 0.8). These are in accordance with international studies, and attributed to different water management practices, type of manure, solid separation technique, and diet components. Values for EUN varied from 2.3 to 51.8 $\text{kg DM} \cdot \text{kg N}^{-1}$ and from 4 to 81.8 $\text{kg MS} \cdot \text{kg NDP}^{-1}$, varying from crop and soil and weather conditions. Temperature and rainfall variables had a greater incidence on EUN, over soil and manure variables, such as prior management, moment and division of the applied total dose. That is to say, with moderate temperatures and adequate moisture, better mineralization conditions are expected which in turn increase EUN of these organic nutrient resources. These sources require very specific conditions for their nutrients to become available for crops. In the different areas of the Pampa Region, cattle manure could be used as a nitrogen source, improving aerial biomass accumulation by its reuse.

Keywords: manure quality, mineralization, weather conditions, feeding strategies, forage biomass.

INTRODUCCIÓN

La intensificación de la producción ganadera, con aumentos importantes de la carga animal, lleva implícito un incremento en el uso de los recursos (energía, nutrientes y agua) con el correspondiente crecimiento de la producción por hectárea (Upton, 1997). Existen indicadores que permiten cuantificar y determinar las eficiencias en el uso de los nutrientes (Atkinson y Watson, 1996; Rotz, 2004) a escala de predio, unidad en la cual las decisiones son tomadas por el productor, y que resultan fundamentales para evaluar opciones de manejo productivo y mitigación de los impactos de la ganadería en el medioambiente (Rotz *et al.*, 2010).

Tanto los vertidos (descargas de efluentes o aguas residuales) a cuerpos de agua, como la acumulación de excretas en sectores determinados, o la reutilización de sus nutrientes como fertilizantes llevan consigo problemas que se manifiestan en el ámbito mundial. Entre el 60 y el 80% del nitrógeno (N) y fósforo (P) ingeridos por los animales son eliminados por orina y heces, permaneciendo una escasa proporción en los productos animales (Van Horn *et al.*, 1994; Watson y Atkinson, 1999). Cuando los sistemas ganaderos se intensifican, las excretas se concentran en áreas reducidas que resultan focos de contaminación y son consecuencia de flujos de nutrientes dentro y entre predios (Herrero *et al.*, 2006; Charlón *et al.*, 2012). La identificación

de estos flujos resulta fundamental para aplicar estrategias de manejo de la alimentación y de los residuos orgánicos generados, principalmente estiércol (Knowlton *et al.*, 2004; Hoekstra *et al.*, 2007; Burón Alfano *et al.*, 2009). Decidir estrategias de alimentación (tipo de ración, instalaciones y tiempos de suplementación, entre otros) permite reducir transferencias y pérdidas, mejorando los índices de conversión nutricional, y permitirían, por ejemplo, recolectar estiércol para mejorar el reciclado de nutrientes mediante su reuso como abono (Dou *et al.*, 2003; Rotz, 2004; Salazar *et al.*, 2005). Las ventajas del uso racional del estiércol como abono se focalizan en disminuir el ingreso de nutrientes al predio vía fertilizantes y en reducir la contaminación por escurrimientos y lixiviados desde instalaciones, donde se acumulan, a partir de la redistribución de este hacia las áreas para aplicar (Hooda *et al.*, 2000; Carbó *et al.*, 2009).

En Argentina, la producción lechera refleja los procesos de intensificación referidos. En el año 1988 se registraron 30.500 tambos, reduciéndose su número hasta menos de 12.000 en la actualidad (SENASA, 2015). En este proceso, la producción de leche se incrementó de 6.000 a 11.500 millones $\text{L} \cdot \text{año}^{-1}$ y el stock de vacas disminuyó entre un 10-15%, manteniéndose la tendencia decreciente de la última década a una tasa del orden del 1% anual (Fundación Pel, 2015).

Los residuos que se generan en las instalaciones de ordeño presentan diferentes características. El estiércol, que está constituido principalmente tanto por excretas recolectadas de los pisos de los corrales como de los separadores de sólidos en el tratamiento primario o de animales estabulados, tiene un porcentaje variable de materia seca (15-50%). Presenta un excelente potencial para ser utilizado como abono por contener mayores concentraciones de nutrientes que los purines (efluentes de tambos) que poseen mayor cantidad de agua (Ramiran, 2011).

En diversos países del mundo la estrategia más difundida es su reutilización como fertilizante, como consecuencia de las reglamentaciones locales que impiden su vertido a cuerpos de agua (Menzi, 2002). En general, la dosificación recomendada es sobre nitrógeno disponible, donde para la UE (Unión Europea) se utiliza en general como valor máximo de 170 kg de N por hectárea y por año (Martínez y Burton, 2003).

Por una parte, en un estudio realizado en la Argentina en 329 tambos se determinó que esta práctica de manejo se utiliza desde hace más de 10 años, aunque es poco difundida en diferentes cuencas lecheras (6% de los tambos). Además, su utilización no consideraba el "uso agronómico", sino la necesidad de vaciar las lagunas de almacenamiento que se colmataban con sedimentos (Herrero *et al.*, 2009). Por otra parte, en los últimos años se ha incrementado el interés de cómo utilizar el estiércol y los efluentes como fertilizantes. Sin embargo, se observa que los resultados sobre su impacto en la eficiencia de producción de biomasa vegetal están dispersos en publicaciones o trabajos científicos de difícil acceso para técnicos y productores.

El propósito del trabajo fue recopilar y comparar los resultados obtenidos de a) calidad de estiércol en diferentes zonas de producción lechera de la Argentina y b) ensayos realizados en dos ambientes climáticos diferentes, sobre la eficiencia de utilización del nitrógeno (N) del estiércol de bovinos lecheros como fertilizante de recursos forrajeros y cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron dos regiones lecheras: centro de Santa Fe (SF) y norte de Buenos Aires (BA). La región de SF es una zona de clima templado-húmedo, con temperatura media anual de 19,2 °C y precipitaciones anuales de 944 mm (mayor distribución en el período noviembre-abril) y la de BA presenta temperatura media anual de 16,8 °C y precipitaciones anuales de 1000 mm (con mayor distribución en el período octubre-abril). En ambas regiones predominan suelos con buena fertilidad natural, de alta capacidad productiva, y aptos para una gran variedad de cultivos agrícolas, forrajeros y forestales.

En primer lugar, se recopiló información sobre la calidad del estiércol de predios lecheros de ambas regiones. Las muestras eran provenientes de pilas de almacenamiento y de separadores de sólidos. En todos los casos se había determinado el % de materia seca (MS%) en estufa a 105 °C, el contenido de nitrógeno (%N), analizado mediante la técnica

de nitrógeno Kjeldahl, y de fósforo (%P) según el método colorimétrico con ácido ascórbico y con medición espectrofotométrica (método 4500-P E; APHA, 1999). Los datos se analizaron mediante prueba de Shapiro-Wilks para conocer normalidad y se compararon para ambas regiones mediante la prueba de Mann-Whitney ($\alpha = 5\%$). Para las pruebas de comparaciones múltiples se utilizó el test de Tukey.

En segundo lugar, se sistematizó la información correspondiente a ensayos de forrajeras fertilizadas con estiércol bovino mediante diferentes dosis y estrategias de aplicación, realizados entre los años 2003 y 2012, tanto en Santa Fe (EEA Rafaela, INTA: 31°12' S, 61°30' O) y en campo productor: 31°26'29" S, 60°59'16" O), como en Buenos Aires (Facultad de Ciencias Veterinarias, UBA: 34°35'29" S, 58°29'00" O) y en campo de productor: 34° 19' 22" S, 59° 05' 30" O) (tabla 1).

Por una parte, para comparar los ensayos fueron considerados: especie vegetal, año del ensayo y condiciones ambientales respecto a registros históricos. Para esto último, se compiló información climática regional de los 10 años previos a cada ensayo, considerando a dicha información como los valores históricos para cada situación. A su vez, se tuvo en consideración: tipo y calidad del estiércol (MS% y N%), estrategia de aplicación (momento de aplicación respecto a la siembra y partición de la dosis aplicada) y dosis de N expresada como kg de N totales aplicados y kg de N disponible para las plantas (NDP)·ha⁻¹. Esta última forma de establecer la dosis para aplicar hace referencia a las formas de nitrógeno inorgánico, que incluye nitratos y amonio, que provienen de la mineralización del nitrógeno orgánico, no solo del estiércol aplicado el año del ensayo, sino de aplicaciones de estiércol realizadas en años anteriores (hasta 10 años antes). Las dosis de NDP se calcularon utilizando las fórmulas provistas por la Environmental Protection Agency (1995), que consideran la composición del estiércol para aplicar en el año y los coeficientes de mineralización de los residuos o abonos orgánicos utilizados para ese año y por las aplicaciones previas, así como de la estrategia del abonado (método en superficie, inyectado o incorporado, siendo el tiempo hasta la incorporación una variable para tener en cuenta y el fraccionamiento de la dosis, siendo dosis total o repartida en el tiempo). Estos últimos valores provienen de tablas estandarizadas de ensayos internacionales y resultan importantes en casos de lotes con historial de aplicaciones previas de estiércol, como es el caso de varios de los ensayos recopilados.

Tanto para la eficiencia de uso del N (EUN) correspondiente a la dosis de N total como al EU-NDP para la dosis de NDP, los cálculos se hicieron considerando que estas eficiencias se expresan en Kg MS·kg N⁻¹ y resultan de aplicar la siguiente ecuación: (kg MS del tratamiento fertilizado - kg MS del testigo)·(kg N o kg NDP aplicado·ha⁻¹)⁻¹ (Dobermann, 2005). La expresión como NDP facilita su comparación con los resultados obtenidos por fertilizantes inorgánicos comerciales. Sus resultados se presentan en la tabla 3.

En el caso de la pastura polifítica y de las alfalfas puras se consideraron los rendimientos acumulados totales.

Especie vegetal, Zona ² y Año	Estrategia de aplicación	Dosis N total (kg N·ha ⁻¹)	Dosis NDP (kg NDP ⁵ ·ha ⁻¹)	Referencia
Alfalfa (<i>Alfalfa sativa</i>) SF - 2003/05	Control		0	Charlón et al., 2006
	2 días presiembra e incorporada	161	98	
	Dividida (mitad 2 días presiembra y resto al año)	643	392	
	Al año de la siembra	321	196	
Alfalfa (<i>Alfalfa sativa</i>) SF - 2007/09	Control		0	Charlón et al., 2009 ^a
	Posemergencia de plantas	222	140	
Avena (<i>Avena sativa</i>) SF - 2004	Control		0	Charlón et al., 2007 ^a
	48 días presiembra e incorporada	55	35	
	48 días presiembra e incorporada	110	70	
	2 días presiembra e incorporada	55	35	
Avena (<i>Avena sativa</i>) BA - 2008	Control		0	Margheim et al., 2009
	15 días presiembra e incorporada	80	50	
Moha (<i>Setaria italica</i>) SF - 2008	Control		0	Charlón et al., 2009 ^b
	15 días presiembra e incorporada	119	75	
Pastura polifítica ¹ BA 2008/10	Control		0	Pastorino et al., 2009 Herrero et al., 2010 Herrero et al., 2011
	15 días presiembra e incorporada	158	100	
	15 días presiembra e incorporada	317	200	
Raigrás anual (<i>Lolium multiflorum</i>) BA - 2006	Control		0	Herrero et al., 2007
	15 días presiembra e incorporada	164	100	
Raigrás anual (<i>Lolium multiflorum</i>) BA - 2007	Control		0	Herrero et al., 2008
	15 días presiembra e incorporada	158	100	
Raigrás anual (<i>Lolium multiflorum</i>) SF - 2006	Control		0	Charlón et al., 2011
	15 días presiembra e incorporada	238	150	
Sorgo para silo (<i>Sorghum sachararum</i>) SF - 2006	Control		0	Charlón et al., 2007 ^b
	3 días presiembra e incorporada	222	140	
Sorgo para silo (<i>Sorghum sachararum</i>) BA - 2012	Control		0	Carbó et al., 2014
	15 días presiembra e incorporada	154	94	
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>) SF - 2003	Control		0	Charlón et al., 2004
	48 días presiembra e incorporada	57	35	
Maíz (<i>Zea mayz</i>) SF - 2003	Control		0	Charlón et al., 2005.
	137 días presiembra e incorporada	115	70	
	98 días presiembra e incorporada	115	70	
	60 días presiembra e incorporada	115	70	

Tabla 1. Ensayos de distintos recursos forrajeros fertilizados con estiércol bovino realizados en Santa Fe (SF) y Buenos Aires (BA) entre los años 2003 y 2012, ordenados según recurso, región, año del ensayo, y estrategia y dosis de aplicación.

¹Especies que la componen: Cebadilla criolla (*Bromus catharticus* cv. Copetona), Raigrás perenne (*Lolium perenne* cv. Matrix), Raigrás anual (*Lolium multiflorum* cv. Florida), Trébol Rojo (*Trifolium pratense* cv. Tropero), Trébol Blanco (*Trifolium repens* cv. Braidwood) y Trébol de los cuernitos (*Lotus tenuis* cv. Esmeralda)

²Región de producción lechera: Santa Fe (SF); Buenos Aires (BA)

⁵NDP: Nitrógeno disponible para las plantas (EPA, 1995).

Por otra parte se compararon los resultados de productividad ($\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$) obtenidos en cada uno de los ensayos evaluados, mostrándose las diferencias significativas existentes ($p<0,05$) en la tabla 3. Las comparaciones se obtuvieron de los resultados estadísticos propios de cada ensayo. Estos corresponden principalmente a análisis de varianza paramétricos o no paramétricos, según el caso, con sus comparaciones de medias correspondientes.

RESULTADOS

Las características del estiércol en ambas regiones se presentan en la tabla 2. Se observa gran variabilidad en todos los parámetros estudiados. Los valores de % MS se encuentran entre 16 y 56%; estas diferencias están vinculadas al manejo y uso del agua con estos sólidos. Si bien se acotó la comparación a muestras provenientes de pilas de almacenamiento y material proveniente de separadores de sólidos, los lixiviados y la incidencia de agua de lluvia genera dispersión en los valores evaluados. Los valores promedio para %MS resultaron similares a los reportados por Nosetti *et al.* (2002) en corrales de ordeño de cuencas lecheras de Buenos Aires. Respecto a los contenidos de %N y %P se hallaron diferencias significativas ($p<0,05$) entre regiones. Los valores de %N y %P resultaron diferentes a estudios previos realizados en Santa Fe. Para el caso del %N los valores medios actuales resultaron algo mayores y para el caso de %P menores, sin embargo el rango resultó similar (Taverna *et al.*, 2004).

El período de ensayos considerado fueron entre los años 2006 y 2012 en BA y entre 2003 y 2010 en SF. Las dosis de NDP corresponden en estos ensayos a un porcentaje del N total aplicado de entre el 60,9 y el 63,3%, según provengan de parcelas abonadas por primera vez o de aquellas con historial previo de aplicación de abonos (por ej. raigrás en Buenos Aires en 2006 y 2007), o la estrategia con la cual fue aplicado (días previos a la siembra o dosis dividida a lo largo del ciclo del cultivo, incorporado inmediatamente o aplicado en superficie).

En tabla 3 se muestran los resultados comparados de 13 ensayos. Según los resultados presentados en los distintos trabajos evaluados, se puede observar una tendencia general a una mayor productividad ($\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$) en los tra-

tamientos con abono respecto de los testigos, siendo estas diferencias significativas en nueve ensayos, para alguna de las dosis o estrategias de aplicación utilizadas. En los restantes, la tendencia fue observada solo numéricamente, sin ser estadísticamente significativa. Excepto en cinco de los ensayos (alfalfa en SF en 2003-2005, raigrás en SF 2006, avena BA en 2008, pastura en BA 2008-10 y sorgo en BA en 2012), se presentaron resultados productivos de aplicaciones equivalentes con fertilizantes comerciales, en su mayoría con urea. En siete de estos ensayos, los tratamientos con abonos no difirieron significativamente de los que se aplicó fertilizantes comerciales. Entre los casos en los que se detectaron diferencias, algunos fueron a favor de los fertilizantes comerciales, en cualesquiera de sus dosis o asociado a la estrategia de aplicación. Un ejemplo de este comportamiento es el sorgo en SF, donde la urea aplicada sola generó mayores rendimientos, sin ocurrir lo mismo con superfosfato o superfosfato en combinación con urea. Otro ejemplo corresponde al raigrás en Buenos Aires (2006), en cuyo ensayo, la dosis repartida de efluente produjo más ($p<0,05$) que la dosis total o repartida de urea. En el caso del ensayo realizado con moha el abonado con estiércol produjo significativamente más que el tratamiento de urea ($p<0,05$).

Las producciones acumuladas de pasturas polifíticas y de alfalfas puras (kg MS acumuladas) obtenidas en ensayos, presentados en tabla 3, se asemejan a resultados previos de la misma región por otros autores cuando se combina la aplicación de fertilizantes comerciales con nitrógeno y fósforo. No ocurre lo mismo cuando se compara con ensayos recopilados por García *et al.* (2002) en los que solo se utilizó nitrógeno o fósforo en forma separada, y donde la productividad fue menor que en esta recopilación de ensayos. Esto muestra el valor del estiércol como un abono más integral. Para el caso de las especies anuales, se observan en general valores similares de productividad ($\text{en kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$) respecto de otros estudios, donde la variabilidad estaría dada por las diferentes condiciones ambientales en cada año y zona (García *et al.*, 2002). Se observa que en años de condiciones ambientales desfavorables la productividad con aplicación de fertilizantes comerciales es algo mayor, que a la obtenida cuando se aplica estiércol. Esta situación también se podría vincular a la necesidad de condiciones favorables para la mineralización del estiércol.

Parámetros	Región	
	Centro de Santa Fe (n= 19)	Norte de Buenos Aires (n= 17)
% Materia Seca	28,75 \pm 7,02a (24,24)	31,65 \pm 12,07a (38,15)
% N	1,62 \pm 0,30a (19,35)	3,45 \pm 1,79 b (51,91)
% P	0,25 \pm 0,16a (61,25)	0,13 \pm 0,04 b (33,28)

Tabla 2. Parámetros de calidad de estiércol (%MS y %N y %P, expresados en base seca) en 36 muestras provenientes de predios lecheros de dos regiones en la Argentina (expresados como valores medios \pm desvío estándar, (CV%= coeficiente de variación)).

Letras diferentes en filas indican diferencias significativas entre regiones (Prueba de Mann-Whitney $\alpha= 0,05$).

Recurso forrajero, región y año	Dosis N total ² (kg N·ha ⁻¹)	Dosis NDP ³ (kg NDP·ha ⁻¹)	Productividad acumulada ⁴ (Kg MS·ha ⁻¹)	EU N ⁵	EU NDP ⁵	Condiciones ambientales ⁵
Alfalfa SF - 2003/05	0	0	36802±1883 ^b	-	-	2 (33% en 2.º año)
	161	98	39166±576 ^{ab}	14,7±3,6	24,1±5,9	
	643	392	40988±1706 ^a	6,5±2,6	10,7±4,4	
	321	196	38736±1573 ^{ab}	6,0±4,9	9,9±8,0	
Alfalfa SF - 2007/09	0	0	14617±480 ^{ns}	-	-	2 (26% en 2.º año)
	230	140	15360±293 ^{ns}	3,2±1,3	5,3 ±2,1	
Avena SF - 2004	0	0	1604±382 ^b	-	-	2 (33%)
	57*	35*	1875±114 ^{ab}	4,8±2,0	7,7±14,2	
	115*	70*	2171±298 ^{ab}	4,9±2,6	8,1±7,9	
	57*	35*	1897±159 ^{ab}	5,2±2,8	8,4±15,2	
	115*	70*	2505±143 ^a	7,8±1,2	12,9±6,8	
Avena BA - 2008	0	0	4563±320 ^{n.s.}	-	-	2 (28%)
	80	50	4808±478 ^{n.s.}	3,1±6,0	4,9±9,6	
	164	100	5179±721 ^{n.s.}	3,8±4,4	6,2 ±7,2	
Moha SF - 2008	0	0	5144±388 ^a	-	-	1+
	123	75	6862±845 ^b	14,0±6,9	22,9±11,3	
Pastura polifítica ¹ BA - 2008/10	0	0	24433±1740 ^a	-	-	2008: 2 (47%) 2009: 1+ 2010: 1
	158	100	32616±1290 ^b	51,8±8,2	81,8±12,9	
	317	200	32695±1757 ^b	26,1±5,5	41,3±8,8	
Raigrás anual BA - 2006	0	0	3238±498 ^a	-	-	1
	164	100*	6248±1581 ^b	18,4±9,6	32,7±7,9	
	164	100*	7880±957 ^b	28,3±5,8	46,4±4,8	
Raigrás anual BA - 2007	0	0	1995±317 ^a	-	-	2 (11%)
	158*	100*	3331±540 ^b	9,9±3,0	13,36±2,7	
	158*	100*	3564±475 ^b	8,5±3,4	15,69±1,4	
Raigrás anual SF - 2006	0	0	3559±77 ^a	-	-	2 (18%)
	238*	150*	4316±116 ^b	3,2±0,6	5,1±0,5	
	238*	150*	4098±206 ^b	2,3±0,9	3,6±0,8	
Sorgo para silo SF - 2006	0	0	17836±1427 ^a	-	-	1+
	230	140	20707±1176 ^b	12,5±5,1	20,5±5,0	
Sorgo para silo BA - 2012	0	0	15287±266 ^a	-	-	1+
	154	94	16484±443 ^a	7,8± 2,9	12,7±4,7	
	308	188	22320±662 ^b	22,8±2,1	37,3±3,5	
Trigo SF - 2003	0	0	3777±204 ^{ns}	-	-	1
	57	35	4391±159 ^{ns}	10,8±6,9	17,6±11,3	
	115	70	4691±265 ^{ns}	7,9±6,4	13,1±10,5	
Maíz SF - 2003	0	0	18923±258 ^{ns}	-	-	1
	115*	70*	20501±1623 ^{ns}	13,7±14,1	22,5±23,6	
	115*	70*	21089±2772 ^{ns}	18,8±24,1	30,9±37,6	
	115*	70*	20425±1233 ^{ns}	13,1±10,7	21,5±21,1	

Tabla 3. Impacto del uso del estiércol de bovinos lecheros, como abono de forrajes y cultivos, en la productividad y eficiencia de uso N (valores medios ± desvío estándar) según condiciones ambientales del período de ensayo en Santa Fe (SF) y Buenos Aires (BA), presentados según recurso forrajero, región, año y dosis de nitrógeno.

¹Especies que componen la pastura polifítica: Cebadilla criolla (*Bromus catharticus*), Raigrás perenne (*Lolium perenne*), Raigrás anual (*Lolium multiflorum*), Trébol Rojo (*Trifolium pratense*), Trébol Blanco (*Trifolium repens*) y Trébol de los cuernitos (*Lotus tenuis*).

²N total: *iguales dosis en un mismo ensayo varían en la estrategia de aplicación, para detalles referirse a tabla 1.

³NDP: nitrógeno disponible para las plantas (Env. Protect. Ag., 1995), *iguales dosis en un mismo ensayo varían en la estrategia de aplicación, para detalles referirse a tabla 1.

⁴Letras distintas indican diferencias significativas dentro de cada ensayo ($\alpha = 0,05$, ver Metodología).

⁵Eficiencia de uso de N: (kg MS del tratamiento fertilizado - kg MS del testigo) : (kg N aplicado·ha⁻¹)⁻¹ (Dobermann, 2005), EAU NDP fue calculada mediante una adaptación de la misma fórmula: (kg MS del tratamiento fertilizado - kg MS del testigo) : (kg NDP aplicado·ha⁻¹)⁻¹.

⁶Condiciones ambientales: 1- Normales de humedad y temperatura (+ indica distribución errática); 2- Adversas con déficit hídrico o temperaturas extremas respecto a registros históricos de 10 años (% respecto a estas).

Las condiciones climáticas, fundamentales para la mineralización del estiércol, fueron variables en los distintos estudios, y esto repercutió en el aporte de nutrientes a la planta y a los valores obtenidos de EUN y EU-NDP. En seis ensayos se presentaron características similares a los registros históricos (temperatura y precipitaciones). Sin embargo, en dos de ellos, la distribución de las precipitaciones a lo largo del ensayo fue errática, lo cual podría haber afectado los resultados de estos. Los ensayos restantes se realizaron bajo condiciones de déficit hídrico, en algún momento del ciclo de crecimiento del cultivo, que en promedio rondó en un 27% del registro histórico, con un máximo de 47% y un mínimo de 11%. Dichos déficits se produjeron tanto durante la etapa de implantación, como durante ciertas etapas del ciclo de crecimiento. El peor año fue el 2007, donde se registraron las temperaturas promedio (durante el invierno) más bajas en 45 años, con una nevada en julio, siendo la primera registrada en 89 años en BA, y además se produjo un déficit hídrico entre mayo y julio. En los ensayos con las condiciones climáticas adversas mencionadas se observaron los menores EUN (tabla 3).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Al comparar las características del estiércol con los resultados obtenidos por Menzi (2002) en un extenso relevamiento de 27 países europeos, se observa que los valores que se muestran en este trabajo se encuentran en el rango entre 14 y 43%MS; son similares a los hallados en las regiones estudiadas. Si se comparan los resultados de N con los evaluados por el mismo autor, se observan valores medios de 4,8 %N (de 2 a 7%) más cercanos a los del norte de BA.

A fin de comparar con estudios internacionales se convirtieron los resultados de %P a %P₂O₅, ya que se considera como una de las formas de expresión más difundidas para P. Para este trabajo, los valores fueron para SF de 0,58±0,36 (0,32; 1,90) %P₂O₅ y para BA de 0,28 ± 0,1 (0,15; 0,51) %P₂O₅. Para este caso los valores de %P₂O₅ en los 27 países estudiados de Europa (Menzi, 2002) resultaron cinco veces más elevados que ambas regiones en Argentina, probablemente por la menor cantidad de granos y suplementos que aportan menos P a la dieta, y por consecuencia menos excreción, en nuestros sistemas productivos.

Las diferencias encontradas entre ambas regiones en la composición de %N y %P del estiércol, probablemente sean ocasionadas porque las muestras provenían de distintas épocas del año, con diferente composición y manejo de las pasturas y de las raciones (dieta). Respecto de la composición de la dieta se observó en BA que entre el 45-50% de la ración corresponde a pasturas polifíticas templadas (otoño-invierno- primaverales), de alta calidad. El resto se distribuye entre silaje y diversos granos y subproductos frecuentes en la zona (afrechillo de trigo, grano de maíz, subproductos de soja y balanceado) en proporciones similares. En cambio, en SF, si bien las pasturas representan un porcentaje similar o mayor en la dieta, estas son principalmente pasturas monofíticas de alfalfa o polifíticas base alfalfa, verdes y con subproductos y granos (con-

centrados energéticos) como semilla de algodón, expeller de soja, grano de maíz y sorgo. La diferencia en composición de las dietas, tanto en calidad como cantidad del recurso forrajero, como el efecto del tipo de suplementos, fue evaluado por el trabajo de Hoekstra *et al.* (2007), quienes describen que la especie forrajera, su calidad, momento y manejo del pastoreo, así como el tipo de suplemento, afectan la disponibilidad y la capacidad de captación de los nutrientes por el animal e inciden sobre la excreción de estos (Dou *et al.*, 2003).

En la tabla 3 se observa que las EUN son diferentes según condiciones climáticas y localización de los ensayos. A partir de estos datos se puede observar que en condiciones de déficit hídrico, desde la aplicación del estiércol en adelante, se obtuvieron EUN menores a 15 Kg MS·kg N⁻¹. Esta situación ocurrió para ambas regiones y para diferentes especies forrajeras anuales o perennes. Al comparar un mismo cultivo ante mejores condiciones de temperatura ambiental y humedad (lluvias), las EUN pueden superar ampliamente el valor antes citado para situaciones adversas (por ejemplo raigrás en BA 2006 y en SF 2006). Estos resultados muestran indirectamente la relación entre las condiciones ambientales y la mineralización del abono, mejorando los EUN y EU-NDP. Estos resultados están en concordancia con los hallazgos de otros autores (Eghball *et al.*, 2002) quienes encontraron que la mineralización fue mayor en condiciones de capacidad de campo y menor en suelos secos. Las diferencias en la EUN y EU-NDP ante condiciones adversas durante el período de ensayo resultaron mayores en el caso de forrajeras anuales que en las perennes. Esto puede deberse a que la situación puede revertirse a lo largo del ciclo de crecimiento de los recursos perennes. Esta reversión no es posible en forrajeras anuales, ya que debido a su corto período de aprovechamiento, la presentación tardía de condiciones ideales para la mineralización no llegaría a compensar la disponibilidad de nutrientes en periodos iniciales de crecimiento del cultivo.

En los ensayos donde se evaluaron varias dosis y donde las mayores duplicaban a las menores dosis, se observa que las EUN de las más elevadas eran levemente mayores o hasta incluso menores. Esta situación discutida por los diferentes autores, mostraría que no se justificaría la utilización de dosis de N que excedan las necesidades de cada cultivo para rendimientos medios esperados acorde a la situación del suelo. También se puede observar que existe mayor eficiencia (EUN) para la zona más templada (BA) respecto del centro del país (SF). Entre los valores promedio calculados de EUN para los ensayos de BA fueron 12,8 kg MS·kg N⁻¹ (20,7 kg MS·kg NDP⁻¹) para los forrajes anuales de invierno; 15,3 kg MS·kg N⁻¹ (25,1 kg MS·kg NDP⁻¹) para los forrajes anuales de verano y 38,9 kg MS·kg N⁻¹ (61,6 kg MS·kg NDP⁻¹) para pastura. Para SF los valores promedio calculados fueron 5,9 kg MS·kg N⁻¹ (9,5 kg MS·kg NDP⁻¹) para los forrajes anuales de invierno; 14,8 kg MS·kg N⁻¹ (24,2 kg MS·kg NDP⁻¹) para los forrajes anuales de verano y 7,6 kg MS·kg N⁻¹ (12,5 kg MS·kg NDP⁻¹) para las alfalfas. Otros estudios, provenientes de distintas latitudes y situaciones, reportaron valores simila-

res de EUN para pasturas (14-22 kg MS por año·kg N⁻¹); para raigrás anual (25-48 kg MS·kg N⁻¹) y para maíz (6-42 kg MS·kg N⁻¹), adjudicando la variabilidad a la calidad del estiércol y a la estrategia de aplicación del estiércol (momento y forma de aplicación) y época del año (Herrero *et al.*, 2009, Salazar *et al.*, 2009). Al comparar estas EU-NDP con los valores obtenidos por el uso de fertilizantes comerciales, las EU-NDP promedio de los abonos son menores, especialmente al incluir los datos provenientes de años con condiciones ambientales adversas. Sin embargo, al contemplar los años ambientalmente favorables, las EU-NDP son similares o superiores a las obtenidas con los fertilizantes comerciales (García *et al.*, 2002).

En síntesis, de acuerdo a la calidad del estiércol disponible en la región pampeana, este recurso podría ser utilizado, mediante diferentes estrategias de aplicación, para el abonado de especies forrajeras anuales o perennes. Los resultados observados, respecto a la acumulación de biomasa, son variables dependiendo de la zona, del tipo de cultivo, de las estrategias de aplicación y de las condiciones ambientales que favorezcan la mineralización de sus componentes.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Buenos Aires por el apoyo financiero para la realización de los diferentes proyectos (2016-2004) que involucraron la realización de los ensayos (Proyectos 498BA; W367; V015 y V050). Al INTA por el apoyo a la I+D y el aporte financiero a través de los Proyectos PNLEC 071041 (2009-2012) y PNLEC1104 (2006-2009). A profesionales, a técnicos y a estudiantes de grado que colaboraron con dichos ensayos y a los productores que permitieron su realización.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) and the WEF (Water Environment Federation). 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Ed. Washington DC. EUA.
- ATKINSON, D.; WATSON, C.A. 1996. The environmental impact of intensive systems of animal production in the lowlands. *Animal Science* 63, 353-361.
- BURÓN ALFANO, V.; QUESTA, G.; HERRERO, M.A.; ORLANDO, A.A.; FLORES, M.; CHARLÓN, V. 2009. Potencial de reutilización de los residuos provenientes de tambos comerciales para la fertilización de recursos forrajeros. *Revista InVet* 11 (2), 85-92.
- CARBÓ, L.I.; HERRERO, M.A.; SARDI, G.M.I.; FLORES, M.C.; VOLPE, S.; GUTIERREZ, G. 2009. Evaluación de raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam.) fertilizado con purines y urea. SIGERA (Simposio Internacional sobre gestión de los residuos animales) Brasil, 446-451. Disponible: <http://sbera.org.br/sigera2009/downloads/obras/037.pdf> verificado 22 de diciembre de 2015.
- CARBÓ, L.I.; URQUIZA, M.E.; ORLANDO, A.A.; HERRERO, M.A.; TORRANO, M.; BONTÁ, M.A. 2014. Producción de sorgo para silaje en respuesta a fertilización con estiércol bovino de tambó. *Revista Argentina de Producción Animal* 34 (S1), 99.
- CHARLÓN, V.; ROMERO, L.; CUATRÍN, A.; TAVERNA, M. 2004. Efecto de la utilización de los residuos orgánicos en un verdeo de invierno. *Revista Argentina de Producción Animal* 24 (S1), 324-326.
- CHARLÓN, V.; ROMERO, L.; CUATRÍN, A.; TAVERNA, M. 2005. Efecto del momento de aplicación y de fuentes de nitrógeno en un cultivo de maíz. *Revista Argentina de Producción Animal* 25 (S1), 319-320.
- CHARLÓN, V.; CUATRÍN, A.; VIVAS, H.; TAVERNA, M. 2006. Utilización de residuos orgánicos en la producción acumulada y la calidad de una pastura de alfalfa pura. *Revista Argentina de Producción Animal* 26 (S1), 172-173.
- CHARLÓN, V.; ROMERO, L.; CUATRÍN, A.; TAVERNA, M. 2007a. Utilización de residuos orgánicos en el rendimiento y la calidad de un cultivo de avena. *Revista Argentina de Producción Animal* 27 (S1), 214-215.
- CHARLÓN, V.; ROMERO, L.; TAVERNA, M. 2007b. Utilización de residuos del tambó en un cultivo de sorgo forrajero para silaje. *Revista Argentina de Producción Animal* 27 (S1), 216-217.
- CHARLÓN, V.; ROMERO, L.; CUATRÍN, A.; TAVERNA, M. 2009a. Efecto de la utilización de residuos orgánicos en la producción de un pastura de alfalfa. *Revista Argentina de Producción Animal* 29 (S1), 355-356.
- CHARLÓN, V.; ROMERO, L.; CUATRÍN, A.; TAVERNA, M. 2009b. Utilización de residuos orgánicos en un cultivo de Moha de Hungría (*Setaria italica*). *Revista Argentina de Producción Animal* 29 (S1), 356-357.
- CHARLÓN, V.; HERRERO, M.A.; CUATRÍN, A.L.; CARBÓ, L.I.; ROMERO, L. 2011. Dosis y momentos de aplicación de estiércol bovino en dos ambientes sobre cultivo de raigrás. *Revista Argentina de Producción Animal* 31 (S1), 559.
- CHARLÓN, V.; HERRERO, M.A.; CUATRÍN, A. 2012. Contaminación del agua subterránea por nitratos en sitios intensificados de predios lecheros. *Revista Argentina de Producción Animal* 32 (S1), 59.
- DOBERMANN, A.R. 2005. Nitrogen Use Efficiency. State of the Art. *Agronomy & Horticulture -Faculty Publications*. Paper 316. Disponible: <http://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/316> verificado el 22 de diciembre de 2015.
- DOU, Z.; FERGUSON, J.; FIORINI, J.; TOTH, J.; ALEXANDER, S.; CHASE, L.; RYAN, C.; KNOWLTON, F.; KOHN, R.; PETERSON, A.; SIMS, J.; WU, Z. 2003. Phosphorus feeding levels and critical control points on dairy farms. *Journal of Dairy Science* 86, 3787-3795.
- EGHBALL, B.; WIENHOLD BJ, GILLEY JE, EIGENBERG RA. 2002. Mineralization of manure nutrients. *Journal of Soil and Water Conservation* 57 (6), 470-473.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1995. Process design manual: land application of sewage sludge and domestic septage. U.S. EPA, Office of Research and Development, Washington, DC. p. 290.
- FUNDACIÓN PEL. 2015. Anuario de la lechería argentina 2014. Ed. Infocampo SA. 43 p.
- GARCÍA, F.; MICUCCI, F.; RUBIO, G.; RUFFO, M.; DAVEREDE, I. 2002. Fertilización de forrajes en la región pampeana. Una revisión de los avances en el manejo de la fertilización de pasturas, pastizales y verdeos. *Boletín Técnico del Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS) Cono Sur, Potash and Phosphate Institute (PPI) and Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC)*, p. 61.
- HERRERO, M.A.; GIL, S.B.; SARDI, G.M.; FLORES, M.C.; CARBÓ, L.I.; ORLANDO, A.A. 2006. Transferencia de nutrientes del área de pastoreo a la de ordeño en tambos semiextensivos en Buenos Aires, Argentina. *Revista InVet* 8, 23-30.
- HERRERO, M.A.; SARDI, G.M.I.; ORMAZABAL, J.J.; CARBÓ, L.I.; VOLPE, S.; FLORES, M.; CARIOLA, A.; GAMBÍN, V. 2007.

Respuesta del raigrás anual a diferentes fuentes nitrogenadas y momentos de aplicación. *Revista Argentina de Producción Animal* 27 (S1), 354-355.

HERRERO, M.A.; CARBÓ, L.I.; SARDI, G.M.; GUTIERREZ, G.; URQUIZA, M.; VOLPE, S.M.; FLORES, M.C.; ORMAZABAL, J.J.; CARIOLA, A.; CARCAGNO L.; MALHEIM, F. 2008. Efecto de fuentes nitrogenadas y momentos de aplicación sobre la productividad bial de raigrás anual. *Revista Argentina de Producción Animal* 28 (S1), 354-355.

HERRERO, M.A.; KOROL S.E.; CHARLON, V.; SALAZAR, F.; LA MANNA, A. 2009. Uso del agua, manejo de efluentes e impacto ambiental en el tambo. Informe internacional presentado en las III Jornadas Internacionales para la calidad de leche (JICAL III), Buenos Aires, Argentina. 26-28 de marzo. Memorias de las Jornadas APROCAL, 27-57.

HERRERO, M.A.; CARBÓ, L.I.; SARDI, G.M.I.; ALBANO, Y.; GENTILE, F.; MARGHEIM, F.; GUTIERREZ, G.; CARIOLA, A.; VOLPE, S.M.; FLORES, M.C. 2010. Acumulación de materia seca y extracción de nutrientes en pastura con historial de fertilización con estiércol. *Revista Argentina de Producción Animal* 30 (S1), 215-216.

HERRERO, M.A.; SARDI, G.; CARBÓ, L.; CARIOLA, A.; GUTIERREZ, G.; URQUIZA, M.; GALOTTA, L.; PASTORINO, F.; VOLPE, S.; FLORES, M. 2011. Fertilización con estiércol bovino en pasturas: producción de forraje y nutrientes extraídos. *Revista Argentina de Producción Animal*. 31 (S1), 445.

HOEKSTRA, N.J.; SCHULTE, R.P.O.; STRUIJK, P.C.; LANTINGA, E.A. 2007. Pathways to improving the N efficiency of grazing bovines. *European Journal of Agronomy* 26, 363-374.

HOODA, P.S.; EDWARDS A.C.; ANDERSON, H.A.; MILLER, A. 2000. A review of water quality concerns in livestock farming areas. *The Science of the Total Environment* 250, 143-167.

KNOWLTON, K.F.; RADCLIFFE, J.S.; NOVAK, C.L.; EMMERSON, D.A. 2004. Animal management to reduce phosphorus losses to the environment. *Journal of Animal Science* 82, E173-E195.

MARGHEIM, F.B.; SARDI, G.M.; VOLPE, S.M.; CARBÓ, L.I.; GUTIERREZ, G.M.; HERRERO, M.A.; URQUIZA, M.; CARIOLA, A.; FLORES, M.C.; CALCAGNO, L. 2009. Acumulación de forraje y contenido de nitrógeno y fósforo en avena fertilizada con estiércol. *Revista Argentina de Producción Animal* 29 (S1), 402-403.

MARTINEZ, J.; BURTON, C. 2003. Manure management and treatment: an overview of the European situation. *International Conference of Animal Hygiene*; México. 12. Disponible: <http://www.isah-soc.org/documents/mainspeakers/15%20MartinezFrance.doc> verificado 22 de diciembre de 2015.

MENZI, H. 2002. Manure Management in Europe, results of a recent survey. In proceedings of the 10th Ramiran International Conference of the FAO/SCORENA Network on the recycling of Agricultural Municipal and Industrial Residues in Agriculture (RAMIRAN). Strbske Pleso, Slovak Republic, 14-18 mayo, 93-102. Disponible: <http://www.ramiran.net/DOC/B2.pdf> verificado 22 de diciembre de 2015.

NOSETTI, L.; HERRERO, M. A.; POL, M.; MALDONADO MAY, V.; GEMINI, V.; ROSSI, S.; KOROL, S.; FLORES, M. 2002. Cuantificación y caracterización de agua y efluentes en establecimientos lecheros, parte II. Calidad de efluentes y eficiencia de los procesos de tratamiento. *Rev. INVET Investigación Veterinaria* 4 (1):45-54.

PASTORINO, F.; SARDI, G.M.I.; GUTIERREZ, G.; VOLPE, S.M.; CARBÓ, L.I.; HERRERO, M.A.; FLORES, M.C.; ORMAZABAL, J.J.; GALOTTA, L.; ALBANO, Y. 2009. Pastura en implantación fertilizada con estiércol: acumulación de forraje y contenido de nitrógeno. *Revista Argentina de Producción Animal* 29 (S1), 401-402.

RAMIRAN, NETWORK ON THE RECYCLING OF AGRICULTURAL MUNICIPAL AND INDUSTRIAL RESIDUES IN AGRICULTURE. 2011. Glossary of terms on livestock manure management. 2nd PAIN, B.; Menzi, H. (Eds.). Disponible: http://www.ramiran.net/doc11/RAMIRAN%20Glossary_2011.pdf verificado 20 de diciembre de 2015.

ROTZ, C.A. 2004. Management to reduce nitrogen losses in animal production. *Journal of Animal Science* 82 (E. Suppl), E119-137.

ROTZ, C.A.; MONTES, F.M.; CHIANESE, D.S. 2010. The carbon footprint of dairy production systems through partial life cycle assessment. *Journal of Dairy Science* 93 (3), 1266-1282.

SALAZAR, F.J.; CHADWICK, D.; PAIN, B.F.; HATCH, D.; OWEN, E. 2005. Nitrogen budgets for three cropping systems fertilised with cattle manure. *Bioresource Technology* 96, 235-245.

SALAZAR, F.; HERRERO, M.A.; CHARLÓN, V. 2009. Consideraciones para el uso de efluentes ganaderos en praderas y cultivos. Simposio Uso del agua, manejo de efluentes e impacto ambiental. Informe internacional presentado en las III Jornadas Internacionales para la calidad de leche (JICAL III), Buenos Aires, Argentina. 26-28 de marzo. Memorias de las Jornadas APROCAL.

SENASA. 2015. Sistema de Gestión Sanitaria (SGS) y el Sistema Integrado de Gestión de Sanidad Animal (SIGSA). Disponible: http://www.senasa.gov.ar/prensa/DNSA/Control_Gestion_y_Programas_Especiales/Indicadores_ganaderos/7_Indicadores_Ganaderia_Bovina_%20de_Tambo/Tambos.html verificado 15 de marzo de 2016.

TAVERNA, M.; CHARLÓN, V.; PANIGATTI, C.; CASTILLO, A.; SERRANO, P.; GIORDANO, J. 2004. Manual sobre el manejo de los residuos originados en las instalaciones de ordeño. Una contribución al logro de ambientes locales sanos. 1.º Ed. INTA, p. 75.

UPTON, M. 1997. Intensification or extensification: which has the lowest environmental burden? *World Animal Review* 88, 21-29.

VAN HORN, H.H.; WILKIE, A.C.; POWERS, W.J.; NORDSTEDT, R.A. 1994. Components of Dairy Manure Management Systems. *Journal of Dairy Science* 77, 2008-2030.

WATSON, C.A.; ATKINSON, D. 1999. Using nitrogen budgets to indicate nitrogen use efficiency and losses from whole farm systems: a comparison of three methodological approaches. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 53, 259-267.

Método para la determinación de la densidad de una muestra de granos enteros de alubia por procesamiento digital de imágenes

CLEVA, M.S.¹; SAMPALLO, G.M.¹; RODRIGUES DA FONSECA, C.¹; AQUINO, D.C.¹; LISKA, D.O.¹; VENTRE, F.R.¹

RESUMEN

En este trabajo se presenta una metodología alternativa para la determinación de la densidad de una muestra de granos enteros de alubia (*Phaseolus vulgaris* L) basada en procesamiento digital de imágenes, caracterizada por su sencillez y fácil implementación. Requiere de las medidas de la masa y del volumen de la muestra, las que son realizadas con una balanza y con un modelo tridimensional del grano respectivamente. En este modelo tridimensional se asume que el volumen de cada grano es proporcional a su largo y al cuadrado de su ancho. Estos dos últimos valores son determinados a partir del empleo de técnicas de procesamiento digital de imágenes aplicadas a la imagen de muestras de granos enteros obtenidas con un escáner de escritorio. La constante de proporcionalidad se determina experimentalmente por comparación con el volumen de la muestra obtenido posteriormente por el método de desplazamiento de tolueno. Se prepararon diez muestras para determinar y analizar el comportamiento de la constante de proporcionalidad y cinco para validación del modelo propuesto. La densidad obtenida con esta metodología para las muestras de validación se contrastó con la obtenida con el método de desplazamiento de tolueno siendo la diferencia relativa porcentual inferior al 5%.

Palabras clave: Morfología, escáner, volumen de grano, *Phaseolus vulgaris* L.

ABSTRACT

*This paper presents a methodology for determining the density of a sample of whole bean grains (*Phaseolus vulgaris* L) based on digital image processing, characterized by its simplicity and easy implementation. It requires measures of the mass and the volume of the sample, which are made with a scale and with a three-dimensional model of the grain respectively. In this three-dimensional model it is assumed that the volume of each grain is proportional to its length and to the square of its width. These two values are determined from the use of techniques of digital image processing applied to the image of whole grain samples obtained with a desktop scanner. The proportionality constant is determined experimentally by comparison with the volume of the sample subsequently obtained by the toluene displacement method. Ten samples to determine and analyze the behavior of the constant of proportionality and five for validation of the proposed model were prepared. The density obtained with this methodology for the validation samples was contrasted with that obtained with the toluene displacement method being the relative percentage difference lower than 5%.*

Keywords: morphology, scanner, grain volumen, *Phaseolus vulgaris* L.

¹UTN Facultad Regional Resistencia, French 414, H3500CHJ Resistencia, Chaco, Argentina. Correo electrónico: clevamario@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La determinación de la densidad de un objeto se puede realizar a partir de su masa y de su volumen. En general, para el caso de granos y semillas se emplea una magnitud conocida como peso hectolítrico que se define como el peso en kilogramos de un recipiente lleno de granos con un volumen de 100 litros o su valor proporcional. En el caso de algunos granos como el arroz, el peso hectolítrico es una buena estimación, tanto de la calidad física del grano como de la calidad molinera (Garnero, 2012). Sin embargo, esta magnitud, también llamada densidad aparente, no es una buena medida de la densidad del grano. Su determinación se realiza con una balanza tipo Schopper, y en la medida de la magnitud se tienen en cuenta los espacios intergranos que afectan a la medida del volumen, dando un valor de densidad menor. La dificultad para la determinación de la densidad de una muestra de granos de manera rutinaria podría deberse a la complejidad para determinar el volumen de una muestra de granos de manera simple y no destructiva.

Por una parte, el método de desplazamiento de tolueno (Mohsenin, 1986) es una de las formas para determinar la densidad en granos y semillas. Este método se basa en el principio de Arquímedes y utiliza un picnómetro con tolueno para las determinaciones de volumen. Se emplea tolueno en lugar de agua porque al tener una tensión superficial 25 veces menor no es absorbido por el grano. Sin embargo, el empleo de tolueno requiere de una configuración adecuada de laboratorio y de técnicas especiales por su alta toxicidad. Asimismo, esta determinación provoca que cada muestra procesada sea destruida, imposibilitando su reutilización con otros fines.

Por otra parte, en el caso de las semillas, se plantearon modelos morfológicos que permiten calcular su volumen a partir de una serie de medidas evitando la inmersión en líquido de las muestras. La determinación del volumen en estos casos depende de un modelo geométrico que emplea las medidas efectuadas con un calibre (o pie de rey). Jain y Bal (1997) midieron con un calibre las longitudes de los ejes de semillas de mijo y con un modelo geométrico de la semilla determinaron su volumen. Con el mismo instrumento, Olajide e Igbeka (2003) midieron el ancho, largo y espesor de granos de maní y con estos valores calcularon el volumen y lo compararon con el obtenido por el método de Arquímedes. Del mismo modo, Varnamkhasti *et al.* (2007) midieron las dimensiones del grano de arroz y presentaron un modelo para la determinación del volumen, que es validado por comparación con el método de desplazamiento de tolueno. Firatligil-Durmus *et al.* (2010) propusieron una serie de modelos geométricos para calcular el volumen de diferentes semillas y los compararon con el obtenido por desplazamiento de tolueno.

El empleo del calibre para la determinación de las dimensiones puede ser un proceso complicado y tedioso, sobre todo si los granos son pequeños o difíciles de manipular. Para reducir los errores asociados a este tipo de proceso se requiere de una metodología más sencilla para la de-

terminación de las medidas necesarias para el cálculo del volumen que permitirá conocer junto con la masa, el valor de la densidad.

Los algoritmos de procesamiento digital de imagen (PDI) aplicados al estudio de semillas y granos, permiten obtener información del tamaño y parámetros de forma a partir de su imagen. Las determinaciones de estos valores son importantes no solo en la determinación de la calidad, sino también para el diseño de equipamiento para procesamiento, transporte, ordenamiento, separación y almacenamiento.

Van Dalen (2004) determinó la distribución de las longitudes de los granos de arroz de una muestra a partir de la aplicación de algoritmos de PDI a la imagen digital de estos. Razavi *et al.* (2008) obtuvieron los valores de longitud, ancho, área proyectada y descriptores de forma, a partir de la imagen digital de un conjunto de semillas de pistacho. Dell 'Aquila (2004) propone una visión general de la integración experimental entre la prueba de germinación estándar y un sistema de análisis de imagen asistido por computadora para semillas de brócoli, rábano, lentejas, lechuga y zanahoria. Sandeep *et al.* (2013) revisan conceptos básicos en el análisis de imágenes asistido por computadora, orientado a la morfología de semillas en términos de calidad y germinación y diversos aspectos de análisis de imágenes de semillas como la adquisición de imágenes y reconocimiento de patrones. Clevea *et al.* (2013) presentan un método para la determinación del volumen en granos de arroz por PDI.

Se presenta en este trabajo una metodología para la determinación de la densidad de una muestra de granos de alubia caracterizada por su sencillez y fácil implementación. Su uso requiere de una balanza digital, un escáner de escritorio con adaptador de transparencias y técnicas de PDI que son aplicadas a la imagen digital de la muestra. La metodología emplea un modelo geométrico del grano de alubia que permite determinar su volumen de manera proporcional al producto del cuadrado del ancho por el largo del grano. La constante de proporcionalidad es obtenida experimentalmente y los valores del ancho y el largo por algoritmos de PDI. El volumen así obtenido de la muestra y su respectiva masa permiten calcular la densidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del modelo para la determinación del volumen

Se puede considerar al volumen del grano de alubia como una fracción del volumen de un paralelepípedo cuyo espesor (E_i), ancho (A_i) y largo (L_i) coinciden con las mismas magnitudes definidas para el grano (figura 1).

Así el volumen del grano V_i se puede expresar como:

$$V_i = k_1 \cdot E_i \cdot A_i \cdot L_i \quad (1)$$

Donde k_1 es menor que la unidad por ser el volumen V_i del grano menor que el volumen del paralelepípedo. La ob-

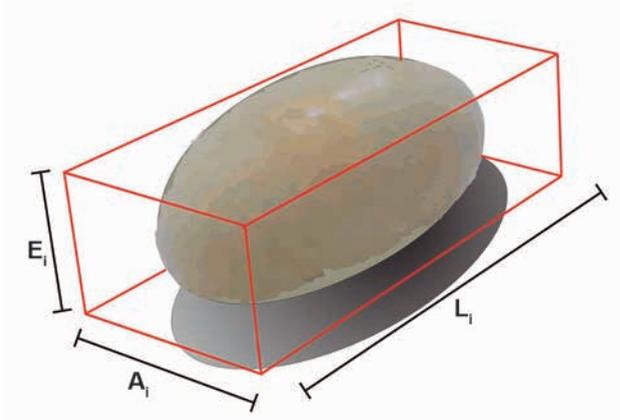


Figura 1. Modelo de grano de alubia y el paralelepípedo que lo contiene. L_i (longitud), E_i (espesor) y A_i (ancho).

servación de un grano de alubia permite ver que L_i es la mayor. Le sigue en dimensión el ancho A_i y por último el espesor E_i .

$$E_i < A_i < L_i \quad (2)$$

Cuando el grano está apoyado sobre una superficie plana, lo hace de modo que el plano formado por las longitudes A_i y L_i quedan paralelos al plano de apoyo lo que valida la suposición de que A_i es mayor que E_i . De este modo, cuando se emplea un escáner y se colocan los granos sobre la bandeja de esta, el escáner registra una imagen para cada grano donde siempre están visibles A_i y L_i .

Como el espesor E_i nunca está visible en la imagen, supondremos que este es proporcional a A_i (figura 2).

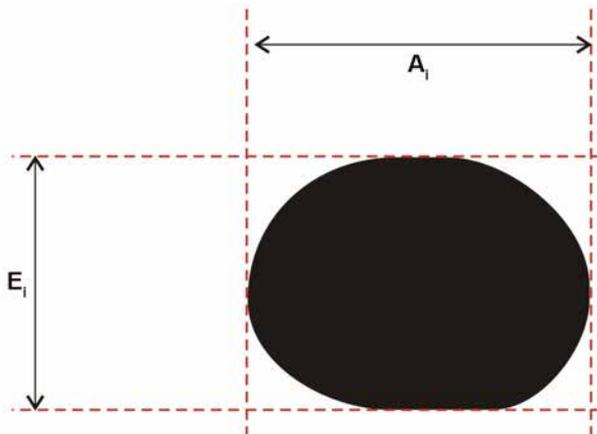


Figura 2. Sección del grano de alubia de ancho A_i y espesor E_i .

$$E_i = k_2 \cdot A_i \quad (3)$$

Reemplazando (3) en (1)

$$V_i = k_1 \cdot E_i \cdot A_i \cdot L_i = k_1 \cdot k_2 \cdot A_i \cdot A_i \cdot L_i = k \cdot A_i^2 \cdot L_i \quad (4)$$

donde

$$k = k_1 \cdot k_2 \quad (5)$$

Por lo tanto, para una muestra de n granos, el volumen total de la muestra obtenido por procesamiento digital de imágenes, V_{PDI} , se puede escribir como:

$$V_{PDI} = k \cdot \sum_{i=1}^n A_i^2 \cdot L_i \quad (6)$$

En este modelo se asume que esta constante es invariante para diferentes dimensiones de granos mientras estos sean enteros.

Determinación de la constante k del modelo

Para una muestra de n granos se determina el volumen experimental V_{Exp} empleando el método desplazamiento de tolueno. De la igualación entre el volumen experimental V_{Exp} y el volumen de la muestra V_{PDI} se puede determinar la constante k .

$$k = \frac{V_{Exp}}{\sum_{i=1}^n A_i^2 \cdot L_i} \quad (7)$$

La longitud L_i para cada grano se obtiene como la máxima longitud de lo que se denomina el diámetro de Feret y que se define como la distancia entre dos líneas paralelas tangentes (figura 3) en lados opuestos del contorno del grano (Merkus, 2009). Como ancho A_i se toma la máxima distancia perpendicular a la anterior entre puntos opuestos del contorno.

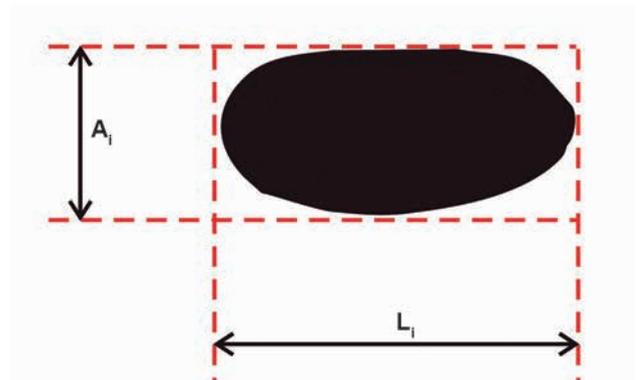


Figura 3. Sección del grano y diámetro mayor y menor de Feret L_i y A_i respectivamente.

La determinación de estas distancias se realiza con una de las funciones predefinidas del programa ImageJ®. Con el valor de la constante k determinada se usa la expresión (6) para calcular el volumen de la muestra. Al ser el volumen del grano menor que el del paralelepípedo que lo contiene, el valor de la constante k debe ser inferior a la unidad.

Con la masa m de cada muestra y su volumen dado en la expresión (6) como suma de los volúmenes de los granos que la forman se puede obtener la densidad por procesamiento digital de imágenes δ_{PDI} como:

$$\delta_{PDI} = \frac{m}{k \cdot \sum_{i=1}^n A_i^2 \cdot L_i} \quad (8)$$

Adquisición de las imágenes

Para la adquisición de las imágenes de los granos de alubia se trabajó con un escáner Hewlett Packard G3110. Este modelo de escáner cuenta con un adaptador de transparencias. El adaptador de transparencias ilumina el grano de atrás lo que permite la obtención de las imágenes del área proyectada de los granos en lugar del área expuesta que se obtiene de escanear con el grano de frente. El uso del adaptador de transparencias tiene la ventaja de poder obtener directamente las imágenes de las secciones de los granos sin requerir de complicados algoritmos de binarización y de configuración de escena. Como desventaja el adaptador de transparencias de este modelo de escáner presenta una región pequeña para la ubicación de los granos, pero suficiente para las determinaciones experimentales requeridas.

Las imágenes de la muestra fueron escaneadas con una resolución de 200 pixeles por pulgada y fueron procesadas con el programa gratuito ImageJ®. Con este software se realizó la binarización requerida para aplicar algoritmos que permiten, para cada grano, determinar el largo y el ancho (con las funciones predefinidas denominadas distancias de Feret máxima y mínima). Los granos se distribuyeron sobre la región del escáner destinada a la adquisición de transparencias previendo que los granos no estén en contacto entre sí como se muestra en la figura 4.



Figura 4. Configuración de equipamiento requerido: escáner y computadora.

Preparación de las muestras

Las muestras de granos de alubias fueron extraídas de un paquete comercial. Se prepararon un total de 15 mues-

tras de granos enteros, sin manchas y sin rajaduras en la superficie (figura 5). La selección de dichos granos se realizó al azar para todos los casos y fueron extraídas de un único paquete. Fueron seleccionados por inspección visual con ayuda de una lupa y las cantidades de cada muestra se relacionan con la cantidad de granos que pueden ubicarse en una región de la bandeja del escáner destinada al uso del adaptador de transparencias.



Figura 5. Granos usados (a) y descartados (b) para la experiencia.

Cada muestra analizada tenía una cantidad de entre 20 y 28 granos. Se determinaron sus masas con una balanza digital marca Denver Instrument modelo MXX 612 con una precisión de 0,01 gramos. De este total de 15 muestras, 10 de ellas se usaron para determinar la constante k de proporcionalidad y las 5 restantes para validar el modelo propuesto.

RESULTADOS

La tabla 1 presenta, para cada muestra, el total de granos que la conforman, su volumen determinado experimentalmente V_{Exp} , la sumatoria del cuadrado del ancho A_i por la longitud L_i y la constante k correspondiente. Se calcula finalmente el valor de la constante k y su desviación estándar.

Como puede observarse, el valor de la constante k tiene una desviación estándar del orden del 2% del valor promedio. En todos los casos el valor de la constante k resultó menor que la unidad como se había mencionado previamente.

Con la constante k calculada, se determinó para cada una de las muestras de control su masa, el total de granos, los volúmenes V_{Exp} y V_{PDI} y la densidad experimental δ_{Exp} como la obtenida por procesamiento de imágenes δ_{PDI} (tabla 2). Adicionalmente en la última columna y tomando como referencia el valor de la densidad obtenida experimentalmente, se calcula la desviación relativa porcentual DRP mediante la expresión:

$$DRP = \frac{\delta_{Exp} - \delta_{PDI}}{\delta_{Exp}} \cdot 100 \quad (9)$$

Muestra	Granos	V_{Exp} (cm ³)	$\sum_{i=1}^n A_i^2 \cdot L_i$ (cm ³)	k
1	24	8,11	18,88	0,43
2	26	7,90	18,75	0,42
3	26	9,08	20,66	0,44
4	24	9,04	20,92	0,43
5	27	9,40	22,27	0,42
6	25	8,42	19,43	0,43
7	23	8,53	19,63	0,43
8	27	8,46	20,67	0,41
9	27	8,27	18,62	0,44
10	27	8,86	20,49	0,43
Media				0,43
Desviación				0,01

Tabla 1. Parámetros medidos y calculados para las muestras analizadas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se desarrolló un método para la determinación de la densidad de una muestra de granos de alubia que emplea una balanza, un escáner de escritorio (con adaptador de transparencias) conectado a una computadora y mínimos requerimientos computacionales.

La metodología propuesta para la determinación de la densidad de granos de alubia en este trabajo asegura una desviación relativa porcentual promedio del orden del 3%. El método es seguro, rápido, no destructivo, robusto, independiente del operador, de bajo costo y de sencilla implementación. No requiere de configuraciones complejas de hardware ni de procesos de calibración por lo que su implementación no presenta dificultades operativas. El desarrollo de modelos geométricos para la determinación de volumen en granos ya ha sido usado por los autores del presente trabajo. A diferencia de un trabajo previo para granos de arroz, en este solo se trabaja con granos enteros. Sin embargo se estima que la metodología de trabajo es

aplicable a otros tipos de granos y semillas, procedimiento que se está llevando a cabo.

BIBLIOGRAFÍA

- CLEVA, M.S.; SAMPALLO, G.M.; GONZALEZ THOMAS, A. O. ACOSTA, C.A. 2013. Método para la determinación del volumen de una muestra de granos de arroz mediante el procesamiento digital de imágenes. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 39, 2, 185-190.
- DELL'AQUILA, A. 2004. Application of a Computer–Aided Image Analysis System to Evaluate Seed Germination under Different Environmental Conditions. *Ital. J. Agron.*, 8, 1, 51-62.
- FIRATLIGIL-DURMUŞ, E.; ŠÁRKA, E.; BUBNÍK, Z.; SCHEJBAL, M.; KADLEC, P. 2010. Size properties of legume seeds of different varieties using image analysis. *Journal of Food Engineering*, 99(4), 445-451.
- GARNERO, S. 2012. Calidad intrínseca de los granos en la cosecha. Tesis de Maestría en Tecnología de Alimentos. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional, pp. 44-45.
- IMAGEJ. Disponible <http://rsbweb.nih.gov/ij/> verificado 22 de octubre de 2015.
- JAIN, R.K.; BAL S. 1997. Properties of Pearl Millet. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66 (2), 85-91.
- MERKUS, H.G. 2009. Particle Size Measurements: Fundamentals, Practice, Quality. Springer, p. 15.
- MOHSENIN, N.N. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials. 2.ª edición. Gordon and Breach Science Publishers (Eds), Nueva York, pp. 94-104.
- OLAJIDE, J.O.; IGBEKA, J.C. 2003. Some physical properties of groundnut kernels. *Journal of Food Engineering*, 58(2), 201-204.
- RAZAVI, S.M.; MAZAHERINASAB, M.; NIKFAR, F.; SANAEI-FARD H. 2008. Physical Properties and Image Analysis of Wild Pistachio Nut (Raneh). *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 3(2), 61-71.
- SANDEEP VARMA, V.; KANAKA DURGA, K.; KESHAVULU, K. 2013. Seed image analysis: its applications in seed science research *International Research Journal of Agricultural Sciences*, 1(2) pp. 30-36.
- VAN DALEN, G. 2004. Determination of the size distribution and percentage of broken kernels of rice using flatbed scanning and image analysis. *Food Research International*, 37(1) 51-58.
- VARNAMKHAISTI, M.G.; MOBLI, H.; JAFARI, A.; RAFIEE, S.; SOLTANABADI, M.H.; KHEIRALIPOUR, K. 2007. Some engineering properties of paddy (var. sazandegi). *International Journal of Agriculture and Biology*, 9(5), 763-766.

Muestra de control	Granos	Masa (g)	Volumen experimental (cm ³)	Volumen a partir de la imagen (cm ³)	Densidad experimental (g/cm ³)	Densidad a partir de la imagen (g/cm ³)	Desviación relativa porcentual (%)
1	23	9,93	7,72	7,54	1,29	1,32	2,4
2	23	8,94	7,03	7,15	1,27	1,25	1,6
3	27	10,35	8,15	8,20	1,27	1,26	0,6
4	28	10,44	8,38	8,86	1,25	1,18	5,4
5	29	11,15	8,98	9,13	1,24	1,22	1,6

Tabla 2. Resultados de la densidad obtenidos por procesamiento de imagen y por desplazamiento de tolueno para las cinco muestras de control.

Complejo respiratorio bovino: evidencia de circulación viral múltiple en un establecimiento de cría

STREITENBERGER, N.¹; FERELLA, A.²; PÉREZ AGUIRREBURUALDE, M.S.²; SAMMARRUCO, A.²; DUS SANTOS, M.J.²; MOZGOVOJ, M.V.²; MAIDANA, S.²; ROMERA, S.A.²; PECORA, A.²; QUIROGA, M.A.¹; FAZZIO, L.E.¹

RESUMEN

El complejo respiratorio bovino (CRB) es una de las principales causas de pérdidas productivas en rodeos de cría, tambo y engorde a corral. Los agentes infecciosos involucrados incluyen virus, bacterias y micoplasmas. Dentro de los agentes virales se encuentran el virus respiratorio sincicial bovino (bRSV), el virus parainfluenza 3 bovino (BPIV3), el herpesvirus bovino tipo 1 (BoHV1) y el virus de la diarrea viral bovina (BVDV). El objetivo de este trabajo fue evaluar la circulación de los virus asociados al CRB en un rodeo de cría, durante el período posdestete, mediante un estudio serológico longitudinal. En forma complementaria, se describieron y compararon los hallazgos clínicos y hematológicos. Se seleccionaron 32 animales de 5 a 7 meses de edad, sin vacunación previa, y se evaluó diariamente la presencia de signos clínicos compatibles con CRB. Se extrajeron muestras de sangre los días 0 (destete), +14 y +25 (momento en que culminó el ensayo). No se detectaron animales con manifestación clínica de CRB y los parámetros hematológicos se encontraron dentro del rango de referencia. Al inicio de la experiencia, ningún animal presentaba anticuerpos (Ac) específicos para bRSV, mientras que para el resto de los agentes virales, el porcentaje de animales seropositivos fue variable: 53% (BVDV1a), 31% (BPIV3), 25% (BVDV2) y 13% (BoHV1). Al día +25 los porcentajes de seropositivos fueron los siguientes: 47% (BVDV1a), 50% (BPIV3), 19% (BVDV2), 25% (BoHV1) y 81% (bSRV). Los porcentajes de seroconversión para bRSV, BPIV3, BVDV1a y BoHV1 fueron 34%, 25%, 16% y 13%, respectivamente. Además, el 66% de los animales seroconvirtió a uno o más virus. Para BVDV2 y BVDV1b no se observó seroconversión. Estos resultados evidencian la circulación, e incluso en algunos casos la coinfección de los agentes virales involucrados en el CRB en el período posdestete. Resulta importante la realización de estudios virológicos complementarios que permitan identificar y caracterizar las cepas circulantes en esta etapa productiva, principalmente en relación con bSRV y PIV3, virus de los que se posee escasa información en nuestro medio.

Palabras clave: CRB, posdestete, virus, clínica, serología, hematología.

ABSTRACT

Bovine respiratory complex (BRC) is a leading cause of production loss among beef, dairy and feedlot cattle. The infectious agents involved are viruses, bacteria and mycoplasma. Viral agents include Bovine respiratory syncytial virus (BRSV), Bovine parainfluenza-3 virus (BPI3V), Bovine herpesvirus 1 (BHV-1) and Bovine viral diarrhoea virus (BVDV). The purpose of this study was to evaluate the circulation of viruses associated with

*Ambos autores contribuyeron por igual en este trabajo.

¹Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata, 60 y 118, 1900 La Plata, Argentina.

Correo electrónico: nicolasst@fcv.unlp.edu.ar

²Instituto de Virología, CICVyA, INTA, Buenos Aires, Argentina.

BRC in a beef herd, postweaning, doing a longitudinal assessment of serological tests. Moreover, clinical and hematological findings were described and compared. Thirty two animals between 5 to 7 months old, with no vaccination record, were selected for a daily evaluation of clinical signs consistent with BRC. Blood samples were taken on day 0 (weaning), +14 and +25 (when the study ended). No clinical manifestation of BRC was found and hematological parameters were within the reference range. At the beginning of this study, animals did not show BRSV-specific antibodies (Ab), whereas for the other viral agents the percentage of seropositive animals varied: 53% (BVDV1a), 31% (BPI3V), 25% (BVDV2) and 13% (BHV-1). On day +25, percentages of seropositive animals were 47% (BVDV1a), 50% (BPI3V), 19% (BVDV2), 25% (BHV-1) and 81% (BRSV). Seroconversion percentages for BRSV, BPI3V, BVDV1a and BHV-1 were 34%, 25%, 16% and 13% respectively. Furthermore, 66% of the animals seroconverted to one or more viruses. No seroconversion was observed for BVDV2 and BVDV1b. Thus, there is evidence of circulation and –in some cases– co-infection with BRC-associated viral agents during postweaning. At said production stage, conducting viral follow-up studies to identify and characterize circulating strains is key, particularly in relation to BRSV and PI3, which we have little information about in our country.

Keywords: BRC, postweaning, viruses, clinical, serology, hematology.

INTRODUCCIÓN

El complejo respiratorio bovino (CRB) es una de las principales entidades que producen pérdidas productivas en rodeos de cría, tambo y engorde a corral como consecuencia del aumento de las tasas de morbilidad y mortalidad, el incremento de los costos por tratamientos veterinarios y la disminución de parámetros productivos tales como la ganancia diaria de peso y el índice de conversión alimenticia (Hanzlicek *et al.*, 2010). El CRB resulta de una interacción multifactorial entre agentes infecciosos, estrés y susceptibilidad individual. Estos factores participan en la patogénesis y determinan su severidad (Cusack *et al.*, 2003). Entre los agentes infecciosos se incluyen el virus respiratorio sincicial bovino (bovine respiratory syncytial virus: bRSV), el virus parainfluenza 3 bovino (bovine parainfluenza virus type 3: BPIV3), el herpesvirus bovino tipo 1 (bovine herpes virus 1: BoHV1) y el virus de la diarrea viral bovina (bovine viral diarrhea virus: BVDV) y bacterias como *Histophilus somni*, *Mannheimia haemolytica* y *Pasteurella multocida*, entre otras (Caswell *et al.*, 2016).

En las explotaciones de cría convencionales de nuestro país el destete se realiza entre los 5 y 7 meses de edad, lo cual genera un alto nivel de estrés para el animal (Hickey *et al.*, 2003) y promueve a una mayor prevalencia de casos de enfermedad respiratoria (Hodgson *et al.*, 2012).

En Argentina los virus asociados al CRB se han identificado, mediante estudios transversales de seroprevalencia y por aislamiento, a partir de casos clínicos (Schudel, 1986; Bagnis *et al.*, 1999; Odeón *et al.*, 2001; Pidone *et al.*, 2012; Maidana *et al.*, 2012 y 2013, Pecora *et al.*, 2014, Ferella *et al.*, 2014, Alassia *et al.*, 2015). Sin embargo, son escasos los estudios longitudinales realizados con el objeto de determinar la relación de cada uno de los agentes virales con la presentación clínica de la enfermedad.

El objetivo de este trabajo fue evaluar mediante serología, la circulación de los virus involucrados en el CRB,

en terneros posdestete sin inmunizaciones previas, en un rodeo de cría de la provincia de Buenos Aires. En forma complementaria, se describieron y compararon los hallazgos clínicos y hematológicos en animales que presentaron seroconversión para al menos un agente viral, respecto de aquellos que no presentaron seroconversión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron 32 terneros, 12 machos y 20 hembras, clínicamente sanos, de entre 5 y 7 meses de edad, raza Aberdeen Angus pertenecientes a un establecimiento de cría bovina comercial ubicado en el partido de Magdalena, provincia de Buenos Aires. El establecimiento contaba con antecedentes de enfermedad clínica compatible con CRB. El rango de peso fue de 126 a 185 kilogramos. Los terneros incorporados al ensayo, al igual que sus madres, no habían recibido inmunizaciones previas para los agentes virales involucrados en el CRB.

El estudio se realizó durante los 25 días posteriores al destete. A lo largo de este período, los terneros permanecieron aislados en un potrero sin ingreso de otros animales. Este contaba con una superficie de 8 ha. La carga animal fue de 4 cabezas/ha y la dieta a base de pastura de raigrás (*Lolium perenne*). El día del destete fue considerado como el día 0. Durante el ensayo, se realizó la inspección clínica diaria a fin de detectar animales con signos compatibles con CRB. El cronograma de trabajo se presenta en la figura 1.

Para la evaluación clínica, los signos compatibles con CRB se clasificaron en: 1 (normales), 2 (leves), 3 (moderados) y 4 (graves), según Hanzlicek *et al.*, 2010. Se obtuvieron muestras de sangre, con y sin anticoagulante, por punción de la vena yugular para el análisis de los índices hematológicos (RBC: recuento de hematíes, Hto: hematocrito, Hb: hemoglobina, VCM: volumen corpuscular medio, HCM: hemoglobina corpuscular media, CHCM: concentra-

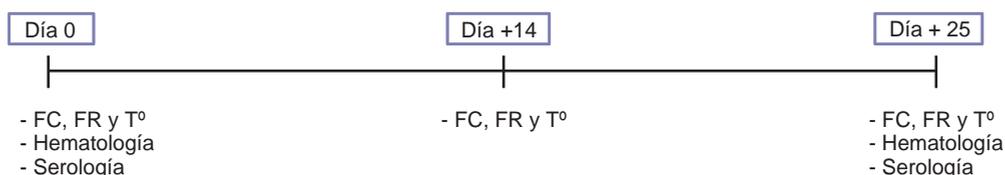


Figura 1. Cronograma de actividades realizado en 32 terneros durante los 25 días postdestete. FC: frecuencia cardíaca; FR: frecuencia respiratoria; T°: temperatura rectal.

FC: frecuencia cardíaca; FR: frecuencia respiratoria; T°: temperatura rectal.

ción de hemoglobina corpuscular media, LeT: leucocitos totales, NSA: neutrófilos segmentados fórmula absoluta, LiA: linfocitos totales fórmula absoluta, MoA: monocitos fórmula absoluta y N:L: relación neutrófilos linfocitos) y para la determinación de anticuerpos (Ac) específicos para los virus involucrados en el CRB. La determinación de Ac séricos

anti-bRSV y anti-BVDV (genotipos 1a, 1b y 2) se realizó mediante la técnica de seroneutralización viral (Samal *et al.*, 1993). La detección de Ac anti-BoHV1 y anti-BPIV3 se efectuó mediante la técnica de ELISA (Maidana *et al.*, 2013; Romera *et al.*, 2014). Se consideró seroconversión para BVDV y bSRV cuando, entre los muestreos de los

Parámetro	Trt	Tiempo			EEM	valor (P)		
		0	14	25		Trt	Tiempo	Trt x Tiempo
RBC	seroconvirtió	8260556	8251667	8190000	283557	0,72	0,83	0,63
	no-seroconvirtió	8274286	8163571	8458571				
Hto	seroconvirtió	29,4	29,2	28,6	1,06	0,58	0,92	0,48
	no-seroconvirtió	28,7	28,2	29,1				
Hb	seroconvirtió	10,3	10,2	10,2	0,33	0,37	0,42	0,51
	no-seroconvirtió	10	9,8	10,4				
VCM	seroconvirtió	36	36	35	0,66	0,18	0,74	0,79
	no-seroconvirtió	35	35	35				
HCM	Seroconvirtió	12,3	12,3	12,4	0,26	0,20	0,59	0,91
	no-seroconvirtió	12	12,1	12,3				
CHCM	seroconvirtió	35,1	34,6	35,5	0,44	0,90	0,36	0,50
	no-seroconvirtió	34,9	35	35,1				
LeT	seroconvirtió	7,7	7,9	7,8	0,64	0,48	0,52	0,83
	no-seroconvirtió	7,8	8,5	8				
NSA	seroconvirtió	202,5	452,4	451,5	95,06	0,12	<0,01	0,71
	no-seroconvirtió	66,1	276	424,8				
LiA	seroconvirtió	5,7	6,5	6,3	0,54	0,44	<0,01	0,85
	no-seroconvirtió	5,7	6,9	6,7				
MoA	seroconvirtió	325,7	373,9	294	57,63	0,60	0,13	0,18
	no-seroconvirtió	218,7	344,7	368,6				
N:L	seroconvirtió	0,3	0,2	0,2	0,67	0,23	0,28	0,31
	no-seroconvirtió	0,4	0,2	0,2				

Tabla 1. Hemograma completo en animales que seroconvirtieron/no seroconvirtieron a uno o más virus del complejo respiratorio bovino.

RBC: recuento de hematíes (millones/mm³); Hto: hematocrito (%); Hb: hemoglobina (g/dl); VCM: volumen corpuscular medio (fL); HCM: hemoglobina corpuscular media (pg), CHCM: concentración de hemoglobina corpuscular media (g/dl); LeT: leucocitos totales (miles/mm³); NSA: neutrófilos segmentados fórmula absoluta (miles/mm³); LiA: linfocitos fórmula absoluta (miles/mm³); MoA: monocitos fórmula absoluta (cantidad/mm³); N:L: relación neutrófilo linfocito; EEM: error estándar de la media; Trt: interacción tratamiento; Trt x Tiempo: interacción tratamiento por tiempo.

Virus	Tiempo ^a	% de animales seropositivos	Media geométrica de los títulos de Ac en animales seropositivos ^b	Rango de los títulos de Ac en animales seropositivos ^b
bRSV	0	0	-	-
	25	81	1,385	0,6-2,7
BPIV3	0	31	2,531	2,2-3,4
	25	50	2,52	2,2-2,8
BoHV1	0	13	2,158	1,6-2,8
	25	25	2,094	1,6-2,8
BVDV1a	0	53	0,9	0,9
	25	47	1,067	0,9-1,5
BVDV2	0	25	1,292	0,9-2,1
	25	19	1,229	0,9-2,1
BVDV1b	0	0	-	-
	25	0	-	-

Tabla 2. Títulos de anticuerpos (Ac) para BRSV, BPIV3, BoHV1, BVDV1a, BVDV2 y BVDV1b: media geométrica y rango. Porcentaje de animales seropositivos al día 0 y +25.

^aEl día 0 representa el día del destete; ^bExpresado como log₁₀.

días 0 y 25 se produjo un incremento de 4 veces o más en el título de Ac en base 2 (Fulton *et al.*, 2000). Para BoHV1 y BPIV3 se consideró seroconversión en los casos que los animales cambiaron su estatus de seronegativo a seropositivo o evidenciaron un ascenso de al menos 2 diluciones en base 4 entre muestreos.

El análisis estadístico se realizó mediante un modelo mixto dentro del paquete estadístico SAS (9.2). Se utilizó la seroconversión como variable respuesta con la cual se conformaron los grupos (seroconversión sí/no). El tiempo se consideró como medida repetida. Las diferencias para los parámetros hematológicos y clínicos (frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y temperatura) entre los grupos se analizaron mediante la opción PROC MIXED, incluyendo en el modelo a la seroconversión (sí/no), el tiempo (0, +14, +25) y a la interacción tiempo por tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período evaluado no se observaron animales con signos clínicos compatibles con CRB. La frecuencia respiratoria, cardíaca y la temperatura rectal se encontraron dentro del rango de referencia y no evidenciaron diferencias entre los grupos en ninguno de los días de muestreo (resultados no mostrados).

Si bien los índices hematológicos evaluados presentaron variaciones entre los diferentes momentos del muestreo, incluso fueron significativas para 2 de aquellos valores (NSA y LiA), en general se ubicaron dentro del rango normal. En ningún caso se observó diferencia entre los grupos seroconvertido y no seroconvertido (tabla 1).

Resultados similares han sido informados por Caswell *et al.* (2012) quienes mencionan las limitaciones del hemo-

grama como predictor de CRB además de la imposibilidad, en algunas circunstancias, de ser utilizado para diferenciar animales enfermos de CRB de clínicamente normales.

Los valores de seroprevalencia para cada uno de los virus al día 0 y +25 se muestran en la tabla 2.

Los valores oscilaron entre el 31-50% (BPIV3), 13-25% (BoHV1), 53-47% (BVDV1a), 25-19% (BVDV2) y 0-81% (bSRV).

Los resultados de seroprevalencia obtenidos para BVDV fueron similares a los informados para rodeos de cría en la bibliografía internacional (Sarrazin *et al.*, 2013). Del mismo modo, concuerdan con referencias locales que muestran un porcentaje de seropositividad para cepas de BVDV1a del 41,9% en animales de entre 6-12 meses de la provincia de Buenos Aires (Odeón *et al.*, 2001). En el presente estudio no se encontraron animales seropositivos para BVDV2 ni para la variante BVDV1b. Sin embargo, cabe destacar que un reciente estudio filogenético realizado en nuestro país muestra al subgenotipo 1b como reemergente y más frecuentemente aislado (Pecora *et al.*, 2014). La alta variabilidad antigénica dentro de este genotipo hace muy compleja la interpretación de los resultados serológicos mediante seroneutralización cruzada. Esto es debido a que un gran porcentaje de cepas aisladas clasificadas mediante genotipificación como BVDV1b presentan cruzamiento antigénico parcial contra cepas de BVDV1a. Por lo tanto, si bien no es posible determinar el genotipo de la cepa circulante en la población en estudio basándonos solamente en la evidencia serológica, los resultados muestran que se trataría de una cepa antigénicamente similar a BVDV1a.

Por su parte para BoHV1, estudios de vigilancia epidemiológica en otros países indican seroprevalencias muy

Título de Ac al día 0	Seroconversión (número de animales serovertidos/total) en cada dilución			
	bRSV	BVDV1a	BVDV2	BVDV1b
0,3	11/32	3/15	0/24	0/32
0,9	-	2/17	0/3	-
1,2	-	-	-	-
1,5	-	-	0/4	-
1,8	-	-	-	-
2,1	-	-	0/1	-

Tabla 3. Seroconversión para BRSV, BVDV1a, BVDV2 y BVDV1b al día +25 posdestete (número de animales seconvertidos/total) en función del título de anticuerpos para cada virus al día 0. ^aEl día 0 representa el día del destete.

variadas: 14-60% en África (Jones y Chowdhury, 2008). En nuestro estudio la prevalencia fue de 13% al destete y aumentó a 25% el día +25. Estos valores resultan cercanos a los reportados en nuestro país por Odeón *et al.* (2001), quienes para la categoría de animales entre 6 y 12 meses hallaron una seroprevalencia del 24,8%.

El comportamiento endémico de BPIV3 en las poblaciones bovinas con seroprevalencias cercanas al 100% en animales adultos ha sido documentado tanto a nivel local como mundial (Ellis, 2010; Maidana *et al.*, 2013). Nuestros resultados fueron algo inferiores, quizá debido a la categoría animal evaluada. Otros autores describen un aumento de seroprevalencia conforme lo hace la edad de los animales (Ellis, 2010).

El porcentaje de seropositividad para bSRV a nivel rodeo, si bien puede ser muy variado según el rango etario, ronda el 81% (Brodersen, 2010). Al comparar nuestros resultados (0% y 81%) con otras fuentes, vemos que las categorías ternero y novillo muestran seroprevalencias del 28% y 49% respectivamente (Brodersen, 2010). En contraparte, nuestros valores son más concordantes con fuentes locales, quienes para una categoría similar, pero en siste-

Título de Ac al día 0	Seroconversión (número de animales serovertidos/total) en cada dilución	
	BPIV3	BoHV1
0,3	8/22	4/28
1,6	-	0/1
2,2	0/5	0/2
2,8	0/4	0/1
3,4	0/1	-

Tabla 4. Seroconversión para BPIV3 y BoHV1 al día +25 posdestete (número de animales seconvertidos/total) en función del título de anticuerpos para cada virus al día 0. ^aEl día 0 representa el día del destete.

mas de engorde a corral, refieren una prevalencia del 79% (Ferella *et al.*, 2014). Es de destacar que ninguno de los animales evaluados presentó Ac al día 0 para este virus. Si bien la presencia de Ac neutralizantes no previenen la infección (Kimman *et al.*, 1988), se ha descrito que disminuyen la gravedad de la enfermedad. En nuestro contexto, la ausencia de Ac dejaría a los animales más vulnerables a la acción viral en un momento de estrés como el destete.

Las tablas 3 y 4 señalan el porcentaje de seroconversión de la población para cada uno de los virus a lo largo del ensayo así como también la relación entre el título al día del destete (día 0) y la seroconversión.

Al inicio del ensayo, el 69% y 100% de los animales resultaron seronegativos para BPIV3 y bRSV respectivamente. El porcentaje de animales con títulos inferiores a 1,6 (BoHV1) y 1,5 (BVDV1a) fue del 88% y 100% respectivamente. Estos títulos no serían protectores (Bolin y Ridpath, 1995). En nuestro país, González *et al.* (2013) encontraron valores similares aunque algo inferiores (77%) para ambos virus al momento del destete.

Animal	bRSV	BoHV1	BPIV3	BVDV1a
287*	x	x		
305	x			
393				x
395			x	
399**	x	x	x	
407			x	
413*		x		x
515	x			
433	x			
435	x			
440			x	
455			x	
495	x			
499*			x	x
507**	x	x	x	
544			x	
548				x
577	x			
624	x			
628	x			
674				x

Tabla 5. Animales que seroconvirtieron para uno o más de los virus involucrados en el complejo respiratorio bovino durante los 25 días post destete.

*Animales que seroconvirtieron a 2 virus; **Animales que seroconvirtieron a 3 virus; los puntos negros indican la ocurrencia de seroconversión.

Al analizar los índices de seroconversión, el 66% de los animales seroconvirtió a uno o más de los virus en estudio. El mayor porcentaje de seroconversión se observó para bSRV (34%), lo que difiere de los resultados negativos de otros estudios realizados en nuestro país en animales con y sin vacunación previa (González *et al.*, 2013). En la tabla 5 se detalla el patrón de seroconversión individual para cada agente viral. Cabe destacar que 5 animales (16%) presentaron seroconversión para más de uno de los virus, alertando acerca de la posible ocurrencia de coinfecciones en el período posdestete analizado.

Los resultados serológicos obtenidos en el establecimiento en estudio y durante el período evaluado indican la circulación de todos los agentes virales involucrados en el CRB. Sin embargo, no se identificaron animales con signos clínicos, por lo que se asume que las infecciones ocurridas fueron subclínicas. Estos resultados coinciden con los de otros autores quienes sostienen que las infecciones virales no acompañadas por infecciones bacterianas concurrentes resuelven completamente con o sin secuelas en el pulmón. En este sentido, las bacterias tendrían un rol fundamental en el desenlace clínico y fatal del CRB (Caswell *et al.*, 2012 y 2016).

Si bien todos los virus evaluados han sido estudiados en Argentina, los datos acerca de la seroprevalencia del bRSV son escasos. Bagnis *et al.* (1999) reportaron el primer aislamiento en el país, luego del cual no se dispone de otra información en rodeos bovinos. Por ello, en el caso de bRSV, resulta importante contar con datos de seroprevalencia y circulación viral en diferentes sistemas productivos. En nuestro estudio ningún animal presentó Ac anti-bRSV el día del destete, mientras que al día +25, el 81% de los animales resultaron seropositivos; bRSV fue el virus que presentó mayor incidencia. A pesar de que los animales resultaron seronegativos al destete, no se excluye la posibilidad de ocurrencia de infecciones previas, ya que la aparición de anticuerpos neutralizantes en terneros tiene lugar alrededor de los 14 días postinfección (Belknap *et al.*, 1995).

Por un lado, en cuanto a la fuente de infección de bSRV no está totalmente esclarecido cuáles serían los reservorios en las poblaciones bovinas (Brodersen, 2010). Algunos autores asocian la persistencia del virus con reinfecciones continuas (Valarcher *et al.*, 2001; Van der Poel *et al.*, 1993). Por otro lado, en los casos de establecimientos en los que no se registró introducción de animales nuevos, tal como como ocurrió en el presente estudio, se han propuesto tanto fuentes de transmisión indirecta (contacto con humanos o vectores no determinados) como de transmisión directa (posibilidad de contacto entre rodeos que pastorean en potreros contiguos (Hagglund *et al.*, 2006).

CONCLUSIONES

Sobre la base de los resultados presentados es evidente que, en el establecimiento en estudio, los terneros en el período posdestete resultan una categoría altamente susceptible a la infección por los virus del CRB. La ausencia de enfermedad clínica manifiesta, tal como lo ocurrido en

este estudio, podría ocasionar que el impacto de este tipo de infección sea subestimado. Cabe destacar además, que es en este período cuando muchas veces los animales son comercializados y transferidos a otros sistemas de engorde donde varios factores de riesgo favorecen el desenlace clínico y en ocasiones fatal de CRB.

Los presentes resultados señalan un punto de partida para futuras investigaciones orientadas a evaluar el impacto productivo de las infecciones respiratorias clínicas y subclínicas en rodeos de cría bovina y en sistemas de engorde a corral bovino de nuestro país.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Programa de Incentivos a Docentes Investigadores, UNLP, Proyecto 11/V248 y del Proyecto Específico PNSA-1115054 incluido en el Programa Nacional de Salud Animal, INTA.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLASSIA, M.; ANGELI, E.; AGUIRRE, F.; RUSSI, N.; TERNAVASIO, A.; PAZ, M.E.; GOLLAN, A. 2015. Virus respiratorio sincicial bovino: hallazgos a partir de un caso clínico de complejo respiratorio bovino en terneros en Sunchales, provincia de Santa Fe, Argentina. En: libro de resúmenes de las XLIII Jornadas uruguayas de Buiatría, Uruguay, pp. 189-191.
- BAGNIS, G.; GIRAUDO, J.; SUTIL, S.; TORRES, C.; MARTIN, V.; RAVIOLO, J.; SAVORETTI, C.; SABINI, L. 1999. Aislamiento y detección antigénica del Virus Sincicial Respiratorio Bovino en la Argentina. *Rev Med Vet.* 80 (3), 173-177.
- BELKNAP, E.B.; CISZEWSKI D.K.; BAKER, J.C. 1995. Experimental respiratory syncytial virus infection. *J Vet Diagn Invest.* 7, 285-298.
- BOLIN, S.R.; RIDPATH, J.F. 1995. Assessment of protection from systemic infection or disease afforded by low to intermediate titers of passively acquired neutralizing antibody against bovine viral diarrhoea virus in calves. *Am. J. Vet. Res.* 56, 755-759.
- BRODERSEN, B.W. 2010. Bovine Respiratory Syncytial Virus. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 26 (2), 323-333.
- CASWELL, J.L.; HEWSON, J.; SLAVIĆ, D.; DELAY, J.; BATEMAN, K. 2012. Laboratory and postmortem diagnosis of bovine respiratory disease. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 28 (3), 419-441.
- CASWELL, J.L.; WILLIAMS, K.J. 2016. Respiratory Sistem. En: Jubb Kennedy and Palmer's Pathology of Domestic Animals. 6th ed. Saunders Elsevier, Philadelphia, EUA, Ed Maxie MG. Vol 2, pp. 465-590.
- CUSACK, P.M.; MC MENIMAN, N.; LEAN, I.J. 2003. The medicine and epidemiology of bovine respiratory disease in feedlots. *Aust Vet J.* 81 (8), 480-487.
- ELLIS, J.A. 2010. Bovine parainfluenza-3 virus. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 26 (3), 575-593.
- FERELLA, A.; MARGINEDA, C.; SAMMARRUCO, A.; PEREZ AGUIRREBURUALDE, M.S.; GONZALEZ, D.; AZNAR, N.; DUS SANTOS, M.J.; PISCITELLI, H.; ZIELINSKI, G.; MOZGOVOJ, M. 2014. Estudio de seroprevalencia y factores de riesgo para el virus respiratorio sincicial bovino en feedlots de las provincias de Santa Fe y Córdoba. En: libro de resúmenes del II Congreso de la Socie-

dad Iberoamericana de Epidemiología Veterinaria y Medicina Preventiva (SIEVMP), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

FULTON, R.W.; PURDY, C.W.; CONFER, A.W.; SALIKI, J.T.; LOAN, R.W.; BRIGGS, R.E.; BURGE, L.J. 2000. Bovine viral diarrhoea viral infections in feeder calves with respiratory disease: interactions with *Pasteurella* spp., parainfluenza-3 virus, and bovine respiratory syncytial virus. *Can J Vet Res.* 64 (3), 151-159.

GONZALEZ, D.D.; VITTONI, J.S.; LADO, M.; BIOLATTO, A.; MOZGOVOJ, M.V.; FERELLA, A.; SAMMARRUCO, A.; MAIDANA, S.; ROMERA, S.A.; DUS SANTOS, M.J. 2013. Detection of antibodies against bovine Herpes virus 1, Bovine Viral Diarrhoea Virus and Bovine Respiratory Syncytial Virus in early and ultra-early weaned beef calves. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences.* 8 (4), 210-219.

HÄGGLUND, S.; SVENSSON, C.; EMANUELSON, U.; VALARCHER, J.F.; ALENIUS, S. 2006. Dynamics of virus infections involved in the bovine respiratory disease complex in Swedish dairy herds. *Vet J.* 172, 2847-2855.

HANZLICEK, G.A.; WHITE, B.J.; RENTER, D.G.; BLASI, D.A. 2010. A field study evaluating health, performance, and behavior differences in crossbred beef calves administered different vaccine-parasiticide product combinations. *Vaccine.* 28 (37), 5998-6005.

HICKEY, M.C.; DRENNAN, M.; EARLEY, B. 2003. The effect of abrupt weaning of suckler calves on the plasma concentrations of cortisol, catecholamines, leukocytes, acute-phase proteins and in vitro interferon-gamma production. *J. Anim Sci.* 81, 2847-2855.

HODGSON, P.D.; AICH, P.; STOOKEY, J.; POPOWYCH, Y.; POTTER, A.; BABIUK, L.; GRIEBEL, P.J. 2012. Stress significantly increases mortality following a secondary bacterial respiratory infection. *Vet Res.* 43, 21.

JONES, C.; CHOWDHURY, S. 2008. A review of the biology of bovine herpesvirus type 1 (BHV-1), its role as a cofactor in the bovine respiratory disease complex and development of improved vaccines. *Anim Health Res Rev.* 8 (2), 187-205.

KIMMAN, T.G.; ZIMMER, G.M.; WESTENBRINK, F.; MARS, J.; VAN LEEUWEN, E. 1988. Epidemiological study of bovine respiratory syncytial virus infections in calves: influence of maternal antibodies on the outcome of disease. *Vet Rec.* 123, 104-109.

MAIDANA, S.S.; LOMONACO, P.M.; COMBESSIES, G.; CRAIG, M.I.; DIODATI, J.; RODRIGUEZ, D.; PARREÑO, V.; ZABAL, O.; KONRAD, J.L.; CRUDELLI, G.; MAUROY, A.; THIRY, E.; ROMERA, S.A. 2012. Isolation and characterization of bovine parainfluenza virus type 3 from water buffaloes (*Bubalus bubalis*) in Argentina. *BMC Vet Res.* 8, 83.

MAIDANA, S.S.; FERRUFINO, C.; ROMERA, S.A. 2013. Desarrollo de un ELISA indirecto para cuantificar anticuerpos bovinos

contra Parainfluenza virus 3. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales.* 11, 81-92.

ODEÓN, A.C.; SPATH, E.J.A.; PALOMA, E.J.; LEUNDA, M.R.; FERNANDEZ SAINZ, I.J.; PÉREZ, S.E.; KAISER, G.G.; DRAGHI, M.G.; CETRÁ, B.M.; CANO, A. 2001. Seroprevalencia de la Diarrea Viral Bovina, Herpesvirus Bovino y Virus Sincicial Respiratorio en Argentina. *Revista de Medicina Veterinaria.* 82 (4), 216-220.

PECORA, A.; MALACARI, D.A.; RIDPATH, J.F.; PEREZ AGUIRREBURUALDE, M.S.; COMBESSIES, G.; ODEÓN, A.C.; ROMERA, S.A.; GOLEMB, M.D.; WIGDOROVITZ, A. 2014. First finding of genetic and antigenic diversity in 1b-BVDV isolates from Argentina. *Res Vet Sci.* 96 (1), 204-212.

PIDONE, C.L.; RIGANTI, J.G.; VALERA, A.R.; POLI, G.L.; RIDLEY, A.I.; FUENTEALBA, N.A.; ANTHONY, L.M.; BRION, C.; PEIREYRA, N.B.; GALOSI, C.M. 2012. Características biológicas de cepas de Herpesvirus bovino 1 y 5 utilizando el modelo experimental conejo. *Artículo de Investigación. In Vet.* 14 (1), 65.

ROMERA, S.A.; PUNTEL, M.; QUATTROCCHI, V.; DEL MÉDICO ZAJAC, P.; ZAMORANO, P.; BLANCO VIERA, J.; CARRILLO, C.; CHOWDHURY, S.; BORCA, M.V.; SADIR, A.M. 2014. Protection induced by a glycoprotein E-deleted bovine herpesvirus type 1 marker strain used either as an inactivated or live attenuated vaccine in cattle. *BMC Vet Res.* 8 (10), 8.

SAMAL, S.K.; PASTEY, M.K.; MCPHILLIPS, T.H.; MOHANTY, S.B. 1993. Bovine respiratory syncytial virus nucleocapsid protein expressed in insect cells specifically interacts with the phosphoprotein and the M2 protein. *Virology.* 193 (1), 470-473.

SARRAZIN, S.; VELDHIJS, A.; MÉROC, E.; VANGEEL, I.; LAUREYNS, J.; DEWULF, J.; CAIJ, A.B.; PIEPERS, S.; HOOYBERGHS, J.; RIBBENS, S.; VAN DER STEDE, Y. 2013. Serological and virological BVDV prevalence and risk factor analysis for herds to be BVDV seropositive in Belgian cattle herds. *Prev Vet Med.* 108 (1), 28-37.

SCHUDEL, A.A.; CARRILLO, B.J.; WYLER, R.; METZLER, A.E. 1986. Infections of calves with antigenic variants of bovine herpesvirus 1 (BHV-1) and neurological disease. *Zentralbl Veterinarmed B.* 33 (4), 303-310.

VALARCHER, J.F.; BOURHY, H.; LAVENU, A.; BOURGES-ABELLA, N.; ROTH, M.; ANDREOLETTI, O.; AVE, P.; SCHELCHER, F. 2001. Persistent infection of B lymphocytes by bovine respiratory syncytial virus. *Virology.* 291, 55-67.

VAN DER POEL, W.H.; KRAMP, J.A.; MIDDEL, W.G.; VAN OIRSCHOT, J.T.; BRAND, A. 1993. Dynamics of bovine respiratory syncytial virus infections: a longitudinal epidemiological study in dairy herds. *Archives of virology.* 133, 309-321.

Densificado higro-termo-mecánico de madera de *Gyrocarpus americanus*. Evaluación por ultrasonido

SOTOMAYOR CASTELLANOS, J.R.¹

RESUMEN

El aumento artificial de la densidad de la madera incrementa su resistencia mecánica y mejora sus propiedades higroscópicas. La investigación tuvo como objetivo densificar madera de *G. americanus* y evaluar el efecto del tratamiento en la densidad, la velocidad del ultrasonido y el módulo dinámico. Se realizaron pruebas de ultrasonido antes y después del tratamiento de densificado. Se diseñó un experimento de diferencias de medias entre las tres variables de respuesta medidas antes y después del tratamiento. El tratamiento se consideró el factor de variación. Para evaluar el tratamiento de densificado se calcularon el coeficiente de densificado y los índices de densificado, elástico y de calidad. Sus magnitudes fueron próximas a las reportadas en la bibliografía. El tratamiento de densificado incrementó la densidad de la madera y su módulo dinámico. En cambio, el densificado no modificó la velocidad del ultrasonido. Si se aumenta la densidad de la madera artificialmente, se puede incrementar la magnitud del módulo dinámico, lo que probablemente valore especies de baja densidad como lo es *G. americanus*.

Palabras clave: módulo dinámico, coeficiente de densificado, índice de densificado, índice de calidad, índice elástico.

ABSTRACT

The artificial increase of wood density augments its mechanical strength and improves its hygroscopic properties. The goal of the research was to densify *Gyrocarpus americanus* wood and to assess the effect of the higro-thermo-mechanical treatment in the wood density, the speed of ultrasound and the dynamic modulus. Ultrasound tests were performed before and after treatment densified. It was designed an experiment of differences of means between the variables of response and the derivative, before and after treatment. The treatment was considered the variation factor. To assess the treatment of densification they were calculated the coefficient of densification, the elastic index, the index of densification and the index of quality. Their magnitudes were close to those reported in the literature. The treatment increases the densified wood density and its dynamic module. Instead the densified does not change the speed of ultrasound. If the density of the wood is increased artificially, it can increase the magnitude of dynamic modulus, which probably valorize low density species as is *G. americanus*.

Keywords: Dynamic modulus, Coefficient of densification, Elastic index, Index of densification, Index of quality.

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. Correo electrónico: madera999@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

Las motivaciones contemporáneas para modificar la densidad de la madera son mejorar sus características tecnológicas naturales y desarrollar productos sustentables con valor agregado (Kamke, 2006; Macias *et al.*, 2011; Sandberg y Kutnar, 2016). En este sentido, la llegada al mercado de madera de baja densidad, proveniente de plantaciones comerciales de rápido crecimiento y la incorporación de madera de especies de nuevo aprovechamiento, igualmente de densidad baja, ha suscitado el desarrollo de procesos de producción e iniciativas de investigación acerca del comportamiento de la madera con densidad modificada (Blomberg *et al.*, 2005; Popescu *et al.*, 2014).

El aumento artificial de la densidad de la madera incrementa la resistencia mecánica, mejora sus propiedades higroscópicas y aumenta su resistencia al ataque de agentes biológicos (Boonstra y Blomberg, 2007; Macias *et al.*, 2011; Lesar *et al.*, 2013). No obstante, si la madera densificada se expone a la humedad, tiende a recuperar su forma original. Este fenómeno de recuperación geométrica es resultado principalmente de la liberación de esfuerzos incorporados durante el proceso de deshumidificado, calentado y deformado, propios del densificado (Navi y Heger, 2004).

El densificado de madera es el tratamiento por el cual su densidad es incrementada al reducir los espacios vacíos en los lúmenes del tejido leñoso. Este procedimiento se realiza por compresión mecánica, con impregnación de los lúmenes celulares con fluidos, o la combinación de compresión e impregnación (Kutnar y Šernek, 2007). Cuando se utilizan agua y calor para facilitar la compresión, se hace referencia al densificado higo-termo-mecánico (Navi y Girardet, 2000) del cual se ocupa esta investigación.

El tratamiento de densificado higo-termo-mecánico consiste en tres etapas: la primera es el suavizado de la pared

celular con la participación de humedad y calor; la segunda es la compresión perpendicular a la dirección de la fibra; la tercera consiste en fijar de manera permanente la deformación mediante el enfriado y secado de la madera. Los parámetros más importantes del tratamiento son la temperatura de suavizado, el tiempo de compresión y el nivel de deformación aplicados (Kutnar y Šernek, 2007; Li *et al.*, 2013; Rautkari *et al.*, 2013).

El ultrasonido es útil para observar el efecto de un tratamiento en una probeta de madera y poder observar su respuesta sin modificar de manera substancial su integridad física (Brémaud *et al.*, 2011). De tal suerte, que el efecto de un tratamiento, en este caso de densificado, puede ser evaluado en una muestra común de madera antes y después del tratamiento.

Existe poca información tecnológica de la madera de *Girocarpus americanus* Jacq. y se le estigma como una especie con pocas perspectivas de empleo a nivel industrial (Cordero y Boshier, 2003). El Banco FITECMA de características físico-mecánicas de maderas mexicanas (Sotomayor, 2015) reporta una densidad de 391 a 410 kg/m³ y un módulo dinámico por ultrasonido entre 5596 y 7884 MPa. No se encontraron trabajos publicados que estudien el efecto del densificado sobre el módulo dinámico de la madera *G. americanus* evaluado por ultrasonido.

El objetivo de la investigación fue densificar madera de *G. americanus* y evaluar el efecto del tratamiento en la densidad, la velocidad del ultrasonido y el módulo dinámico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron piezas aserradas de madera de *G. americanus* en el estado de Michoacán, México, y se prepararon 35 probetas con sección de 0.02 m x 0.02 m de sección

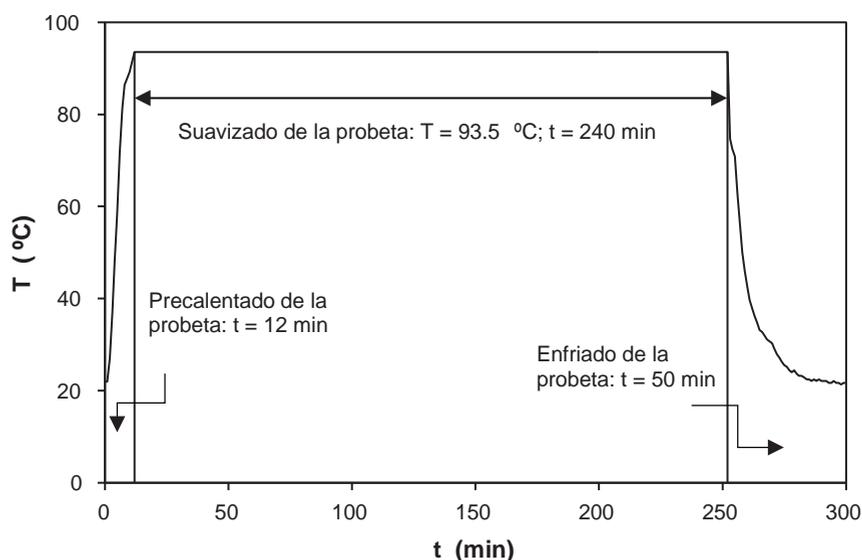


Figura 1. Diagrama temperatura-tiempo del suavizado y prensado de la madera.

Fuente de información: elaborado para la presente edición.

transversal y de 0.32 m de longitud, adecuando la norma ISO 3129:2012 (International Organization for Standardization, 2012). Las probetas se elaboraron solamente con madera de albura y se revisó que estuviesen libres de anomalías de crecimiento. Las probetas estuvieron orientadas en las direcciones radial, tangencial y longitudinal respecto al plano leñoso. La madera se acondicionó durante 24 meses en una cámara con una temperatura de 20 °C (± 1 °C) y una humedad relativa del aire de 65 % ($\pm 2\%$) hasta que alcanzó un peso constante.

La estrategia de investigación consistió en determinar antes y después del tratamiento de densificado, la densidad de la madera y realizar pruebas de ultrasonido igualmente antes y después del densificado. Posteriormente, fueron evaluados el coeficiente de densificado y los índices de densificado, elástico y de calidad. A continuación, los parámetros se identifican con el subíndice “us” por ser derivados de pruebas de ultrasonido.

El tratamiento de densificado consistió en hidratar la madera en un baño de agua con una temperatura de 20 °C durante 72 horas. Posteriormente, las probetas se suavizaron durante 4 horas en un baño de agua caliente con una temperatura de 93,5 °C. El diagrama de temperatura-tiempo se muestra en la figura 1.

Inmediatamente después, se procedió al prensado de dos probetas a la vez, empleando un dispositivo de densificado fabricado *ad-hoc* (figura 2) el cual se posicionó en una máquina universal de pruebas mecánicas *Tinius-Olsen*®. La velocidad de desplazamiento de la carga fue de 1 mm/min. El tiempo de cerrado del dispositivo de densificado fue de 15 min. Durante las pruebas, se registró el diagrama carga-desplazamiento y la prueba terminó cuando se alcanzó la tasa de compresión objetivo de 56%.

El dispositivo de densificado consistió en dos placas de acero dulce con orificios para colocar pernos, los cuales sirvieron para mantener la deformación de las probetas en

las etapas de moldeado y estabilizado. En la placa inferior se colocaron barras circundantes de 0,006 m de espesor por 0,013 m de base. Las barras funcionaron como soporte y control de la deformación cuando esta alcanzó la tasa de compresión objetivo. Las barras ayudaron a sostener constante la deformación de las probetas y a conservar su temperatura durante las etapas de comprimido, moldeado y estabilizado.

A continuación, las probetas se moldearon durante 24 horas manteniéndolas prensadas con el dispositivo de densificado al interior de un horno de aire seco con una temperatura de 80 °C. Finalmente, las probetas junto con las placas se estabilizaron durante 60 días en una cámara de acondicionamiento con una temperatura de 20 °C (± 1 °C) y con una humedad relativa del aire de 65 % ($\pm 2\%$), hasta que su peso fue constante. Una vez la madera densificada y acondicionada, se procedió a realizar una segunda ronda de pruebas de ultrasonido.

El coeficiente de densificado se calculó con la fórmula (Blomberg *et al.*, 2005):

$$\lambda_{us} = \left(\frac{\rho_{ad} - \rho_{dd}}{\rho_{ad}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Donde:

λ_{us} = Coeficiente de densificado (%)

ρ_{ad} = Densidad de la probeta antes densificado (kg/m³)

ρ_{dd} = Densidad de la probeta después densificado (kg/m³)

El contenido de humedad al momento del ensayo (CH) se determinó con un grupo complementario de 35 probetas por la diferencia de pesos de acuerdo a la norma ISO 13061-2:2014 antes y después del densificado. La determinación de la densidad al momento del ensayo (ρ_{CH}) se calculó con la relación entre el peso al momento de las pruebas y el volumen correspondiente adecuando la norma ISO 13061-1:2014.

Las pruebas de ultrasonido consistieron en suministrar un impulso ultrasónico en transmisión directa a lo largo de la probeta (dirección longitudinal) con el aparato marca *concept-bois-technologie*, modelo *Sylvatest* (22 kHz de frecuencia de emisión), Saint-Sulpice, Suiza. (figura 3). De esta forma se midió el tiempo de transmisión de la onda en la dirección longitudinal. Con la longitud de las probetas y el tiempo de transmisión del ultrasonido, se calculó la velocidad de transmisión del ultrasonido.

El módulo dinámico se calculó con la fórmula (Pellerin y Ross, 2002):

$$E_{us} = V_{us}^2 \rho_{CH} \quad (2)$$

Donde:

E_{us} = Módulo dinámico (MPa)

v_{us} = Velocidad del ultrasonido (m/s)

ρ_{CH} = Densidad de la madera a un contenido de humedad CH (kg/m³)

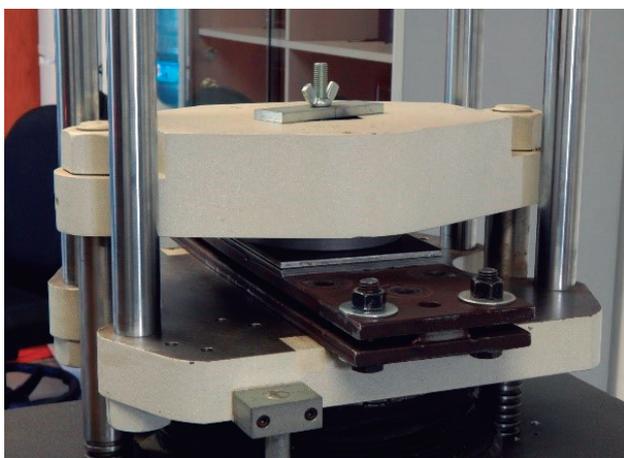


Figura 2. Dispositivo de densificado en la máquina universal.
Fuente de información: elaborado para la presente edición.

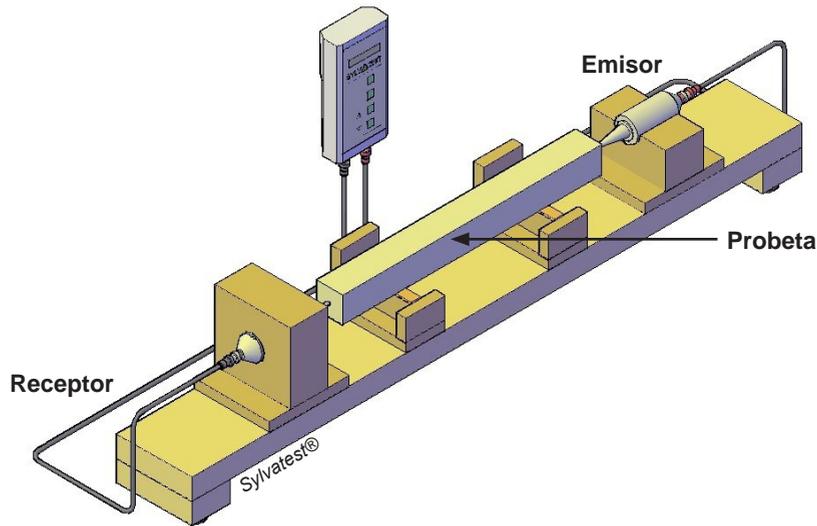


Figura 3. Dispositivo para pruebas de ultrasonido.
Fuente de información: elaborado para la presente edición.

Para la determinación del módulo dinámico antes y después de densificado, empleando la ecuación (2), se utilizaron las densidades correspondientes antes y después densificado.

Para fines de análisis de la calidad del densificado, el índice de densificado fue calculado con la fórmula (Blomberg *et al.*, 2005):

$$I_p = \frac{\rho_{dd}}{\rho_{ad}} \tag{3}$$

Donde:

- I_p = índice de densificado
- ρ_{dd} = Densidad después de densificado (kg/m³)
- ρ_{ad} = Densidad antes de densificado (kg/m³)

El índice elástico fue calculado con la fórmula (Blomberg *et al.*, 2005):

$$I_E = \frac{E_{us\ dd}}{E_{us\ ad}} \tag{4}$$

Donde:

- I_E = Índice elástico
- $E_{us\ dd}$ = Módulo dinámico después de densificado (Pa)
- $E_{us\ ad}$ = Módulo dinámico antes de densificado (Pa)

El índice de calidad fue calculado con la fórmula (Blomberg *et al.*, 2005):

$$Q_p = \frac{I_p}{I_E} \tag{5}$$

Donde:

- Q_p = Índice de calidad
- I_p = índice de densificado
- I_E = Índice elástico

Diseño experimental

Las variables de respuesta fueron la densidad y la velocidad del ultrasonido. El módulo dinámico, el coeficiente de densificado y los índices de densificado, elástico y de calidad, fueron variables derivadas. Para todas ellas, se calcularon los estadísticos sesgo y el apuntamiento. Cuando las pruebas de normalidad verificaron la normalidad de la distribución de cada muestra, se calcularon la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

Para las variables densidad, velocidad del ultrasonido y módulo dinámico se diseñó un experimento siguiendo las recomendaciones de (Gutiérrez y De la Vara, 2012). El experimento consistió en pruebas *t* de Student para muestras independientes de diferencias de medias para un nivel de confianza de 95%. El tratamiento de densificado se consideró el factor de variación. La hipótesis nula $H_0: \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 0$ se contrastó con la hipótesis alterna $H_A: \bar{X}_1 - \bar{X}_2 \neq 0$. Los sub-índices 1 y 2 representan el valor de las variables para cada una de los dos estados de la madera: antes densificado y después densificado.

Adicionalmente, para las variables velocidad de onda y módulo dinámico se calcularon las regresiones lineales y sus coeficientes de determinación, en función de la den-

sidad antes del densificado y después del densificado. Se efectuaron pruebas con 35 réplicas (probetas por especie), totalizando 70 muestras observadas para cada una de las variables de respuesta. Los cálculos estadísticos fueron realizados con el programa Statgraphics®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La recopilación de los datos de los diagramas carga-desplazamiento registrados durante el prensado de las 35 probetas, se presenta en la figura 4 en forma de relación esfuerzo-deformación. Su perfil es semejante al obtenido nu-

méricamente por Aimene y Nairn (2015) empleando un modelo material de comportamiento hiper-elástico-plástico. Los resultados mostrados en la figura 4 son igualmente cercanos a las magnitudes del esfuerzo y la deformación reportados por Kutnar y Šernek (2007) y Sandberg y Navi (2007). Como existen valores iguales o similares, por un efecto de escala, aparentemente en el gráfico no se muestran todos los datos. Los puntos negros corresponden a 330 mediciones.

En la figura 4 se observa una zona de deformación elástica que corresponde a las pruebas normalizadas para caracterizar el comportamiento elástico de la madera. Enseguida se percibe una zona plástica, y finalmente, se dis-

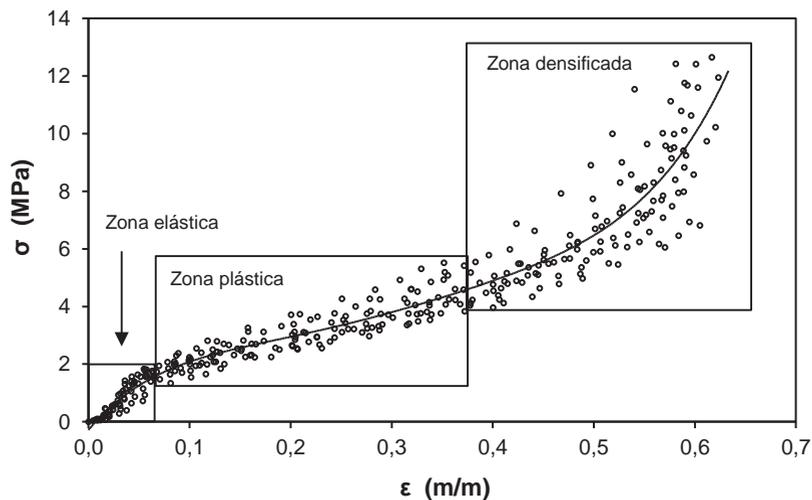


Figura 4. Relación esfuerzo-deformación del densificado.

Fuente de información: elaborado para la presente edición.

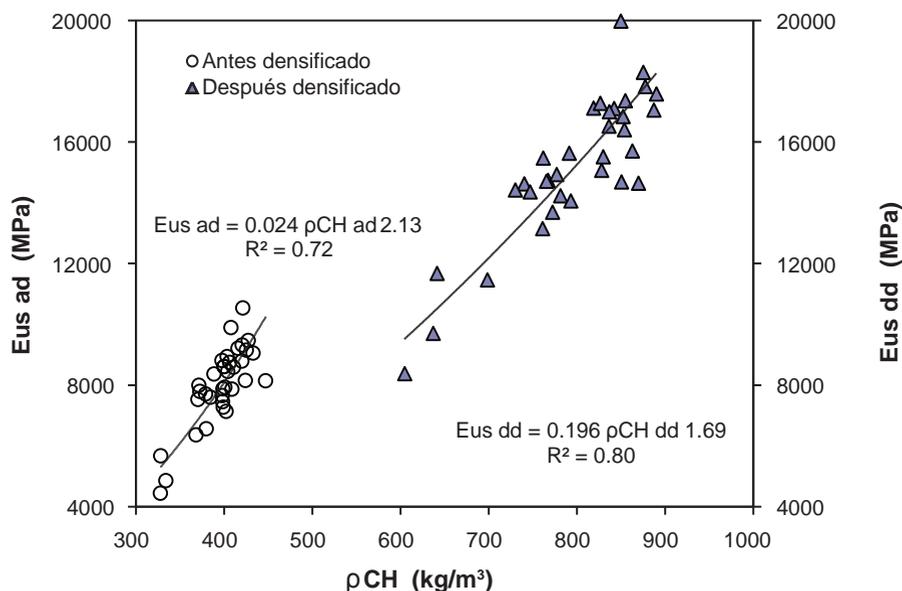


Figura 5. Dispersión del módulo dinámico en función de la densidad.

Fuente de información: elaborado para la presente edición.

Variable de respuesta	Sesgo	Apuntamiento
ρ_{CH} ad	-1.21012	1.15627
v_{us} ad	-1.1661	1.74515
E_{us} ad	-1.09479	1.50668
ρ_{CH} dd	-1.42625	0.704747
v_{us} dd	-1.08587	1.03204
E_{us} dd	-1.32714	1.47169
λ_{us}	-0.188572	-0.488318
I_p	0.190428	-0.564011
I_E	0.866693	-0.550436
Q_q	1.09089	0.485307

Tabla 1. Sesgo y apuntamiento de las variables de respuesta.

Fuente de información: elaborado para la presente edición.

CH = Contenido de humedad; ρ_{CH} = Densidad; v_{us} = Velocidad del ultrasonido; E_{us} = Módulo dinámico; λ_{us} = Coeficiente de densificado; I_p = Índice de densificado; I_E = Índice elástico; Q_q = Índice de calidad; ad = Antes densificado; dd = Después densificado.

tingue la zona densificada, en la cual la deformación es permanente. El esfuerzo aplicado en la zona densificada es superior al esfuerzo en el límite elástico y provoca una deformación ocasionada por el reacomodo y compactado del tejido celular de la madera, de tal forma, que se incrementa la relación peso/volumen y se densifica la madera.

El tratamiento de densificado en la madera de *G. americanus* alcanzó un coeficiente de densificado de 50,3% (tabla 2), valor intermedio para los coeficientes reportados por Skyba *et al.* (2009) quienes densificaron madera de *Picea abies* a un coeficiente de densificado de 70% y para *Fagus sylvatica* de 45%. Los autores opinan que el coeficiente de densificado apropiado es particular para cada especie y es resultado de la temperatura, de la humedad y del tiempo utilizados en el tratamiento.

Los resultados de las pruebas de sesgo y apuntamiento verificaron la normalidad de las distribuciones de las variables de respuesta (tabla 1). Los resultados de las pruebas

de diferencias de medias verificaron el efecto del tratamiento de densificado sobre la densidad de madera ($P < 0,0001$, $\alpha = 0,05$) y el módulo dinámico ($P < 0,0001$, $\alpha = 0,05$) de *G. americanus*. Sin embargo, el densificado no modificó la velocidad del ultrasonido ($P = 0,0691$, $\alpha = 0,05$).

La magnitud del contenido de humedad, antes y después del densificado, de la madera de *G. americanus* varió 4,2% y sus coeficientes de variación se diferenciaron 1,2% (tabla 2). De tal forma, que se consideró que este parámetro fue casi constante en las probetas y no influyó en los resultados.

Después del densificado, la densidad de la madera se incrementó 101,5%; la velocidad disminuyó 2,5% y el módulo dinámico aumentó 91,8% (tabla 2). Este argumento coincide con las conclusiones reportadas por Ulker *et al.* (2012) quienes densificaron madera de *Pinus sylvestris* ($\rho_{CH} = 430$ kg/m³, CH = 12%) y reportan incrementos en la densidad de la madera de 92,9% y en su módulo de elasticidad estático de 114%. Igualmente, este corolario concuerda con los resultados de Fang *et al.* (2012), quienes densificaron madera de *Populus tremuloides* ($\rho_{CH} = 388$ kg/m³, CH = 12%) y *Populus maximowiczii* × *Populus balsamifera* ($\rho_{CH} = 3484$ kg/m³, CH = 12%) y reportan que su módulo de elasticidad estático aumentó 60% cuando se densificó la madera.

Las magnitudes de los índices de densificado, elástico y de calidad (tabla 3) fueron próximos a los reportados en la bibliografía (Kutnar *et al.*, 2008; Skyba *et al.*, 2009; Ulker *et al.*, 2012). El índice de densificado representó la ganancia en la magnitud de la densidad de la madera y el índice elástico interpretó el incremento de los módulos dinámicos después y antes del densificado. Ambos indicadores son proporcionales para la madera de *G. americanus* (tabla 3). La bibliografía (Kutnar *et al.*, 2008; Skyba *et al.*, 2009; Ulker *et al.*, 2012) reporta que estos parámetros son diferentes para cada especie y según las condiciones de ensayo en cada tratamiento.

Por su parte, el índice de calidad combina la ganancia entre la densidad y el módulo dinámico. Un paradigma en ciencias, ingeniería y tecnología de la madera propone que el módulo de elasticidad de la madera es proporcional a su densidad (Niklas y Spatz, 2010). Si se aumenta la densidad de la madera artificialmente, se puede inferir una ganancia

	CH (%)	ρ_{CH} (kg/m ³)	v_{us} (m/s)	E_{us} (MPa)	CH (%)	ρ_{CH} (kg/m ³)	v_{us} (m/s)	E_{us} (MPa)	λ_{us} (%)
	Antes densificado				Después densificado				
\bar{X}	12.21	397	4476	8012	11.7	800	4366	15365	50.3
σ	1.41	27.73	273	1295	0.95	73.14	224	2534	1.94
CV	12.0	6.99	6.11	16.16	10.8	9.15	5.13	16.49	3.85

Tabla 2. Contenido de humedad, densidad, velocidad del ultrasonido, módulo dinámico, antes y después densificado de madera de *G. americanus*.

Fuente de información: elaborado para la presente edición.

CH = Contenido de humedad; ρ_{CH} = Densidad; v_{us} = Velocidad del ultrasonido; E_{us} = Módulo dinámico; λ_{us} = Coeficiente de densificado; = Media; σ = Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación en por ciento.

Esta investigación (2016)	I_p	I_E	Q_q
<i>Gyrocarpus americanus</i>			
\bar{X}	2.01	1.92	0.95
μ	0.079	0.085	0.044
CV	3.90	4.40	4.57
<i>Populus deltoides</i> x <i>Populus trichocarpa</i>			
Kutnar <i>et al.</i> (2008)	1.66	1.38	0.83
<i>Picea abies</i>			
Skyba <i>et al.</i> (2009)	3.52	2.29	0.65
<i>Fagus sylvatica</i>			
Skyba <i>et al.</i> (2009)	1.75	1.19	0.68
<i>Pinus sylvestris</i>			
Ulker <i>et al.</i> (2012)	1.84	1.11	0.61

Tabla 3. Índices de densificado, elástico y de calidad para madera de *G. americanus* y resultados de la bibliografía.

Fuente de información: elaborado para la presente edición.

I_p = Índice de densificado; I_E = Índice elástico; Q_q = Índice de calidad; \bar{X} = Media; μ = Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación en por ciento.

cia en la magnitud del módulo dinámico. Este argumento probablemente ayude para la valorización de especies de baja densidad, como lo es *G. americanus* (Sotomayor y Ramírez, 2014) y la aceptación de madera proveniente de plantaciones comerciales de rápido crecimiento. De esta

forma, el densificado de la especie en estudio puede ayudar a cambiar su baja apreciación como material en la industria de la madera, de acuerdo con Cordero y Boshier (2003).

Después del tratamiento, el coeficiente de variación de la densidad de la madera aumentó 31%, el de la velocidad del ultrasonido disminuyó 16% y el del módulo dinámico aumentó 2% (tabla 2). De aquí se deriva que la densidad de la madera es más sensible al tratamiento, en comparación con la velocidad del ultrasonido. Por su parte, el módulo dinámico considerada variable derivada (fórmula 2) sintetiza la variabilidad de la densidad y de la velocidad del ultrasonido. En este caso de estudio, se experimentó solo una especie. Sin embargo, cada probeta mostró diferente densidad. Esta característica es un indicador de la variación de la estructura anatómica de la madera (Hofstetter y Gamstedt, 2009) y de la de sus componentes químicos, los cuales se transforman y modifican las propiedades mecánicas de la madera, particularmente cuando es expuesta a tratamientos térmicos (Kačíková *et al.*, 2013).

La dispersión de las velocidades del ultrasonido antes y después del densificado en función de la densidad de la madera fue muy amplia y con bajos coeficientes de determinación de regresiones de modelos exponenciales para un nivel de significación del 95% (figura 5). Resultado que sugiere que la densidad de la madera sin densificar y densificada no es un buen predictor de la velocidad del ultrasonido. En contraste, las regresiones de los módulos dinámicos antes y después del densificado, en función de la densidad de la madera (figura 6), exhibieron altos coeficientes de determinación, resultados que confirman a la densidad de la madera como el parámetro físico que controla su resistencia mecánica (Niklas y Spatz, 2010).

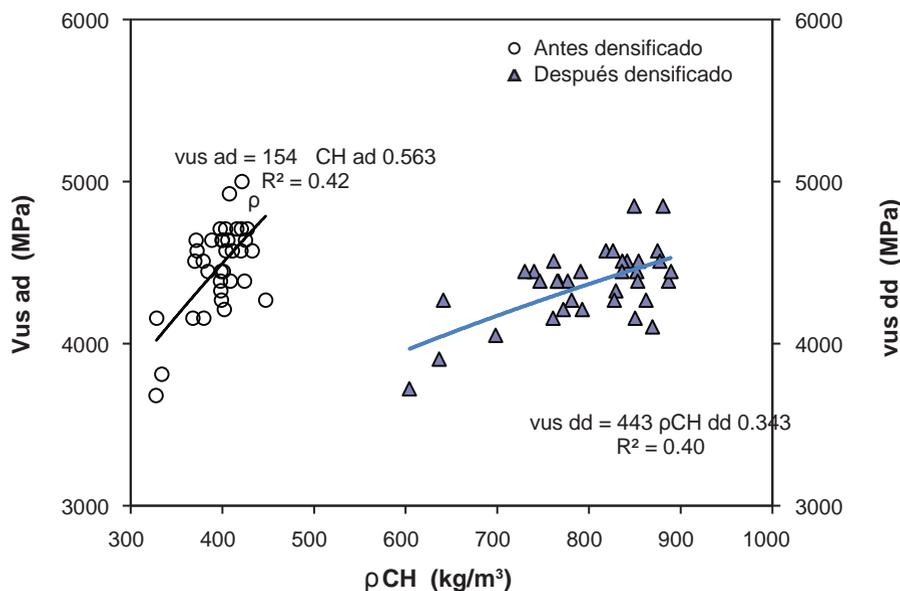


Figura 6. Velocidad del ultrasonido en función de la densidad.

Los valores promedio de los coeficientes de variación obtenidos para las características investigadas fueron compatibles con los reportados en la literatura con experimentos similares desarrollados en madera de *G. americanus* (Sotomayor, 2014).

CONCLUSIONES

Se densificó madera de *G. americanus*. Los índices de calidad del tratamiento higro-termo-mecánico permiten concluir que es eficaz para aumentar la densidad de la madera.

El densificado de madera de *G. americanus* incrementó su densidad y su módulo dinámico. En cambio, la velocidad del ultrasonido no varió significativamente entre la madera sin densificar y densificada.

En perspectiva, la madera de *G. americanus* es potencialmente candidata al tratamiento de densificado para mejorar, la densidad de la madera y el módulo dinámico.

AGRADECIMIENTOS

La investigación fue patrocinada por el Consejo Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán, México y por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.

BIBLIOGRAFÍA

- AIMENE, Y.E.; NAIRN, J.A. 2015. Simulation of transverse wood compression using a large-deformation, hyperelastic-plastic material model. *Wood Science and Technology* 49(1): 21-39.
- BRÉMAUD, I.; GRIL, J.; THIBAUT, B. 2011. Anisotropy of wood vibrational properties: dependence on grain angle and review of literature data. *Wood Science and Technology* 45(4): 735-754.
- BLOMBERG, J.; PERSSON, B.; BLOMBERG, A. 2005. Effects of semi-isostatic densification of wood on the variation in strength properties with density. *Wood Science and Technology* 39(5): 339-350.
- BOONSTRA, M.J.; BLOMBERG, J. 2007. Semi-isostatic densification of heat-treated Radiata pine. *Wood Science and Technology* 41(7): 607-617.
- CORDERO, J.; BOSHIER, D.H. 2003. Árboles de Centroamérica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, p. 1091.
- GUTIÉRREZ PULIDO, H.; DE LA VARA SALAZAR, R. 2011. Análisis y diseño de experimentos. McGraw-Hill. México, p. 564.
- HOFSTETTER, K.; GAMSTEDT, E.K. 2009. Hierarchical modeling of microstructural effects on mechanical properties of wood. A review. *Holzforschung* 63(2): 130-138.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). 2012. ISO 3129:2012. Wood-Sampling methods and general requirements for physical and mechanical tests. International Organization for Standardization. Bruselas, p. 9.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). 2014a. ISO 13061-1:2014. Physical and mechanical properties of wood. Test methods for small clear wood specimens. Part 1: Determination of moisture content for physical and mechanical tests. International Organization for Standardization. Bruselas, p. 4.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). 2014b. ISO 13061-2:2014. Physical and mechanical properties of wood. Test methods for small clear wood specimens. Part 2: Determination of density for physical and mechanical tests. International Organization for Standardization. Bruselas, p. 5.
- KAČÍKOVÁ, D.; KAČÍK, F.; ČABALOVÁ, I.; ĐURKOVIČ, J. 2013. Effects of thermal treatment on chemical, mechanical and colour traits in Norway spruce wood. *Bioresource Technology* 144: 669-674.
- KAMKE, F.A. 2006. Densified Radiata pine for structural composites. *Maderas. Ciencia y Tecnología* 8(2): 83-92.
- KUTNAR, A.; KAMKE, F.A. 2013. Transverse compression behavior of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) in saturated steam environment. *European Journal of Wood Products* 71(4): 443-449.
- KUTNAR, A.; KAMKE, F.A.; SERNEK, M. 2008. The mechanical properties of densified VTC wood relevant for structural composites. *Holz Roh Werkst* 66(6): 439-446.
- KUTNAR, A.; KAMKE, F.A.; SERNEK, M. 2009. Density profile and morphology of viscoelastic thermal compressed wood. *Wood Science and Technology* 43(1): 57-68.
- KUTNAR, A.; ŠERNEK, M. 2007. Densification of wood. *Zbornik gozdarstva in lesarstva* 82: 53-62.
- LESAR, B.; HUMAR, M.; KAMKE, F.A.; KUTNAR, A. 2013. Influence of the thermo-hydro-mechanical treatments of wood on the performance against wood-degrading fungi. *Wood Science and Technology* 47(5): 977-992.
- LI, L.; GONG, M.; YUAN, N.; LI, D. 2013. An Optimal Thermo-Hydro-Mechanical Densification (THM) Process for Densifying Balsam Fir Wood. *BioResources* 8(3): 3967-3981.
- MACIAS, N.; KNOWLES, C.; KAMKE, F.; KUTNAR, A. 2011. Commercialization potential of viscoelastic thermal compressed wood: insights from the US Forest Products Industry. *Forest Products Journal* 61(7): 500-509.
- NAVI, P.; GIRARDET, F. 2000. Effects of thermo-hydro-mechanical treatment on the structure and properties of wood. *Holzfor-schung* 54(3): 287-293.
- NAVI, P.; HEGER, F. 2004. Combined Densification and Thermo-Hydro-Mechanical Processing of Wood. *MRS Bulletin* 29(5): 332-336.
- NIKLAS, K.J.; SPATZ, H.C. 2010. Worldwide correlations of mechanical properties and green wood density. *American Journal of Botany* 97(10): 1587-1594.
- PELLERIN, R.F.; ROSS, R.J. 2002. *Nondestructive Evaluation of Wood*. Forest Products Society. Madison. 210 p.
- POPESCU, M.C.; LISA, G.; FROIDEVAUX, J.; NAVI, P.; POPESCU, C.M. 2014. Evaluation of the thermal stability and set recovery of thermo-hydro-mechanically treated lime (*Tilia cordata*) wood. *Wood Science and Technology* 48(1): 85-97.
- RAUTKARI, L.; LAINE, K.; KUTNAR, A.; MEDVED, S.; HUGHES, M. 2013. Hardness and density profile of surface densified and thermally modified Scots pine in relation to degree of densification. *Journal of Materials Science* 48(6): 2370-2375.
- SANDBERG, D.; KUTNAR, A. 2016. Thermally modified timber: recent developments in Europe and North America. *Wood and Fiber Science* 48(1): 28-39.
- SANDBERG, D.; NAVI, P. 2007. Introduction to Thermo-hydro-mechanical (THM) Wood Processing. Växjö University. Växjö, p. 177.
- SKYBA, O.; SCHWARZE, F.; NIEMZ, P. 2009. Physical and mechanical properties of thermo-hydro-mechanically (THM)-densified wood. *Wood Research* 54(2): 1-18.

SOTOMAYOR CASTELLANOS, J.R. 2015. Banco FITECMA de características físico-mecánicas de maderas mexicanas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, p. 69.

SOTOMAYOR CASTELLANOS, J.R. 2014. Caracterización mecánica de la madera con métodos no destructivos. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, p. 339.

SOTOMAYOR CASTELLANOS, J.R.; RAMÍREZ PÉREZ, M. 2014. Características físicas de 12 maderas mexicanas. Investigación e Ingeniería de la Madera 10(1): 4-35.

ULKER, O.; IMIRZI, O.; BURDURLU, E. 2012. The effect of densification temperature on some physical and mechanical properties of scots pine (*Pinus sylvestris* L.). BioResources 7(4): 5581-5592.

Carnívoros en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires: ecología y conflictos con los ganaderos

CARUSO, N.^{1,2}; LUENGOS VIDAL, E.M.^{1,3}; LUCHERINI, M.^{1,2}; GUERISOLI, M.^{1,2}; MARTINEZ, S.¹; CASANAVE, E.B.^{1,3}

RESUMEN

El rol fundamental que cumplen los carnívoros silvestres en los ecosistemas está siendo amenazado en todo el mundo por la persecución por parte del hombre y por la alteración del hábitat. El sudoeste bonaerense es una región altamente modificada por el avance de la frontera agrícola-ganadera y en la cual, en los últimos años, han aumentado los registros de depredación de animales domésticos por parte de los carnívoros. El estudio en paralelo de la ecología de estas especies y sus conflictos con la producción ganadera es clave para encontrar soluciones que minimicen el impacto de los carnívoros sobre la economía regional sin perjudicar su papel ecológico.

En los partidos de Villarino y Patagones se colocaron cámaras trampa para estudiar los factores que afectan la distribución de las cuatro especies de carnívoros más comunes (puma, *Puma concolor*, gato montés, *Leopardus geoffroyi*; zorro pampeano, *Pseudalopex gymnocercus*; zorrino, *Conepatus chinga*) y se realizaron entrevistas semiestructuradas y talleres participativos para analizar el conflicto humano-carnívoros. Entre los años 2008 y 2015, se monitorearon 49 sitios a través del trapeo fotográfico y se caracterizó el área de estudio en 12 variables relacionadas con el grado de perturbación antrópica, la composición del paisaje y su nivel de fragmentación. Se completaron además 193 entrevistas y cuatro talleres. Para las entrevistas se utilizó un cuestionario focalizado en aspectos socioeconómicos y de manejo de los campos, y en los talleres se buscó un consenso grupal respecto de la relevancia de los diferentes factores que afectarían el conflicto humano-carnívoros.

La aplicación de modelos lineales generalizados a los datos de trapeo fotográfico determinó que el uso del hábitat de los carnívoros sería influenciado por la alteración de los ambientes naturales de la región. El zorro y el zorrino fueron las especies con una mayor adaptabilidad, mientras que el puma y el gato montés serían más sensibles a las modificaciones del ecosistema. El puma evitaría los sitios altamente modificados, prefiriendo aquellos naturales. El 47% y 55% de los entrevistados reportaron pérdidas por el puma y el zorro, respectivamente, en el transcurso del año anterior y el 95,3% consideró los carnívoros perjudiciales para las actividades productivas regionales. Los participantes de los talleres identificaron un posible aumento de los conflictos relacionado con la disminución de personas en los campos. Si bien la caza ilegal de algunas especies es la respuesta más común, los productores demostraron interés y voluntad de aplicar medidas de mitigación. Estudiar y comprender las dinámicas socioeconómicas que están ocurriendo en el sudoeste bonaerense es fundamental para la mitigación de estos conflictos. Sin embargo, para una solución a largo plazo se requiere de la participación en conjunto de las comunidades y de diferentes actores institucionales.

Palabras clave: depredación, Patagones, Villarino, ganadería, puma, zorro.

¹GEEM (Grupo de Ecología Comportamental de Mamíferos), Cátedra. Fisiología Animal, Depto. Biología, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional del Sur, San Juan 670, 8000 Bahía Blanca, Argentina. Correo electrónico: nccaruso@gmail.com

²CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), Buenos Aires, Argentina.

³INBIOSUR-UNS-CONICET (Instituto de Ciencias Biológicas y Biomédicas del Sur), Bahía Blanca, Argentina.

Recibido 04 de agosto de 2016 // Aceptado 07 de marzo de 2017 // Publicado online 05 de julio de 2017

ABSTRACT

The key role that wild carnivores play in ecosystems is threatened by human persecution and habitat alteration worldwide. The SW of Buenos Aires province, Argentina, is a region strongly modified by the spread of agriculture and where, in the last years, there has been an increase in carnivore predation on livestock. The simultaneous study of the ecology of carnivores and of their conflicts with ranching activities is essential to find solution that can minimize the impact of these species on the regional economy while maintaining their ecological role.

*We deployed camera traps in the Buenos Aires counties of Villarino and Patagones to study the factors affecting the distribution of the four most common species (puma, *Puma concolor*; Geoffroy's cat, *Leopardus geoffroyi*; Pampas fox, *Pseudalopex gymnocercus*; Molina's hog-nosed skunk, *Conepatus chinga*). Semi-structured interviews to local ranchers and participative workshops were carried out to analyze human-carnivore conflicts. From 2008 to 2015, we surveyed 49 camera trap sites and characterized the study area through 12 variables related to anthropogenic alterations and to landscape composition and fragmentation. We also completed 193 interviews and four workshops. For the interviews we used a questionnaire focused on collecting information on socio-economic aspects of ranchers and ranch management, while in the workshops we searched for a common agreement on the relevance of the potential factors affecting human-carnivore conflicts.*

The application of Generalized Linear Models to camera trapping data indicated that the use of habitat by carnivores in the region is affected by the alterations of natural habitats. The Pampas fox and skunk were the species with greater adaptability, whereas the puma and Geoffroy's cat appeared to be more sensitive to ecosystem modifications. Pumas avoided intensively modified sites and preferred natural patches. Losses on livestock by pumas and Pampas foxes during the previous year were reported by 47% and 55% of respondents, respectively, and 93% of ranchers considered carnivores as detrimental to regional production. Workshop participants identified a possible increase in conflicts associated to the decrease in human presence in ranchlands. Although illegal hunting of carnivores appears to be the most common response to conflicts, ranchers showed interest and motivation to explore mitigation measures. The comprehension of the socio-economic dynamics occurring in the SW of Buenos Aires is extremely urgent for conflict mitigation. Nevertheless, long term solutions will require the engagement of local communities and different government institutions.

Keywords: predation, patagones, villarino, livestock, puma, pampas fox.

INTRODUCCIÓN

El orden Carnivora comprende un total de 286 especies (Wilson y Reeder, 2005), de las cuales 28 se encuentran en Argentina (Ojeda *et al.*, 2012). Se trata mayormente de depredadores situados en la cima de la pirámide trófica (Redford y Eisenberg, 1992) y que se alimentan principalmente de vertebrados (Emmons, 1987). Debido al control *top-down* que pueden ejercer sobre las poblaciones de sus presas, estas especies tienen un rol fundamental en los ecosistemas donde habitan (Ritchie y Johnson, 2009). La mayoría de los carnívoros requieren grandes territorios para sobrevivir y, por lo tanto, son necesarias áreas extensas para garantizar la viabilidad de sus poblaciones (Noss *et al.*, 1996; Ray *et al.*, 2005).

La pérdida y la fragmentación de los hábitats y la persecución por parte del hombre son tres de las principales amenazas para los carnívoros (Loyola *et al.*, 2008; Crooks *et al.*, 2011). Las particularidades antes mencionadas hacen que estas sean especies muy vulnerables a la perturbación de los ambientes y a la fragmentación (Lyra-Jorge

et al., 2010; Crooks *et al.*, 2011). En Argentina, especialmente en la región central donde se concentra la mayoría de la población humana, la modificación de los hábitats naturales es un fenómeno común, debido al avance de la frontera agrícola-ganadera (Brown *et al.*, 2006). Real *et al.* (2003) concluyeron que las actividades humanas son el factor que más influye en la distribución de los carnívoros en Argentina. En asociación con estas transformaciones, se observa la disminución de la abundancia de las presas nativas y la introducción del ganado doméstico que, a su vez, generan conflictos entre carnívoros y humanos (Trevés y Karanth, 2003).

La depredación por parte de animales silvestres, como los carnívoros, ha sido siempre un importante problema para la ganadería, especialmente en América del Sur (Baker *et al.*, 2008; Zarco-González *et al.*, 2012). Si bien hay otras causas de conflicto (transmisión de enfermedades, ataques directos a los humanos), los mayores problemas con los depredadores se dan por el consumo directo del ganado, que puede causar pérdidas económicas

significativas a los productores rurales (Woodroffe, 2000; Baker *et al.*, 2008). La respuesta más común a este tipo de problema es la eliminación de los depredadores (Linnell *et al.*, 1996; Inskip y Zimmermann, 2009). Sin embargo, este tipo de solución generalmente falla en resolver el problema a largo plazo, perpetuando un desbalance ecológico que puede exacerbar el conflicto (Snow, 2008) y llevar a los límites de la extinción a algunas especies (Goodrich y Buskirk, 1995; Wallach *et al.*, 2009).

Muchos factores pueden influir sobre la decisión de un depredador de cazar ganado, incluyendo comportamiento aprendido, escasez de presas nativas, falta de medidas de manejo adecuadas, tolerancia a los humanos y también muchas veces las características del hábitat (Rosas-Rosas *et al.*, 2008) y todos ellos deben ser evaluados al momento de planificar eficaces acciones de manejo. Además, al analizar los conflictos con la fauna se deben considerar aspectos sociales, éticos y culturales que frecuentemente afectan a los actores sociales y pueden incrementar la percepción que se tiene de la magnitud de los conflictos con una determinada especie (Dickman, 2010; Marchini y Macdonald, 2012). Muchas veces las pérdidas por depredación llaman más la atención al productor que un inadecuado manejo sanitario, reproductivo o nutricional y llevan a una sobreestimación de la importancia del conflicto (Polisar *et al.*, 2003).

El sudoeste bonaerense comprende el 25% del territorio de la provincia de Buenos Aires y se caracteriza como una zona de producción mixta, en la cual la ganadería tiene un papel importante. Fundamentalmente, la acción del hombre en esta región ha sido enfocada al desmonte y a la transformación de los bosques naturales (conocidos como "montes") en pastizales y cultivos (Isla *et al.*, 2003). Más allá de su productividad natural limitada, asociada a suelos pobres, poco desarrollados y a las escasas precipitaciones, existe una gestión poco sustentable de la ganadería, que amenaza la funcionalidad de los procesos ecológicos, la diversidad de especies y la productividad económica (Distel, 2016). Todos estos factores han llevado a una fuerte degradación de los suelos (Bouza *et al.*, 2016).

Este trabajo se propone resumir los principales resultados obtenidos hasta la fecha por el Grupo de Ecología Comportamental de Mamíferos de la Universidad Nacional del Sur, en dos aspectos fundamentales: (1) el uso del hábitat por parte de las cuatro especies más abundantes de carnívoros en esta región (el zorrino, *Conepatus chinga*; el gato montés, *Leopardus geoffroyi*; el zorro pampeano, *Pseudalopex gymnocercus*; y el puma, *Puma concolor*) describiendo los factores que más influyen en dicho proceso; (2) la caracterización del nivel de conflictos carnívoros-productores, prestando particular atención a la percepción y actitudes de los productores frente a los depredadores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Para este trabajo se formularon las siguientes predicciones en relación con el patrón de uso de hábitat: (1) los

pumas evitarían las áreas más fragmentadas y con mayor presencia humana y utilizarían más las áreas más preservadas. (2) Dada la gran presión de caza que sufre el zorro pampeano, se espera cierto nivel de evitación de aquellas áreas con mayor presencia humana. Al mismo tiempo, se espera una asociación a ambientes relativamente abiertos, concordantemente con lo encontrado en estudios previos. (3) Dado que es una de las especies menos generalistas del gremio, se espera que el gato montés responda significativamente a un mayor número de gradientes ambientales. Adicionalmente se espera una fuerte asociación de esta especie a las áreas con mayor proporción de monte. (4) Se espera que el zorrino muestre una mayor asociación a los sitios cercanos a los cultivos ya que han sido propuestos como ambientes favorables para esta especie.

A partir de estos supuestos este trabajo se realizó en campos privados de los partidos del sudoeste bonaerense de Villarino y Patagones constituyendo un área de 27.300 km² (figura 1). Se colocaron cámaras en 50 propiedades y se realizaron encuestas en 150.

Fitogeográficamente, ambos partidos pertenecen a la parte más austral del Espinal (Morello *et al.*, 2012), una ecorregión de la llanura Chaco-Pampeana que ocupa un arco rodeando por el norte, oeste y sur a la ecorregión Pampeana y constituye un ecotono entre las ecorregiones del Monte, del Chaco Seco y de la pampeana (Brown *et al.*, 2006; Morello *et al.*, 2012). Se caracteriza por la presencia de bosques bajos xerófilos dominados por especies del género *Prosopis*, que varían en su nivel de densidad, pero también de sabanas y pastizales. Debido a su característica ecotónica, a la heterogeneidad de su relieve y de los tipos de suelos y a la actividad económica que produce alteraciones en el paisaje, en la actualidad, los bosques de vegetación original forman mosaicos heterogéneos e intrincados en una matriz donde predominan las tierras agrícolas (Fernández y Busso, 1999; Morello *et al.*, 2012).

La comunidad de carnívoros en esta área de estudio está conformada por cuatro especies de felinos (el puma, *Puma concolor*; el gato montés, *Leopardus geoffroyi*; el gato de los pajonales, *Leopardus colocolo* y el yaguarundí, *Puma yagouaroundi*), un cánido de mediano tamaño (*Pseudalopex gymnocercus*) y dos especies de carnívoros pequeños, el zorrino (*Conepatus chinga*) y el hurón menor (*Galictis cuja*) (Canevari y Vaccaro, 2007).

Como complemento para la obtención de datos se realizaron 4 talleres participativos, que se desarrollaron durante el año 2015, contaron con la colaboración de las agencias de extensión rural de INTA en Médanos, H. Ascasubi y C. de Patagones, Sociedad Rural de C. de Patagones, Federación Agraria de Stroeder y Sociedad Rural de Villalonga.

Uso de hábitat

Para la obtención de datos ecológicos sobre las especies de carnívoros se realizaron campañas de trampeo fotográfico (O'Connell *et al.*, 2011), entre enero y marzo de 2011, 2012 y 2013 y se muestrearon 49 sitios (figura 1).

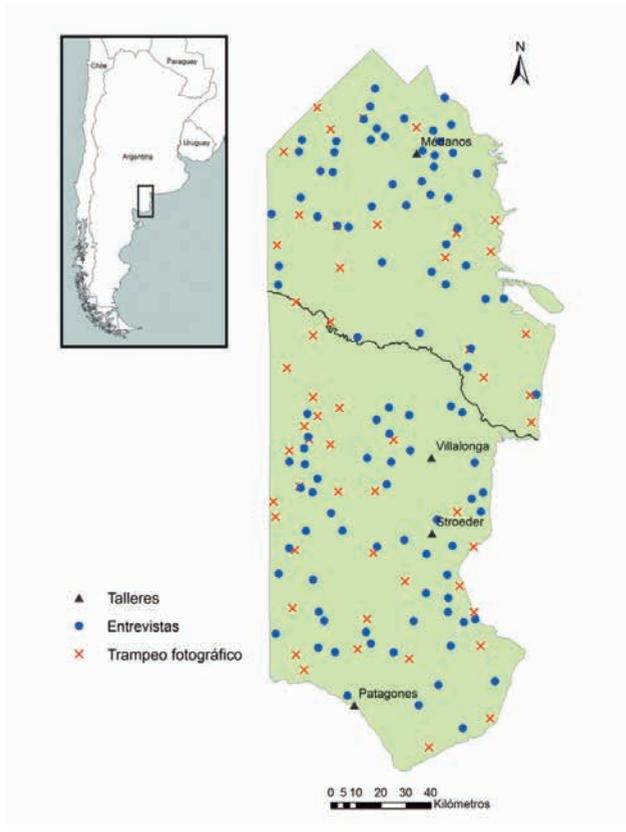


Figura 1. Mapa del área de estudio y ubicación de los sitios de trapeo fotográfico y los sitios donde se realizaron las entrevistas y los talleres.

En cada sitio se colocaron 5 cámaras a una distancia de entre 1 y 1,5 km. Las cámaras estuvieron activas durante las 24 horas y por un período de 25–45 días, realizándose un control cada 10 días a fin de corroborar su correcto funcionamiento. El esfuerzo de muestreo se calculó como el producto entre el número de cámaras y el número de días de muestreo (Di Bitetti *et al.*, 2010) y fue de 7054 días-trampa.

Se caracterizó el área de estudio usando 12 variables relacionadas con el grado de perturbación antrópica, la composición del paisaje y su nivel de fragmentación (tabla 1).

Para esto se utilizó un mapa vectorial del área de estudio proporcionado por el gabinete de teledetección de la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Con el objetivo de caracterizar el hábitat en los sitios de muestreo se construyeron buffers alrededor de cada uno de ellos. Debido a que la percepción que tienen los carnívoros sobre el ambiente está relacionada con el tamaño de sus áreas de acción (De Angelo *et al.*, 2011; Kanagaraj *et al.*, 2011) se utilizaron tres radios en función de los tamaños máximos de áreas de acción reportados para cada especie de estudio en la región: 1,5 km para el zorrino, 3 km para el zorro pampeano y para el gato montés y 6 km para el puma. La densidad de campos fue calculada usando un mapa de catastro sobre la base del número de campos intersectados por el buffer. Adicionalmente, se fusionaron todas las categorías de hábitat (excluyendo “cultivos”) en una misma categoría (“natural”) y se calcularon índices indicativos de su representatividad y fragmentación dentro

	Variable (unidad)	Descripción
Nivel de antropización	DC (n.º de campos/km ²)	Densidad de campos. Número de propiedades por km ²
	DR (km)	Distancia desde el sitio hasta la ruta
	DL (km)	Distancia desde el sitio hasta la localidad más cercana
Composición del paisaje	PC	Proporción del área del buffer correspondiente a la categoría “cultivo”
	PM	Proporción del área del buffer correspondiente a la categoría “monte”
	PP	Proporción del área del buffer correspondiente a la categoría “pastizales”
	PPA	Proporción del área del buffer correspondiente a la categoría “pastizales con arbustos”
Fragmentación del paisaje	DBC (km/km ²)	Densidad de borde de cultivos calculada como la longitud total de los bordes entre la categoría “cultivo” y el resto de las categorías dividido por el área del buffer
	TPC (km ²)	Tamaño medio de los parches correspondientes a la categoría “cultivos”
	DPN (n.º parches/km ²)	Densidad de los parches correspondientes a la categoría “natural” ^a
	BTN (km)	Longitud total de los bordes entre la categoría “natural” y las otras
	LSIN (km/km ²)	<i>Landscape shape index</i>

Tabla 1. Descripción de las variables usadas para evaluar la respuesta de cuatro especies de carnívoros a la composición y a la configuración del paisaje en el sudoeste bonaerense.

^aLa categoría “natural” fue obtenida fusionando todas las categorías de vegetación excepto “cultivos”.

del ambiente incluido en el buffer, utilizando el programa Fragstat 4.1®.

Se aplicó un análisis de componentes principales sobre las variables antes mencionadas, previa normalización (Zar, 1999), con el objetivo de reducir su multicolinealidad y, a su vez, obtener combinaciones lineales que caracterizaran los gradientes ambientales dominantes en la región (Legendre y Legendre, 1998). Dichos gradientes (es decir, los componentes extraídos) fueron utilizados como variables predictoras para ajustar Modelos Lineales Generalizados (Zuur *et al.*, 2009), usando como variable de respuesta la suma por sitio del número de eventos fotográficos independientes (aquellos cuya hora difería en al menos 30 min) obtenidos en cada estación de muestreo. Los modelos fueron ordenados utilizando el criterio de selección de Akaike corregido para muestras pequeñas (AICc) (Burnham y Anderson, 2002) y se obtuvo la importancia relativa de cada gradiente (variable predictor) dentro del conjunto que agrupó al 95% de los modelos más plausibles (es decir, con menor AICc). Todos los análisis estadísticos fueron llevados a cabo en R versión 3.01 (R Development Core Team, 2013).

Conflictos con los ganaderos

Para la caracterización de los conflictos entre los carnívoros y los ganaderos, se utilizaron dos metodologías. Por un lado, entre los años 2008 y 2013 se realizaron entrevistas semiestructuradas (Kapila y Lyon, 1994; Lucherini y Merino, 2008) con los productores rurales correspondientes a diferentes propiedades (figura 1).

El cuestionario usado apuntaba a recolectar información general sobre el entrevistado; su nivel de conocimiento acerca de los mamíferos de la región; sus percepciones y sus actitudes respecto a las especies de carnívoros; las posibles soluciones que permitirían disminuir los conflictos con la fauna silvestre. Adicionalmente, durante el año 2015 se realizaron cuatro talleres participativos en diferentes localidades (Médanos, Villalonga, Stroeder y Carmen de Patagones) y en los cuales participaron diversos actores sociales (productores, personal del INTA, investigadores, etc.). De manera general, la modalidad utilizada implicó el planteo de la problemática por parte del facilitador y el desarrollo de una instancia de discusión grupal donde cada uno de los presentes pudo expresar su posición frente al problema. A continuación, el facilitador identificó los factores que surgieron como posibles influyentes en la problemática discutida y, una vez que todas las ideas fueron expuestas, se buscó un consenso grupal respecto de la ponderación de cada uno de estos factores sobre una escala entre 1 (muy importante) y 3 (nada importante).

RESULTADOS

Ecología

Se obtuvieron 858 eventos de las cuatro especies de carnívoros estudiadas (74 eventos de *C. chinga*, 546 de *P. gymnocercus*, 193 de *L. geoffroyi* y 45 de *P. concolor*), con un promedio de 18 (rango= 0-101) eventos por sitio.

Por medio del análisis de componentes principales se pudieron identificar cuatro gradientes (gradiente de “antropización”, gradiente de “fragmentación”, gradiente de “con-

Variable	Tamaño del buffer											
	1,5 km				3 km				6 km			
	GA	GF	GC	GM	GA	GF	GC	GM	GA	GF	GC	GM
DC			-				-				-	
DR			+				+				+	
DL			+				+				+	
PC	+				+				+			
PM				+				+				+
PP	-				-				-			
PPA			+				+				+	
DBC	+				+					+		
TPC	+				+							-
DPN		+				+				+		
BTN		+				+				+		
LSIN		+				+				+		

Tabla 2. Correlación de cada variable hacia cada uno de los cuatro componentes extraídos mediante un análisis de componentes principales con rotación Kaiser-varimax normalizada para cada tamaño de buffer.

GA: gradiente antropización; GF: gradiente fragmentación; GC: gradiente conservación; GM: gradiente monte.

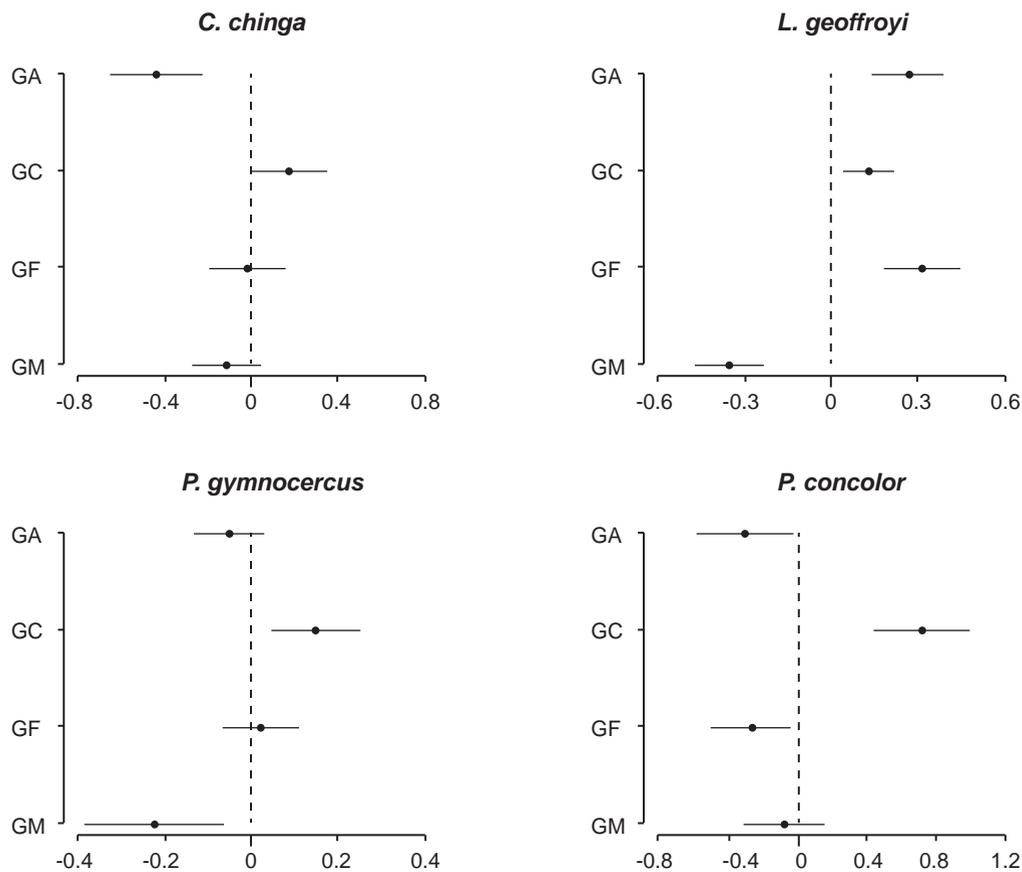


Figura 2. Resultados del análisis multimodelo para la relación entre los carnívoros y los gradientes ambientales dominantes, extraídos mediante análisis de componentes principales (ver tabla 2). Para cada especie se muestra el valor estimado de los parámetros del modelo promedio y su intervalo de confianza del 95%. GA: gradiente de antropización, GC: gradiente de conservación, GF: gradiente de fragmentación, GM: gradiente de monte.

servación” y gradiente de “monte”. En general, las variables se agruparon de manera similar en los gradientes extraídos utilizando los diferentes tamaños de buffer (tabla 2).

El gradiente de “conservación” fue el que mostró más influencia sobre las cuatro especies de carnívoros. En congruencia con lo anterior, fue el único gradiente significativo –y positivo– para todas las especies. *P. gymnocercus* fue la única especie para la cual el gradiente de antropización no fue seleccionado con alta probabilidad y cuyo coeficiente no fue significativo. Tanto para *C. chinga* como para *P. concolor* la respuesta a este gradiente fue de signo negativo, mientras que para *L. geoffroyi* fue positiva. Tanto el gradiente de fragmentación como el de monte mostraron probabilidades de selección altas, y coeficientes significativos, solo para dos especies. El gradiente de fragmentación fue significativo para *L. geoffroyi* y para *P. concolor*, pero con coeficientes positivos y negativos respectivamente, mientras que el gradiente de monte fue significativo para *L. geoffroyi* y *P. gymnocercus*, con coeficientes negativos en ambos casos (figura 2).

Entrevistas

Se realizaron un total de 193 entrevistas, de las cuales el 54% fue realizado en Patagones y el resto en Villarino. El 75% de los entrevistados criaba ganado bovino y el 72%, ovinos, realizando algunos ambas actividades. Todos reconocieron al zorro, al puma, al zorrino y al hurón, presentándose dudas en la identificación de los gatos manchados.

El zorro fue la especie mayormente considerada “común” (86% de los entrevistados), seguido por el zorrino (68%), el puma (41%), el gato montés (41%) y el hurón (41%) (figura 3A).

Al excluir las encuestas sin respuestas, se observa que el zorro fue percibido como “común” dos veces más que el puma y que el gato montés, y el zorrino lo fue más de 1,8 veces. Por su parte, el gato montés fue percibido como

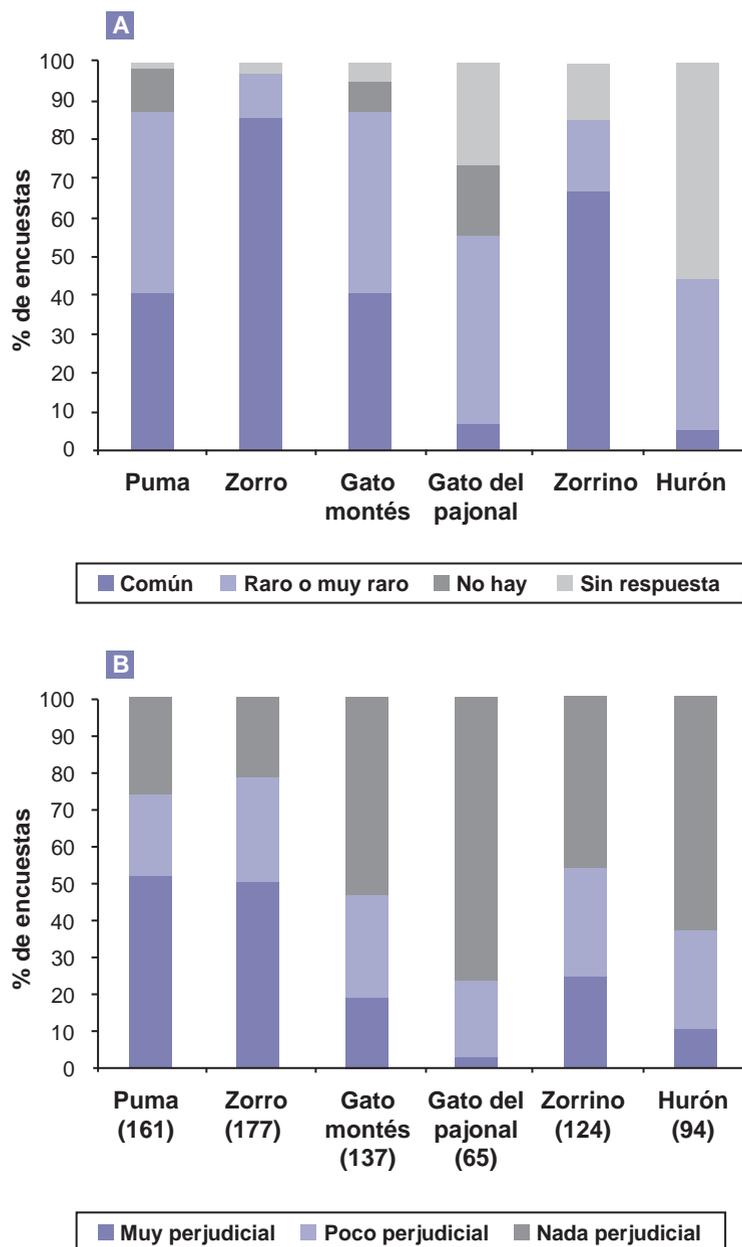


Figura 3. Resultados de las 193 entrevistas realizadas a los productores rurales en los partidos de Villarino y Patagones, provincia de Buenos Aires. (A) Percepción del total de los entrevistados sobre la abundancia de los carnívoros. (B) Percepción de los entrevistados en relación con el efecto de cada carnívoro sobre la ganadería. Entre paréntesis se muestra el número de entrevistados que contestaron a la pregunta.

“común” 4,6 veces más que el gato del pajonal. Al consultar sobre los gatos pequeños en la región, el gato montés fue reconocido como presente en la región por el 39,5% y el gato de los pajonales por el 10,8% de los entrevistados, mientras que el yaguarundi solo fue reconocido como presente en el 1% de los casos.

El 95,3% de los entrevistados afirmó que tenía problemas con alguno de los carnívoros. Los carnívoros que los

productores consideraron como “muy perjudiciales” son el zorro (53%) y el puma (51%). Le siguen el gato montés (20%), el zorrino (25%) y el hurón (11%) (figura 3B). La percepción del zorro no fue significativamente diferente de la del puma ($\chi^2 = 2,16$; gdl = 2; $p = 0,333$), y tampoco hubo diferencias significativas entre las percepciones del gato montés, del zorrino y del hurón ($\chi^2 = 7,58$; gdl = 4; $p = 0,109$). Si se comparan las percepciones de los carnívoros más perjudiciales (puma y zorro) con respecto a los

	Depredación (%)	Causas sociales (%)	Clima o enfermedades (%)
Villarino	45	32	23
Patagones	46	8	46
Total	46	20	35

Tabla 3. Mayores causas de pérdidas de ganado según los entrevistados, expresadas como porcentajes de entrevistados que mencionaron cada una de ellas.

otros (hurón, gato montés y zorrino) se observan grandes diferencias ($\chi^2 = 99,45$; gdl 2; $p < 0,001$). El puma y el zorro fueron considerados, al menos dos veces (entre 2 y 4,5 veces), más frecuentemente como “muy perjudiciales” que cada uno de los otros carnívoros. Si se compara entre los dos partidos el porcentaje de entrevistados que calificaron los carnívoros como “muy perjudiciales”, no se encontraron diferencias significativas ($\chi^2 = 8,51$; gdl = 4; $p = 0,074$).

Sobre la base de los resultados anteriores se enfocó el análisis de los conflictos con puma y zorro. El 70% de los entrevistados declaró tratar de matar al zorro y el 50% al puma. Estos porcentajes suben a 90% y 92%, respectivamente, si se consideran únicamente los encuestados que manifestaron tener pérdidas por estas especies. La mayoría de los que asignaron estas dos especies a la categoría “muy perjudiciales” también optaron por este tipo de medida, pero en menor grado: 84% con respecto al zorro y 78% para el puma. Las respuestas no difirieron entre el zorro y el puma ($\chi^2 = 0,26$; gdl = 2; $p = 0,877$).

El 47% y 55% de los entrevistados tuvieron pérdidas por el puma y el zorro, respectivamente, en el transcurso del año previo al momento de la encuesta. Esta proporción aumenta hasta el 81% en el caso del puma y el 69% para el zorro, considerando solo los campos donde estaban presentes, a la vez, el carnívoro identificado como responsable de depredación y animales domésticos. Los porcentajes no fueron diferentes entre Patagones y Villarino ($\chi^2 = 0,22$; gdl = 1; $p = 0,641$).

La mayor causa de pérdidas de ganado, según nuestras encuestas, sería la depredación, a la cual siguen el clima o las enfermedades, y en menor importancia las causas sociales (tabla 3).

Las respuestas variaron entre los dos partidos ($\chi^2 = 22,08$; df = 2; $p < 0,001$): la gente de Villarino atribuyeron las pérdidas mayormente a la depredación y luego a aspectos sociales, mientras que en Patagones las pérdidas fueron atribuidas en igual proporción a la depredación y al clima o a las enfermedades, poniendo muy poca importancia en las causas sociales.

Un análisis preliminar de los talleres mostró que los ganaderos piensan que hay un aumento de la población de carnívoros, en particular del puma, que estaría asociado, principalmente, a la falta permanente de gente en los campos. También consideran que otros factores influyentes en el aumento de la depredación serían la presencia de mon-

te, la prohibición de la caza del puma y el menor manejo directo que se realiza sobre el ganado. Además, se observó que solo el 16,7% de los participantes que habían tenido problemas con el puma cambiaron su modo de manejo del ganado, aunque el 75% sí trató de matarlos. Entre aquellos que trataron de aplicar alguna medida de mitigación, el 85% adoptó el encierro nocturno, 14,3% usó animales guarda (en particular burros) y 14,3% reforzó las medidas de seguridad en los corrales de encierro. La mayoría de los participantes estarían dispuestos a aplicar alguna medida de mitigación, pero siempre que esta fuera guiada por gente experimentada en el tema, ya que consideran que algunos intentos pasados han fallado.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Nuestros resultados sugieren que la intensidad de modificación de los ambientes naturales sería el factor más influyente en el uso del espacio por parte de los carnívoros en el sudoeste bonaerense, confirmando la relevancia que tienen los procesos de alteración de los paisajes naturales para los carnívoros.

Los nichos espaciales del gato montés y del puma estarían afectados por un mayor número de factores en relación con las otras dos especies. Esto podría deberse a que estos carnívoros son las especies más exigentes del gremio y que eligen características particulares dentro de cada uno de los gradientes identificados. Comparativamente, el menor número de dimensiones significativas de zorrino y zorro sugieren que estas especies tendrían una mayor adaptabilidad.

Las respuestas lineales de signo opuesto que mostró el puma hacia los gradientes de conservación y de antropización apoyan la hipótesis sobre la evitación por parte de este felino de sitios altamente modificados y la preferencia de aquellos naturales. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en un trabajo previo donde se modeló el hábitat propicio para la especie y se encontró una fuerte asociación a los pastizales con arbustos, ambientes relativamente conservados y alejados de los asentamientos urbanos (Caruso *et al.*, 2015).

El componente de modificación ambiental no mostró significación para el puma, contrariamente a lo que se esperaba en función de los reportes de los productores locales, según los cuales el monte sería el hábitat preferido por este

carnívoro. Sin embargo, el gradiente de “conservación” comprende también aquellos sitios con alta proporción de pastizales con arbustos, que podrían funcionar como ambientes propicios para esta especie (Caruso *et al.*, 2015; Caruso *et al.*, 2016a). También el tipo de respuesta hacia el gradiente de fragmentación sugiere que el puma pueda soportar ciertos niveles de fragmentación de los ambientes naturales, en concordancia con lo propuesto por otros autores (Crooks *et al.*, 2011; De Angelo *et al.*, 2011; Caruso *et al.*, 2015).

Como se esperaba para el zorro, que se considera asociado a ambientes abiertos (Redford y Eisenberg, 1992; Lucherini y Luengos Vidal, 2008; Di Bitetti *et al.*, 2009), como los pastizales, esta especie mostró evitar aquellos sitios con mayor proporción de monte. Sin embargo, la relación con el componente de conservación sugiere que la especie utilizaría tanto los sitios más conservados (como son los más alejados de la ruta y de los pueblos y con campos más pequeños), como aquellos con condiciones opuestas. Esta situación podría ser la resultante de una interacción entre la alta flexibilidad que tiene el zorro pampeano para utilizar distintos ambientes y otros factores, como, por ejemplo, la alta presión de caza que sufre en algunas zonas o la competencia con otros carnívoros.

Las entrevistas y los talleres son herramientas que nos están permitiendo contrastar la información de campo con la percepción de los pobladores y esta comparación sugiere que el puma podría ser considerado más común de lo que sería realmente, posiblemente debido al imaginario de la gente (Caruso *et al.*, 2016b).

Por un lado, si bien, no se cuenta todavía con una cuantificación del impacto económico real de la depredación sobre el ganado por parte de los carnívoros, estos datos demuestran claramente la existencia de un conflicto, por lo menos en el caso de zorros y pumas. Según los productores, se estaría observando un incremento en la depredación, favorecido sobre todo por el abandono de los campos, relacionado con factores macroeconómicos y también sociales. Estos tipos de procesos son difíciles de modificar, debido a que requieren de políticas locales y regionales que incentiven y revaloricen la práctica agropecuaria. Por otro lado, algunos pobladores han intentado aplicar medidas de mitigación de la depredación, pero la caza parece considerada la herramienta más sencilla. A pesar de esto, hay una buena predisposición de la comunidad hacia testar herramientas de mitigación alternativas, pero serían necesarias políticas locales que las respalden y guíen en su uso. Hasta la fecha los resultados obtenidos indican que, desde la visión del poblador el tema de los conflictos con los carnívoros no puede solucionarse sin políticas de apoyo de gobierno, tanto a nivel local como regional.

AGRADECIMIENTOS

A los productores rurales por permitirnos realizar las actividades en sus campos; al personal de EEA INTA H. Ascasubi y sus dependencias por la ayuda logística; al CONICET, Wild Felid Association, Felidae Conservation Fund

y SGCyT-UNS por el apoyo económico y a los estudiantes de la Maestría en Ecología Internacional (Université de Sherbrooke) que realizaron pasantías en el GECM.

BIBLIOGRAFÍA

- BAKER, P.J.; BOITANI, L.; HARRIS, S.; SAUNDERS, G.; WHITE, P.C. 2008. Terrestrial carnivores and human food production: impact and management. *Mammal Review* 38, 123-166.
- BOUZA, M.E.; ARANDA-RICKERT, A.; BRIZUELA, M.M.; WILSON, M.G.; SASAL, M.C.; SIONE, S.M.; BEGHETTO, S.; GABIOUD, E.A.; OSZUST, J.D.; BRAN, D.E. 2016. Economics of Land Degradation in Argentina. En: *Economics of Land Degradation and Improvement—A Global Assessment for Sustainable Development*. Springer, pp. 291-326.
- BROWN, A.; MARTINEZ ORTIZ, U.; ACERBO, M.; CORCUERA, J. 2006. La situación ambiental argentina 2005. Fundación Vida Silvestre. Buenos Aires.
- BURNHAM, K.P.; ANDERSON, D.R. 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. Springer. Nueva York.
- CANEVARI, M.; VACCARO, O. 2007. Guía de mamíferos del sur de América del Sur. LOLA. Buenos Aires.
- CARO, T. 2010. Conservation by proxy: indicator, umbrella, keystone, flagship, and other surrogate species. Island Press. Washington.
- CARUSO, N.; GUERISOLI, M.; LUENGOS VIDAL, E.M.; CASTILLO, D.; CASANAVE, E.B.; LUCHERINI, M. 2015. Modelling the ecological niche of an endangered population of *Puma concolor*: First application of the GNESFA method to an elusive carnivore. *Ecological Modelling* 297, 11-19.
- CARUSO, N.; LUCHERINI, M.; FORTIN, D.; CASANAVE, E.B. 2016b. Species-specific responses of carnivores to human-induced landscape change in central Argentina. *PLoS ONE* 11, e0150488. Disponible: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0150488> verificado: 01 de marzo de 2016.
- CARUSO, N.; LUENGOS VIDAL, E.M.; GUERISOLI, M.; LUCHERINI, M. 2016b. Carnivore occurrence: do interview-based surveys produce unreliable results? *Oryx*.
- CROOKS, K.R.; BURDETT, C.L.; THEOBALD, D.M.; RONDINI, C.; BOITANI, L. 2011. Global patterns of fragmentation and connectivity of mammalian carnivore habitat. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 366, 2642-2651.
- DE ANGELO, C.; PAVIOLO, A.; DI BITETTI, M. 2011. Differential impact of landscape transformation on pumas (*Puma concolor*) and jaguars (*Panthera onca*) in the Upper Paraná Atlantic Forest. *Diversity and Distributions* 17, 422-436.
- DI BITETTI, M.S.; DE ANGELO, C.D.; DI BLANCO, Y.E.; PAVIOLO, A. 2010. Niche partitioning and species coexistence in a Neotropical felid assemblage. *Acta Oecologica* 36, 403-412.
- DI BITETTI, M.S.; DI BLANCO, Y.E.; PEREIRA, J.A.; PAVIOLO, A.; JIMÉNEZ PÉREZ, I. 2009. Time partitioning favors the coexistence of sympatric crab-eating foxes (*Cerdocyon thous*) and pampas foxes (*Lycalopex gymnocercus*). *Journal of Mammalogy* 90, 479-490.
- DICKMAN, A. 2010. Complexities of conflict: the importance of considering social factors for effectively resolving human-wildlife conflict. *Animal Conservation* 13, 458-466.
- DISTEL, R.A. 2016. Grazing ecology and the conservation of the Caldenal rangelands, Argentina. *Journal of Arid Environments* 134, 49-55.

- EMMONS, L.H. 1987. Comparative feeding ecology of felids in a neotropical rainforest. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 20, 271-283.
- FERNÁNDEZ, O.A.; BUSO, C.A. 1999. Arid and semi-arid rangelands: two thirds of Argentina. *Rala Rapport* 200, 41-60.
- GOODRICH, J.; BUSKIRK, S. 1995. Control of abundant native vertebrates for conservation of endangered species. *Conservation Biology* 9, 1357-1364.
- INSKIP, C.; ZIMMERMANN, A. 2009. Human-felid conflict: a review of patterns and priorities worldwide. *Oryx* 43, 18-34.
- ISLA, F.I.; BARLETT, E.R.; MARQUEZ, J.; URRUTIA, A. 2003. Efectos ENSO en la transición entre el espinal y la pradera cultivada en la Diagonal Sudamericana, Argentina central. *Cuaternario y geomorfología: Revista de la Sociedad Española de Geomorfología y Asociación Española para el Estudio del Cuaternario* 17, 63-74.
- KANAGARAJ, R.; WIEGAND, T.; KRAMER-SCHADT, S.; ANWAR, M.; GOYAL, S.P. 2011. Assessing habitat suitability for tiger in the fragmented Terai Arc Landscape of India and Nepal. *Ecography* 34, 970-981.
- KAPILA, S.; LYON, F. 1994. Field oriented research—Expedition Field Techniques. Expedition Advisory Centre. Royal Geographic Society. Reino Unido.
- LEGENDTRE, L.; LEGENDRE, L. 1998. Numerical ecology. Developments in environmental modelling. Elsevier Science & Technology. Amsterdam.
- LINNELL, J.D.C.; SMITH, M.; ODDEN, J.; KACZENSKY, P.; SWENSON, J.E. 1996. Strategies for the reduction of carnivore-livestock conflicts: a review. *Nina Oppdragsmelding* 443, 1-188.
- LOYOLA, R.D.; DE OLIVEIRA, G.; DINIZ-FILHO, J.A.F.; LEWINSON, T.M. 2008. Conservation of Neotropical carnivores under different prioritization scenarios: mapping species traits to minimize conservation conflicts. *Diversity and Distributions* 14, 949-960.
- LUCHERINI, M.; LUENGOS VIDAL, E.M. 2008. *Lycalopex gymnocercus* (Carnivora: Canidae). *Mammalian Species* 829, 1-9.
- LUCHERINI, M.; MERINO, M.J. 2008. Perceptions of human-carnivore conflicts in the High Andes of Argentina. *Mountain Research and Development* 28, 81-85.
- LYRA-JORGE, M.C.; RIBEIRO, M.C.; CIOCHETI, G.; TAMBOSI, L.R.; PIVELLO, V.R. 2010. Influence of multi-scale landscape structure on the occurrence of carnivorous mammals in a human-modified savanna, Brazil. *European Journal of Wildlife Research* 56, 359-368.
- MARCHINI, S.; MACDONALD, D.W. 2012. Predicting ranchers' intention to kill jaguars: case studies in Amazonia and Pantanal. *Biological Conservation* 147, 213-221.
- MORELLO, J.; MATTEUCCI, S.; RODRIGUEZ, A.; SILVA, M. 2012. Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos. Editorial Orientación Gráfica. Buenos Aires.
- NOSS, R.F.; QUIGLEY, H.B.; HORNOCKER, M.G.; MERRILL, T.; PAQUET, P.C. 1996. Conservation biology and carnivore conservation in the Rocky Mountains. *Conservation Biology* 10, 949-963.
- O'CONNELL, A.F.; NICHOLS, J.D.; KARANTH, U.K. 2011. Camera Traps in Animal Ecology. Methods and analysis. Springer.
- OJEDA, R.A.; CHILLO, V.; DÍAZ, G. 2012. Libro rojo de los mamíferos amenazados de la Argentina, Sociedad Argentina para el Estudio de los Mamíferos (SAREM). Mendoza.
- POLISAR, J.; MAXIT, I.; SCOGNAMILLO, D.; FARRELL, L.; SUNQUIST, M.E.; EISENBERG, J.F. 2003. Jaguars, pumas, their prey base, and cattle ranching: ecological interpretations of a management problem. *Biological Conservation* 109, 297-310.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2013. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponible: www.R-project.org verificado: 01 de marzo de 2016.
- RAY, J.; REDFORD, K.H.; STENECK, R.; BERGER, J. 2005. Large carnivores and the conservation of biodiversity. Island Press. Washington, D. C.
- REAL, R.; MÁRCIA BARBOSA, A.; PORRAS, D.; KIN, M.S.; MÁRQUEZ, A.L.; GUERRERO, J.C.; JAVIER PALOMO, L.; JUSTO, E.R.; MARIO VARGAS, J. 2003. Relative importance of environment, human activity and spatial situation in determining the distribution of terrestrial mammal diversity in Argentina. *Journal of Biogeography* 30, 939-947.
- REDFORD, K.H.; EISENBERG, J.F. 1992. Mammals of the neotropics, the southern cone. The University of Chicago Press. Chicago.
- RITCHIE, E.G.; JOHNSON, C.N. 2009. Predator interactions, mesopredator release and biodiversity conservation. *Ecology Letters* 12, 982-998.
- ROSAS-ROSAS, O.C.; BENDER, L.C.; VALDEZ, R. 2008. Jaguar and puma predation on cattle calves in northeastern Sonora, Mexico. *Rangeland Ecology & Management* 61, 554-560.
- ROZYLOWICZ, L.; POPESCU, V.D.; PĂTROESCU, M.; CHIȘAMERA, G. 2011. The potential of large carnivores as conservation surrogates in the Romanian Carpathians. *Biodiversity and Conservation* 20, 561-579.
- SERGIO, F.; CARO, T.; BROWN, D.; CLUCAS, B.; HUNTER, J.; KETCHUM, J.; MCHUGH, K.; HIRALDO, F. 2008. Top predators as conservation tools: ecological rationale, assumptions, and efficacy. *Annual review of ecology, evolution, and systematics* 39, 1-19.
- SNOW, T.V. 2008. A systems-thinking based evaluation of predator conflict management on selected South African farms. University of KwaZulu-Natal. Pietermaritzburg.
- TREVES, A.; KARANTH, K.U. 2003. Human-carnivore conflict and perspectives on carnivore management worldwide. *Conservation Biology* 17, 1491-1499.
- WALLACH, A.D.; MURRAY, B.R.; O'NEILL, A.J. 2009. Can threatened species survive where the top predator is absent? *Biological Conservation* 142, 43-52.
- WILSON, D.E.; REEDER, D.M. 2005. Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference. Johns Hopkins University Press. Baltimore.
- WOODROFFE, R. 2000. Predators and people: using human densities to interpret declines of large carnivores. *Animal Conservation* 3, 165-173.
- ZAR, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice Hall. Nueva Jersey.
- ZARCO-GONZÁLEZ, M.M.; MONROY-VILCHIS, O.; RODRÍGUEZ-SOTO, C.; URIOS, V. 2012. Spatial Factors and Management Associated with Livestock Predations by *Puma concolor* in Central Mexico. *Human Ecology* 40, 631-638.
- ZUUR, A.; IENO, E.N.; WALKER, N.; SAVELIEV, A.A.; SMITH, G.M. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer. Nueva York.

El cerco como espacio de producción agrícola familiar campesina en Santiago del Estero, Argentina

JORGE, E.¹; HELMAN, S.²

RESUMEN

El campesino en Santiago del Estero ha sido conceptualizado en variados textos bajo diferentes miradas. Por ejemplo, lo definen como un actor social agrario con formas de actuar y producir no típicamente capitalistas y en función del tipo de explotación agropecuaria que ocupa (predominantemente sin límites definidos). Este actor social se caracteriza por cultivar en unidades productivas diversificadas denominadas cercos, con características heterogéneas en las diferentes regiones, propias de las diferentes realidades socioeconómicas y agroecológicas de la amplia geografía provincial. Estas características constituyen las principales estrategias de reproducción social. El cerco es un agroecosistema de policultivo, adoptado de forma ancestral y realizado de manera tradicional por las familias campesinas, rodeado de vegetación natural característica del Chaco semiárido y con bajos o nulos sistemas de aplicación de insumos externos. Es una práctica productiva habitual dentro del sistema de vida campesino que asocia varios cultivos (policultivo) y se realiza en terrenos de pequeña superficie, generalmente en condiciones de secano; cerrados perimetralmente, es lo que da origen a su nombre. Con el objetivo de generar información sobre la práctica productiva del cerco dentro del modo de vida campesino, se realizaron cuarenta y un encuestas semiestructuradas al azar a familias campesinas, en los departamentos Capital, Río Hondo y Guasayán de la provincia de Santiago del Estero. Los cercos son policultivos tradicionales que ocupan a la mayoría de los integrantes de la familia. Estas combinaciones maximizan el uso de la tierra, aunque en algunas ocasiones no llegan a producir excedentes, aseguran el autoconsumo que es su objetivo principal. Se realizan en zonas bajas de las áreas de secano, incluyendo principalmente maíz y cucurbitáceas, se siembran utilizando especialmente semillas criollas adaptadas a su ambiente agroecológico durante el período de máximas precipitaciones.

Palabras clave: campesino, policultivo, secano.

ABSTRACT

The peasant in Santiago del Estero, has been conceptualized in several texts under different looks. For example, they define it as an agrarian social actor with ways of acting and producing not typically capitalist and depending on the type of agricultural exploitation that occupies (predominantly without defined limits). This social actor is characterized by cultivating in diverse productive units called "fences", with heterogeneous characteristics in the different regions, typical of the different socioeconomic and agroecological realities of the wide provincial geography. These characteristics constitute the main strategies of social reproduction. The "fence" is an agroecosystem of polyculture, adopted in an ancestral way and carried out in a traditional way by the peasant families, surrounded by natural vegetation characteristic of the semi-arid Chaco and with low

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Santiago del Estero, Jujuy 850, G4200CQR. Correo electrónico: jorge.eduardo@inta.gob.ar

²Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912, Santiago del Estero. Correo electrónico: silhema@unse.edu.ar

or no external application systems. It is a habitual productive practice within the peasant life system, which associates several crops (polyculture) and is carried out in small surface areas generally, in dry conditions; Closed perimetrally, and is what gives rise to its name. In order to generate information on the productive practice of the "fence" within the peasant way of life, forty-one random semi-structured surveys were conducted for peasant families in the departments of Capital, Río Hondo and Guasayán in the province of Santiago Of the Estero. "Fences" are traditional polycultures, which occupy the majority of the family members. These combinations maximize land use, although on some occasions they do not produce surpluses, they ensure self-consumption that is their main objective. They are made in low areas of rainfed areas, including mainly corn and cucurbitaceae, are planted using specially "criollas" seeds adapted to their agroecological environment, during the period of maximum rainfall.

Keywords: peasant, polyculture, rainfed.

INTRODUCCIÓN

Características de las explotaciones campesinas de Santiago del Estero

La región del noroeste argentino (NOA) tiene 57.483 explotaciones agropecuarias, de las cuales el 42,67% son explotaciones sin límites definidos, fuertemente asociado con la figura del campesino ocupante o puestero criollo (Paz, 2008). En la provincia de Santiago del Estero existen aproximadamente 14.000 productores campesinos (70% del total de las EAPs¹ de la provincia); esta es una de las provincias del país con mayor número de producciones campesinas (CNA, 2002).

Los pequeños productores campesinos subsisten con su unidad familiar de producción y consumo. Esta producción que hacen bajo cualquier forma de tenencia de la tierra, la realizan para su autoabastecimiento y para vender en el mercado local o de la zona. En estas tareas predomina el trabajo familiar. El cerco es una práctica productiva habitual dentro del sistema de vida campesino, que asocia varios cultivos (policultivo) y se realiza en terrenos de pequeña superficie generalmente, en condiciones de secano, cerrada perimetralmente, es lo que da origen a su nombre.

La familia de pequeños productores tiene una gran capacidad de adaptación frente a condiciones desfavorables, y lo ha demostrado a lo largo del tiempo. Esa capacidad de resistencia tiene una explicación y es que la familia campesina ha sabido combinar diferentes actividades y roles entre sus integrantes y realizan una diversidad de producción de sobrevivencia que les ha permitido permanecer en el campo. Esas prácticas hacen posible que ellos puedan confiar en sus propias capacidades, recursos y saberes y desde esa base construyen su modo de vida (Periódico Acción, 2008).

Tasso (2001) define a la típica familia campesina, con actividades de cultivo y de cría en pequeña escala, y sometida aún más que en otras regiones a la fuerte presión migratoria estacional. Si bien sobre los varones adultos des-

cansa la responsabilidad de la atención del cerco de cultivo y la atención de las pequeñas majadas de cabras y ovejas, y eventualmente algunos vacunos, ellos se emplean durante los meses de verano como cosecheros en distintos lugares de la región pampeana; por ello, esas actividades son compartidas en la práctica con los varones menores y mayores, y con las mujeres.

Los modelos productivos principales son de tipo agropecuario y forestal, combinados de varias formas. En la agricultura se trabaja en cercos pequeños con una superficie entre media y cinco hectáreas, en los cuales se cultiva maíz, zapallo, algodón y alfalfa. La actividad ganadera principal es la cría de cabras como actividad más extendida durante las últimas décadas. El modelo productivo de muchas familias –especialmente en los departamentos Atamisqui, Loreto y San Martín– comprende también la producción artesanal tradicional de tejido en telar desarrollada por mujeres. Entre las nuevas actividades que se observan está la apicultura (Ledesma y Tasso, 2011).

La estructura productiva de la familia campesina de Santiago del Estero

1. La producción pecuaria

Esta producción se compone de ganadería bovina-caprina, pero en dotaciones mínimas orientadas al autoconsumo. La diversificación pecuaria es una constante en estas explotaciones. Existen en promedio ocho especies de animales por explotación: cabras, ovejas, cerdos, gallinas, caballos, vacas, yeguarizos y pavos. Se observa una importante correlación positiva entre la superficie cultivada y la cantidad de animales, donde existe un incremento importante de vacunos, especialmente. Los animales menores (gallinas, pavos, cerdos) son criados en las cercanías de la casa, no tienen ningún tipo de infraestructura y generalmente se los alimenta con los granos provenientes del cultivo del maíz y con alfalfa.

Las explotaciones sin límites definidos no tienen alambrado perimetral, situación muy común entre los cam-

¹(EAP: Explotación Agropecuaria)

pesinos que solo mantienen un cerco de ramas para la actividad agrícola y hacen pastar sus animales en el monte (Paz, 2006). Tanto el ganado caprino como el ovino y el vacuno son criados a monte abierto. Ello implica una ausencia total de todo tipo de control referido tanto a la carga animal como a los cuidados sanitarios básicos.

La producción pecuaria está destinada en un 95% a cubrir los requerimientos alimenticios de la familia. Solo una pequeña proporción se orienta a un mercado totalmente informal, lo cual le permite a la familia campesina incorporar otra fuente de ingreso.

El desarrollo del sistema pecuario por sobre el agrícola se debe a la unión de varios factores:

a. Uso de mano de obra marginal: mantener o desarrollar un sistema pecuario no requiere la atención del jefe de familia o de los hijos en edad activa. Generalmente los animales son atendidos por los niños pequeños, ancianos y las mujeres del hogar.

b. Escasos niveles de inversión: la forma de crianza, según ya se ha expresado, no requiere de infraestructura básica como de alimentación. Los animales son criados alrededor de la casa y a monte abierto, y la oferta de alimentos proviene generalmente del monte (recolectado por los propios animales o por los niños), los sobrantes y desechos de la alimentación diaria de la familia y, en menor proporción, los de origen del sistema agrícola.

c. Marginalidad del agroecosistema: el sistema agrícola exige condiciones agroecológicas más favorables para su desarrollo, mientras que el pecuario, sobre todo aquellos compuestos por animales rústicos, presenta una mayor flexibilidad dentro de este contexto de fuertes condicionantes (Paz, 1995).

2. La producción agrícola: el policultivo cerco

La producción agrícola campesina de secano en Santiago del Estero se realiza en zonas bajas (bajos naturales), en terrenos seleccionados por su capacidad para guardar humedad en el perfil del suelo, donde se implantan policultivos tradicionales que incluyen maíz, cucurbitáceas varias y alfalfa. Se los denomina cercos. Estos tienen superficies que oscilan entre 0,25 y 5 hectáreas promedio, son limpiados del monte nativo y preservados de animales con cercados de ramas y plantas, preferentemente espinudas propias del lugar. Este monte nativo es el que rodea a la superficie de siembra, y dependen estas extensiones de las características agroecológicas de la zona provincial en donde se encuentran implantadas (Helman y Jorge, 2013).

Esta actividad agrícola, al igual que la pecuaria, se realiza destinando la producción al consumo familiar y de sus animales. Un testimonio así lo define: "En mi casa yo tengo aproximadamente una hectárea y media de cerco, que es donde cultivamos maíz, después todo lo que sea zapallo, ancós, calabaza, para consumo y

algo en parte, ancós esas cosas, para la venta (...)". Entrevista 2 en el Hoyon, Atamisqui, S. del E., 6-5-2010 (Desalvo, 2011).

Entonces, el cerco es un agroecosistema de policultivo, adoptado de forma ancestral y realizado de manera tradicional por las familias campesinas, rodeado de vegetación natural característica del Chaco semiárido y con bajos o nulos sistemas de aplicación de insumos externos.

Los sistemas de policultivos se basan en su máximo aumento en el aprovechamiento de la tierra en donde los campesinos poseen predios pequeños debido a sus condiciones socioeconómicas bajas y donde la producción de los distintos cultivos está sujeta a la cantidad de tierra que pueden limpiar, preparar, desmalezar y cosechar en forma manual en un tiempo limitado (Gutiérrez-Martínez *et al.*, 2007).

En los sistemas de policultivos se siembran dos o más especies de plantas en una misma área con suficiente proximidad espacial para dar como resultado una complementación entre especies o una competencia interespecífica.

En la actualidad, en Santiago del Estero no hay datos que describan el cerco, ni cuantifiquen los aspectos socio-productivos comprendidos en este.

A partir del conocimiento de estos sistemas tradicionales de siembra se podrán generar y adaptar tecnologías que mejoren sus producciones, ya que estos proveen al autoconsumo de las familias campesinas, contribuyendo de ese modo al desarrollo de estas.

Por ello, se planteó como objetivo del presente trabajo generar información que permita caracterizar la práctica productiva del cerco dentro del modo de vida campesino, en un área de secano de Santiago del Este, información que se pretende sirva de base para la elaboración de futuras estrategias de desarrollo, preferentemente hacia este sector de la sociedad que tiene una lógica de vida con sistemas de producción sostenibles, que no generan gases invernadero y que contribuyen a la conservación de la biodiversidad (Leisa, 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron 41 encuestas semiestructuradas al azar a familias campesinas, incluidas en el Programa ProHuerta del INTA y localizadas en los siguientes lugares: paraje La Estancita en el dpto. Capital; parajes Villa Río Hondo, Partillo, Pozo Huascho, Tres Flores en el dpto. Río Hondo y parajes Alta Gracia, Blanca Flor, Las Juntas y el Puestito en el dpto. Guasayán de la provincia de Santiago del Estero, entre julio y agosto del año 2013.

Los aspectos indagados en las encuestas fueron los siguientes: presencia de los cercos en las explotaciones campesinas, antigüedad de la práctica del cerco, tareas y cultivos usuales, dimensiones de los cercos, destino de la producción, origen de la mano de obra, y otros. (Helman y

Jorge, 2013). Los informantes seleccionados en cada familia fueron adultos mayores, sin discriminar género. Las encuestas fueron llevadas a cabo por los autores.

Los datos de precipitaciones, correspondientes a los departamentos Choya, Guasayán y Río Hondo, donde se realizaron las encuestas a familias campesinas, fueron obtenidos de información agrometeorológica del INTA Santiago del Estero.

RESULTADOS

Los representantes de las familias encuestadas fueron 17 mujeres y 24 hombres.

Cerco

De las 41 familias encuestadas el 93% realiza actualmente el cerco; solo un 7% de los encuestados no tiene cercos (pero los hacía anteriormente) por diversos motivos relacionados con problemas de propiedad de la tierra. Esto muestra que la siembra en cercos es una práctica muy difundida en la zona de las familias encuestadas, situación que es diferente en otras zonas de la provincia (Desalvo, 2011).

Antigüedad de los cercos que posee

El 95% de las familias encuestadas poseen el cerco con una antigüedad superior a los 5 años; dentro de este grupo, un alto porcentaje (54%) expresa la mayor antigüedad con una frase recurrente: "lo tengo desde siempre"; solo un 5% posee cercos de menos de 5 años.

Motivación

Las alternativas ofrecidas en la encuesta para indagar sobre este aspecto fueron: a) lo hace porque obtiene beneficios o b) lo hace porque ya lo hicieron sus ancestros.

El 100% de la gente expresa que realiza el cerco "porque es beneficioso" para su familia, aduciendo que lo que se produce en este sistema se destina al autoconsumo, descartando otros motivos como la tradición.

Cantidad de cercos

Un alto porcentaje (63%) de los encuestados tiene un cerco; luego con un porcentaje menor (27%) tiene dos cer-

Cercos	F	%
Sí realizan	38	93
No realizan	3	7
Total	41	100

Tabla 1. Cantidad (F) y porcentaje (%) de familias que realizan cercos. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

Antigüedad (años)	F	%
Menor o igual a 5	2	5%
Mayor a 5	39	95%
Total	41	100%

Tabla 2. Cantidad (F) y porcentaje (%) de antigüedad de realización de los cercos entre las familias encuestadas. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

cos; y por último el 10% restante corresponde a los que tienen tres cercos. Hay un total de 60 cercos trabajados actualmente por 41 familias en la zona encuestada.

Inicio de siembra

En la zona oeste de la provincia, que comprende los dptos. Río Hondo, Choya y Guasayán, el 80% de los encuestados inicia las siembras en un intervalo de tiempo que comienza la 1.ª quincena de noviembre y finaliza la 2.ª quincena de diciembre, con un mayor porcentaje (27%) sobre esta última.

Finalización de siembra

El 86% de los encuestados manifiesta que el período de finalización de siembras o de últimas fechas de siembra se extiende desde la 1.ª quincena de enero hasta la 2.ª quincena de febrero. Dentro de este período el mayor porcentaje (37%) de los encuestados siembra hasta la 1.ª quincena de enero.

Origen del agua del sistema

El 98% del agua que nutre los policultivos en los cercos proviene de las lluvias estivales. Solo un (1) productor de los relevados (2%) tiene su cerco a las orillas del lago de las Termas de Río Hondo, por lo cual siembra en el enlamedado con la humedad que queda al retirarse el lago, utilizando además el aporte de las lluvias.

Topografía del terreno del cerco

Los terrenos elegidos para realizar los cercos son los bajos naturales (95%) lo que permite almacenar el agua de las lluvias. Solo dos personas encuestadas (5%) contestaron en la categoría "otro", que corresponden a las de zonas serranas, en donde los campesinos siembran en los bajos y en parte de terrenos aledaños más elevados.

Cercado del terreno de siembra

Todas las personas encuestadas tienen cercada el área de siembra, de las cuales el 34% realiza el cercado del terreno con ramas y/o plantas espinudas y/o con un zanja- do perimetral. Un porcentaje menor (22%) realiza un cer-

MOTIVACIÓN	F	%
Beneficioso	41	100%
Tradición	0	0%
Otros	0	0%
Total	41	100%

Tabla 3. Cantidad (F) y porcentaje (%) de respuestas sobre la motivación por la que realizan los cercos de las familias encuestadas. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

CANTIDAD DE CERCOS	F	%	TOTAL DE CERCOS
Uno	26	63%	26
Dos	11	27%	22
Tres	4	10%	12
Total	41	100%	60

Tabla 4. Cantidad (F) y porcentaje (%) de respuestas sobre la motivación por la que realizan los cercos de las familias encuestadas. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

cado completo de alambre con varillas de madera; pero lo más utilizado (44%) es la combinación de los dos tipos anteriores, posiblemente por falta de recursos para hacerlo completo de alambre. En general comienzan cercando de manera tradicional con recursos del monte, y a medida que disponen de dinero para comprar alambre, lo van reemplazando al cercado tradicional.

Especies sembradas

La mayoría de los encuestados (78%) siembran policultivos donde combinan maíz con diversas especies de cucurbitáceas. Un 20% de estos agrega a estos policultivos otras especies como alfalfa o sorgo. Solo un (1) productor (2%) sembró un monocultivo de cucurbitáceas, reconociendo que no es una práctica habitual en él y se dio solo en una campaña.

Origen de la semilla de maíz

El 54% de los productores que cultivan el maíz (40), siembra su propia semilla que proviene de selecciones de cosechas anteriores, un 23% compra la semilla y otro 23% proviene de algún programa estatal provincial o nacional.

La semilla usada en las siembras provenientes de sus propias cosechas (criolla) manifiestan los campesinos que se selecciona de las mazorcas de mayor tamaño, con los granos más grandes y sanos; también manifiestan como un criterio de selección el sabor de las semillas al ser cocidas. Otra práctica habitual asociada a la propia semilla es la de intercambiarse parte de esta con sus familias vecinas.

FECHAS DE INICIO SIEMBRAS	F	%
2. ^a quincena de septiembre	2	5%
2. ^a quincena de octubre	2	5%
1. ^a quincena de noviembre	10	24%
2. ^a quincena de noviembre	2	5%
1. ^a quincena de diciembre	10	24%
2. ^a quincena de diciembre	11	27%
1. ^a quincena de enero	4	10%
Total	41	100%

Tabla 5. Cantidad (F) y porcentaje (%) de respuestas sobre las épocas de inicio de siembra de los cercos entre las familias encuestadas. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

FECHAS DE FINALIZACIÓN SIEMBRAS	F	%
2. ^a quincena de octubre	1	2%
2. ^a quincena de diciembre	4	10%
1. ^a quincena de enero	15	37%
2. ^a quincena de enero	4	10%
1. ^a quincena de febrero	5	12%
2. ^a quincena de febrero	11	27%
2. ^a quincena de abril	1	2%
Total	41	100%

Tabla 6. Valores y porcentajes de las épocas de finalización de siembra de los cercos entre las familias encuestadas. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

ORIGEN DEL AGUA	F	%
Lluvia	40	98%
Baldeo	0	0%
Otros	1	2%
Total	41	100%

Tabla 7. Valores y porcentajes de campesinos que utilizan agua para el desarrollo de sus cultivos de diferentes orígenes. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

Origen de la semilla de cucurbitáceas

Todos los productores relevados siembran cucurbitáceas, aunque generalmente no son mono específico, sino que siembran una mezcla de especies, a saber: calabazas, zapallos, ancós, anquitos, sandía, melón, otras. (Ledesma y Tasso, 2011). La práctica habitual es la siembra de la propia semilla (83%) (criolla) que proviene de selecciones de cosechas anteriores; solo se compra un 7%, y el 10% restante proviene de algún programa estatal provincial o nacional. Las semillas propias utilizadas en la siembra provie-

TOPOGRAFÍA DEL TERRENO	F	%
Alto	0	0%
Bajo	39	95%
Otros	2	5%
Total	41	100%

Tabla 8. Valores y porcentajes de los terrenos habituales elegidos para la siembra de los cercos entre las familias encuestadas. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

CARACTERÍSTICAS DEL CERCADO	F	%
Alambrado	9	22%
Recursos naturales del lugar	14	34%
Combinado	18	44%
Total	41	100%

Tabla 9. Cantidad (F) y porcentaje (%) de los tipos constructivos de cercado en los cercos de las familias encuestadas. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

nen de los frutos más sabrosos, de los cuales se separan, se limpian, y una vez secas se almacenan hasta el inicio de la campaña siguiente. También es habitual intercambiarse parte de las semillas con sus familias vecinas.

Arreglo espacial y tipos de siembras

Los campesinos encuestados utilizan 2 tipos de arreglos espaciales: en franjas e intercalados (Gliessman, 2002). Las siembras en cualquiera de estos arreglos pueden ser al voleo o en líneas, estas alternativas que se presentan en el terreno dan lugar a cuatro combinaciones.

Los productores entrevistados muestran una marcada preferencia a sembrar en líneas ya sea que siembren en franjas o intercalados, lo que se explica porque van sembrando en el mismo surco que va dejando el arado de man-cera (arado tradicional de un solo surco de tiro animal); además se prefiere porque las siembras en líneas facilitan los posteriores cuidados culturales del policultivo. Generalmente las siembras al voleo se realizan cuando la cama de siembra es preparada con rastra tirada por el tractor; cuando la rastra va pasando por el terreno, el sembrador sentado en esta va tirando la semilla mientras los discos del implemento van tapándola.

El 98% de los encuestados dijo que la forma de trabajar el cerco proviene de la tradición familiar.

Antigüedad de la práctica del cerco en su zona

Un alto porcentaje (85%) de los encuestados dice que los cercos en su zona se hacen desde siempre, expresión muy usada y que alude a que lo recuerdan desde su infancia

con sus abuelos. Hay un porcentaje menor que recuerda que se hace desde hace más de 5 años (10%), y una mínima cantidad lo recuerda como una práctica reciente (5%).

Origen de la mano de obra que trabaja en el cerco

El cerco es una actividad familiar, ya que casi todos sus integrantes colaboran en sus tareas (99%). Solamente en casos especiales se recurre a mano de obra externa a la familia. De los encuestados, slo 1 persona manifiesta que contrata a alguien para que la ayude en las tareas. Este caso se trata de un anciano que vive solo y ya no puede realizar las tareas más pesadas, pero que continúa con sus siembras contratando a un externo con ingresos de su jubilación.

Responsables de las tareas, edades y tipos de tareas

En los cercos el 56% del aporte de mano de obra la realizan los adultos, que se dedican a realizar todas las tareas que hacen falta; sin embargo, un 8% solo hace las tareas más pesadas ligadas a la preparación de los alambrados y del suelo antes de irse a los circuitos de trabajo estacional en otras áreas del país (Tasso, 2001; Ledesma y Tasso, 2011) quedando el cerco preparado para recibir las lluvias que posibiliten las siembras posteriores. En contraposición solo un 3% realiza las tareas más livianas.

Los jóvenes representan un 22% de la mano de obra en los cercos; de ellos un 65% realiza diversas tareas, un 29% realiza solo las que requieren menor esfuerzo y el 6% restante realiza las tareas pesadas.

En los cercos, la tercera fuerza laboral en importancia son los niños (13%), los que en su totalidad realizan tareas livianas como siembra, carpidas, cosecha, y en las que también es valorada aparte de su colaboración en el predio, el aprendizaje del saber hacer, transmitiéndose a través de las generaciones este conocimiento ancestral.

Los ancianos representan el 8% de la mano de obra que insume el cerco, de ellos un 80% realiza solo las actividades que requieren menor esfuerzo y el 20% restante realiza las tareas pesadas. Un 1% de los casos emplea mano de obra externa a la familia, para realizar todas las tareas. Las 41 familias encuestadas totalizan 60 cercos y 117,3 ha. En esta superficie trabajan en total 132 personas, de las cuales 41 son mujeres (30%).

ESPECIES SEMBRADAS	F	%
Maíz + Cucurbitáceas	32	78%
Maíz + Cucurbitáceas + Otras	8	20%
Otras	0	0%
Cucurbitáceas	1	2%
Total	41	100%

Tabla 10. Cantidad (F) y porcentaje (%) de las especies habitualmente sembradas en los policultivos de los cercos de las familias encuestadas. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

SEMILLAS DE MAÍZ	F	%
Comprada	9	23%
Entregada por un programa estatal	9	23%
Cosecha propia	22	54%
Total	40	100%

Tabla 11. Valores y porcentajes del origen de las semillas de maíz utilizadas habitualmente en las siembras de los policultivos en los cercos de las familias encuestadas. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

SEMILLAS DE CUCURBITÁCEA	F	%
Comprada	3	7%
Entregada por un programa estatal	4	10%
Cosecha propia	34	83%
NO siembra	0	0%
Total	41	100%

Tabla 12. Cantidad (F) y porcentaje (%) del origen de las semillas de las cucurbitáceas utilizadas habitualmente en las siembras de los policultivos en los cercos de las familias encuestadas. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

Destino de la producción de los cercos

El 90% de lo producido en los cercos se destina al autoconsumo familiar y de sus animales. Solo un 10% de los encuestados manifiesta que vende en forma ocasional los excedentes de la producción que no son consumidos, esto sucede generalmente cuando las condiciones ambientales del período satisfacen los requerimientos del cultivo obteniéndose producciones abundantes.

Adversidades manifestadas del cerco

Los mayores problemas manifestados por los campesinos son las sequías (81%) y los insectos (73%). En contra-

posición problemas considerados como de menor importancia son los animales (24%), la semilla no viable o mala (15%) y malezas (12%). Cuando se manifiesta el daño por animales, se refiere a daños por pisoteo y ramoneo del cultivo. El campesino suele referirse a semilla mala englobando en esta expresión los problemas de emergencia del cultivo de cualquier tipo, por ejemplo baja energía germinativa, bajo poder germinativo, ataques de plagas (insectos, patógenos), entre otros. No fueron mencionados como problemas (0%) la falta de mano de obra para trabajar el cerco, ni los problemas de fertilidad de suelos (nutricionales y estructurales).

DISCUSIÓN

Las tablas 1, 2, 14 y 16 referidas respectivamente a la cantidad de familias, a la antigüedad de los cercos que realizan los productores encuestados, a la antigüedad de esta práctica en la zona y a la participación de los niños en esta, dentro del área de estudio, nos demuestran que la producción de cultivos asociados bajo la modalidad descrita es una práctica generalizada (93%). En la provincia de Santiago del Estero se han reportado trabajos de diferentes áreas de secano, que evidencian que el cerco es un sistema de producción de cultivos difundido entre las familias campesinas (Tasso, 2001; Desalvo, 2011; Paz *et al.*, 2008). No obstante, el número de productores que realizan los cercos no son similares en todas las áreas de secano, como en el caso de la zona de Villa Atamisqui en donde gran parte de la mano de obra familiar se dedica al trabajo extrapredial familiar migrante estacional y en menor medida al cultivo de los cercos. Por un lado, en la zona de estudio que nos ocupa la mano de obra extrapredial es menor, la cual se emplea en los establecimientos agrícola-ganaderos de la zona. Algunos miembros de la familia son empleados de la Comisión Municipal local, que al volver a su casa diariamente se ocupan de su cerco (Rueda C., com. pers., 28 noviembre 2009). Por otro lado, los resultados afirman que se realizan de manera ancestral (95%), lo que coincide con lo expresado por Tasso (2001), con vigencia actual y con un conocimiento que es transmitido a los niños a través de la

COMBINACIONES DE SIEMBRA		F	%
Franjas al voleo	Son sectores de siembra contiguos o pegados, sin que se mezclen las semillas de cada especie, pero sembrados al voleo.	2	5%
Franjas en líneas	Son sectores de siembra contiguos o pegados, sin que se mezclen las semillas de cada especie, pero sembrados en líneas.	12	29%
Intercalados al voleo	Las especies incluidas en el policultivo se siembran juntas al voleo.	9	22%
Intercalados en líneas	Las especies incluidas en el policultivo se siembran juntas en líneas. Además pueden ser juntas "en la línea" o "líneas intercaladas" (aquí se contó sin discriminar estas combinaciones).	18	44%

Tabla 13. Cantidad (F) y porcentaje (%) de las modalidades de siembra de los policultivos en los cercos de las familias encuestadas. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

¿DESDE CUÁNDO RECUERDA QUE SE HACE/HACÍA EN SU ZONA?	F	%
Menor o igual a 5	2	5%
Mayor a 5	4	10%
“desde siempre”	35	85%
Total	41	100%

Tabla 14. Valores y porcentajes de la antigüedad de la práctica del cerco en las zonas de las familias encuestadas. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

ORIGEN DE LA MANO DE OBRA USADA EN EL CERCO	F	%
Familiar	40	98%
Extra familiar o empleado	1	2%
Total	41	100%

Tabla 15. Valores y porcentajes del origen de la mano de obra que trabaja en los cercos de las familias encuestadas. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

participación en las actividades cotidianas del sistema, concordando con lo mencionado por Ledesma y Tasso (2011).

El número total de miembros de las familias campesinas encuestadas que trabajan en los cercos es de 131. Si consideramos el CNA 2002 (INDEC, 2002), que afirma que el número promedio de miembros integrantes de una familia

rural tipo en Santiago del Estero es 5, podemos decir que el cerco ocupa el 64% de la mano de obra familiar. Esto nos indica que el cerco ocupa en total a la mayoría de los integrantes de la familia campesina en diferentes momentos y con diferentes roles y grados de participación (tabla 16).

Todos los cercos de las familias campesinas encuestadas están protegidos por una cerca perimetral para evitar daños ocasionados por el ingreso de animales criados y silvestres. Esta se construye con diversos materiales que se pueden resumir en: provenientes de recursos del monte circundante, de alambre y varillas de madera, o diferentes porcentajes de la combinación de los anteriores (tabla 9).

Las familias poseen entre 1 a 3 cercos, correspondiendo el mayor porcentaje a las familias que poseen un 1 cerco (fig.1). De las familias que poseen 1 cerco, un 46% construye el cercado perimetral con una combinación de sectores de alambrado y otros de ramas u otros elementos extraídos del monte; un 35% de estas realizan el cercado íntegramente con ramas espinudas y otros recursos del monte en su totalidad, y el 19% lo construye con alambre y varillas (fig. 2).

Las familias que poseen 2 cercos utilizan en un 45% los recursos del monte, un 36% lo realizan de alambre y un 18% combinando los dos recursos anteriores. Por último, las que poseen 3 cercos realizan el vallado combinando en diferentes proporciones recursos del monte y alambrado (fig. 2). En este último caso podemos inferir que su nivel de capitalización es mayor, por lo que el alambrado está siempre presente en la construcción del vallado perimetral en la medida que sus ingresos lo permiten, completa este con recursos del monte.

GRUPOS ETARIOS	F	%	TAREAS QUE REALIZAN EN EL CERCO	F	%
5 a 12 años: niños	17	13	Tareas pesadas (mantenimiento del cercado, preparación del suelo)	0	0
			Tareas livianas (siembra, carpidas, cosecha)	13	100
			Todas las tareas	0	0
13 a 21 años: jóvenes	29	22	Tareas pesadas (mantenimiento del cercado, preparación del suelo)	1	6
			Tareas livianas (siembra, carpidas, cosecha...)	5	29
			Todas las tareas	11	65
22 a 60 años: adultos	75	56	Tareas pesadas (mantenimiento del cercado, preparación del suelo)	3	8
			Tareas livianas (siembra, carpidas, cosecha)	1	3
			Todas las tareas	34	90
Mayores de 60 años: ancianos	10	8	Tareas pesadas (mantenimiento del cercado, preparación del suelo)	2	20
			Tareas livianas (siembra, carpidas, cosecha...)	8	80
			Todas las tareas	0	0
Extrafamiliar	1	1	Tareas pesadas(mantenimiento del cercado, preparación del suelo)	0	0
			Tareas livianas (siembra, carpidas, cosecha)	0	0
			Todas las tareas	1	100
Total personas que trabajan de 41 familias, en 60 cercos.	132				

Tabla 16. Valores y porcentajes de las tareas que realizan las personas en los cercos, discriminadas por grupo etario y origen de la mano de obra que trabaja en los cercos de las familias encuestadas. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

DESTINO DE LA PRODUCCIÓN	F	%
Autoconsumo familiar	0	0%
Autoconsumo animal	0	0%
Autoconsumo F+A	37	90%
Autoconsumo + venta	4	10%
Solo venta=4	0	0%
Total	41	100%

Tabla 17. Valores y porcentajes de los destinos principales de lo producido en los cercos de las familias encuestadas. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

Por una parte, las combinaciones de cultivos más utilizadas y tradicionales son las que incluyen el maíz y cucurbitáceas. Esto obedece a que el destino que le da el campesino a sus cosechas tiene un doble propósito, el autoconsumo humano y la alimentación de sus animales (vacas, cabras, cerdos, gallinas y otros) (tabla 17). Por otra parte, utiliza variedades locales, que están adaptadas al ambiente agroecológico del semiárido, lo que les permite minimizar los riegos de pérdidas de cosechas (tablas 11 y 12), corroborando los resultados obtenidos por Ledesma y Tasso (2011).

El período de lluvias comienza a acumular agua en el perfil a partir de la primera quincena de octubre, finalizando en marzo, por lo que no se realizan cultivos invernales en los cercos. Cuando se integra el período de siembra con las distribuciones históricas de las precipitaciones de la zona (fig. 3) se evidencia que la mayoría de los campesinos encuestados (90%) siembran desde la primera quincena de noviembre hasta la segunda quincena de febrero, período que coincide con las precipitaciones más abundantes en la zona.

Cuando los campesinos manifiestan que es solucionable el problema de los insectos, no se refiere a que realizan una intervención directa para controlarlos, sino que ellos dicen: "Y los insectos se van" como adjudicando a la naturaleza el rol de controlador de las plagas. Posiblemente ellos los ven sobre los cultivos, y ven sus daños, pero, no obstante, les permiten cosechar sus alimentos en mayor o menor medida

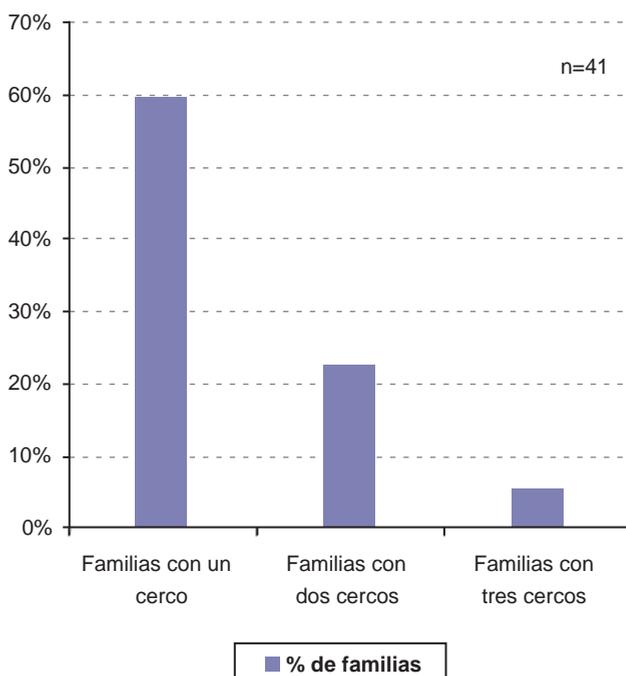


Figura 1. Porcentaje de familias campesinas que poseen 1, 2 o 3 cercos. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

en respuesta a sus necesidades. Unos pocos campesinos manifiestan que hacen curar "de palabra" sus cultivos.

Solo el 15% de los encuestados manifiesta como problema la semilla no viable o de emergencia de plántulas. Esto se debe a que acostumbra usar semillas seleccionadas de sus propias cosechas (criolla), lo que asegura adaptación a las condiciones agroecológicas del lugar y sus necesidades.

CONCLUSIONES

El cerco es un sistema de policultivo difundido entre las familias campesinas de las áreas de secano del territorio provincial, aunque con diferente magnitud de acuerdo a la

ADVERSIDADES	MANIFESTADAS COMO PROBLEMA (%)	MANIFESTADAS COMO SOLUCIONABLES (%)	MANIFESTADAS COMO NO SOLUCIONABLES (%)	NO MANIFIESTA (%)
Bichos (insectos)	73	68	5	27
Malezas	12	78	22	0
Animales	24	20	2	78
Semilla no viable	15	12	2	85
Falta mano de obra	0	0	0	100
Sequía	81	0	81	20
Tierra pobre	0	0	0	100

Tabla 18. Cantidad (F) y porcentaje (%) de las principales adversidades manifestadas por los campesinos encuestados. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

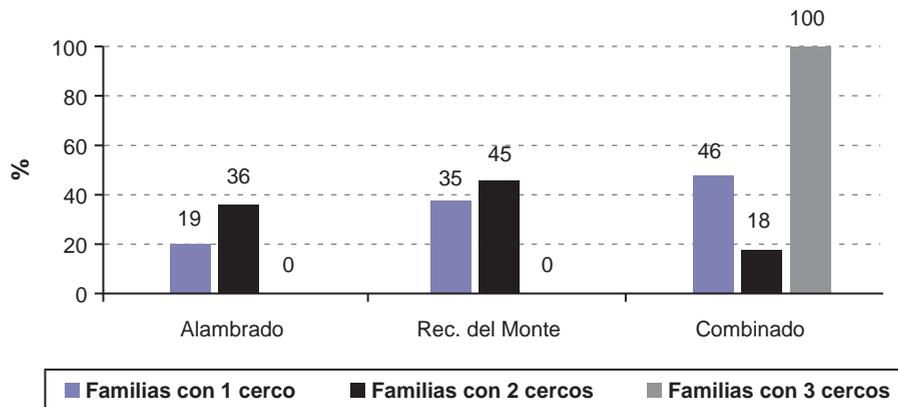


Figura 2. Porcentajes de cercos con diferentes tipos de vallados según el total de cercos por familia. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo. Santiago del Estero.

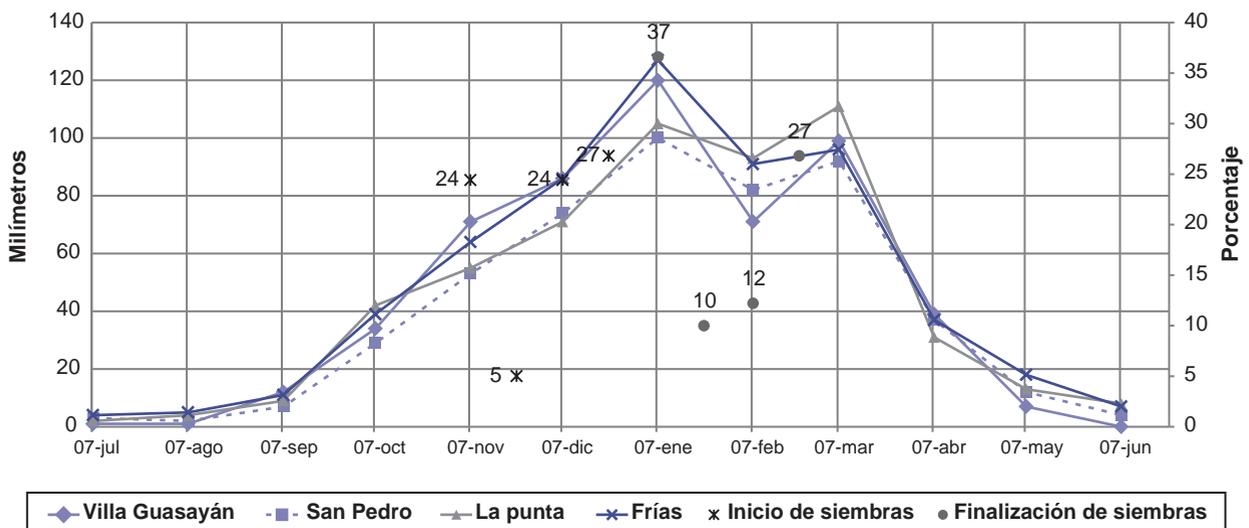


Figura 3. Distribuciones históricas de las precipitaciones (mm) en cuatro localidades del área encuestada y las fechas principales de Inicio y Finalización de siembra en los cercos de las familias encuestadas. Dptos. Choya, Guasayán y Río Hondo, Santiago del Estero.

zona. Su cultivo ocupa a la mayoría de los integrantes de la familia campesina, que conocen su manejo y forma de hacerlo, por ser transmitido a través de las generaciones de manera ancestral.

La zona elegida para construir los cercos es siempre en sitios bajos que reciben el agua de lluvia de los terrenos vecinos y aseguran la máxima captación. El sistema posee un vallado perimetral que lo delimita, en donde prevalecen las combinaciones de recursos del monte como plantas y ramas espinudas con tramos de alambrado convencional.

Los cultivos sembrados en este incluyen en forma predominante el maíz y plantas de porte rastrojero de la familia de las cucurbitáceas, sembradas en policultivos que pueden variar entre siembras en franjas o líneas intercaladas.

El uso de semillas de variedad, sobre todo las criollas y en arreglos de policultivos está adaptado a las condiciones locales de semiaridez, por lo tanto son los que aseguran valores estables de producción. El período de siembra utilizado coincide con las precipitaciones más abundantes en la zona.

En definitiva, la familia campesina utiliza el cerco para la producción del autoconsumo como parte de su estrategia integral de reproducción de su modo de vida (Periódico Acción, 2011), contribuyendo a la persistencia en sus lugares de origen.

BIBLIOGRAFÍA

Instituto Nacional de Estadística y Censo (INDEC). 2002. CNA (Censo Nacional Agropecuario). Resultados provincia de Santiago del Estero.

DESALVO, A. 2011. ¿Campesinos o asalariados rurales? Una caracterización social actual de las familias rurales del Departamento de Atamisqui, Santiago del Estero. *Mundo Agrario* 11 (22), 1-24.

ARETZ, I. 1954. Folklore del norte. Tucumán, Argentina. Disponible: <http://www.folkloredelnorte.com.ar/costumbres/curapalabra.htm> verificado 23 de octubre de 2013.

GLIESSMAN, S.R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Impresión Litocat, Turrialba, Costa Rica: CATIE, p. 380.

GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, A.; AGUILAR JIMÉNEZ, C.E.; GALDAMEZ GALDAMEZ, J.; MENDOZA-PÉREZ, S.; MARTÍNEZ AGUILAR, F.B. 2007. Impacto socioeconómico de los sistemas de policultivos maíz-frijol-calabaza en la Frailesca. Chiapas, México. | Seminario de Cooperación y Desarrollo en espacios Rurales Iberoamericanos sostenibles e indicadores. Almería, España, p. 7.

HELMAN, S.; JORGE, E.J.M. 2013. El cerco: un sistema de producción tradicional santiagueño. En ALBANESI, A.; PAZ, R.; SOBRERO, M.T., HELMAN, S.; RODRÍGUEZ, S. (Eds.). *Hacia la construcción del desarrollo agropecuario y agroindustrial. De la FAyA al NOA*. Ediciones Magna, Tucumán, Argentina, pp. 285-290.

LEDESMA, R.; TASSO, A. 2011. Empleo rural migrante y estacional en Santiago del Estero. En LEDESMA, R.; PAZ, J.; TASSO, A. (Eds.). *Trabajo Rural Estacional en Santiago del Estero*. OIT. Programa CEA. (MTEySS), Buenos Aires, Argentina, pp. 39-94.

VELAZQUEZ MILLA, D. 2010. Servicios financieros adecuados para la agricultura familiar campesina. *Leisa, revista de Agroecología* 26 (2), 36-40.

PAZ, R. 1995. Degradación de recursos en economías rurales empobrecidas en el noroeste argentino. *Debate Agrario* 23. CEPES. Lima. Perú, 51-67.

PAZ, R. 2006. El campesinado en el agro argentino: ¿repensando el debate teórico o un intento de reconceptualización? *European Review of Latin American and Caribbean Studies* 81, 65-85.

PAZ, R.L. 2008. Diversidad en los Sistemas Cabriteros Tradicionales y Estrategias Tecnológico-Productivas. *Arch. Zootec.* 57, 207-218.

GOMEZ, M. 2011. Yo soy la Tierra. Periódico Acción. Disponible: <http://www.incupo.org.ar> verificado julio de 2013.

TASSO, A. 2001. Teleras y sogueros. La artesanía tradicional de Santiago del Estero entre la cultura, la historia y el mercado. 5.º Congreso nacional de estudios del Trabajo. Buenos Aires. Argentina, p. 22.

Prácticas de manejo y producción en sistemas familiares de cría caprina en las quebradas áridas de Jujuy y Salta

SUÁREZ, V.H.¹, MARTÍNEZ G.M.², NIEVAS, J.D.³, QUIROGA ROGER. J.⁴

RESUMEN

Una encuesta transversal *ad hoc* se llevó a cabo en 40 unidades productivas familiares (UPF) de la Quebrada de Humahuaca y de la quebrada del Toro en las provincias de Jujuy y Salta respectivamente, con el objetivo de describir las prácticas productivas empleadas en sus majadas caprinas. La encuesta se realizó por conveniencia, seleccionando aquellas UPF que estaban dispuestas a recibir, en su predio, la visita de los encuestadores. Se recabaron datos del manejo, como prácticas en lo relativo a la alimentación, a la reproducción y a la salud de los caprinos. Para el análisis estadístico se utilizaron técnicas descriptivas, análisis de varianza y prueba de Tukey. Los productores encuestados eran propietarios de pequeñas superficies (promedio: 3,41±3,3 ha), criando mayormente sus animales sobre tierras fiscales, sin alambrados, ni límites fijos de las áreas de pastoreo. Las UPF tuvieron en promedio 124,5±102 caprinos (sin contar cabritos); el 79,7% eran cabras madres. Los biotipos predominantes fueron el Criollo, cruza Anglo Nubian x Criollo y Saanen sobre Criollo. Las instalaciones de las UPF fueron precarias, ya que en su mayoría solo constaban de corrales de piedra y enramadas y, en menor medida, de alambre romboidal; sin embargo la disponibilidad de agua fue buena. El sistema de cría fue predominantemente extensivo con encierre nocturno y la alimentación de la majada se basó en el pastoreo de los cerros en verano-otoño y de cultivos, rastros o residuos de fin de otoño al verano. Un 96,2% de las UPF ordeña manualmente, a media leche y tiene una producción promedio por cabra estimada en 0,59±0,31 litros. El 91,7% de los productores destinan la mayor parte del queso a la venta informal y autoconsumo de excedentes. Un 68% de las UPF venden carne caprina, aunque el destino de esta es mayormente para consumo familiar. En el 36% de las UPF el servicio es de tipo estacionado, mientras que en el resto es continuo. La parición promedio se concentra en tres períodos: abril-junio (46%), julio-agosto (31,5%) y septiembre-octubre (13,7%) donde pare casi la totalidad de la majada y una segunda parición de algunas cabras (15,2%) entre noviembre-enero. El porcentaje de cabras paridas sobre servidas fue de 79,4±18% y el de cabritos señalados por cabra en servicio fue de 66,7±26 %. La mortalidad perinatal promedio fue de 16,5±11,5%. El manejo sin o con poca permanencia de pastoreo en los cerros favoreció ($p<0,03$) la producción de leche, como el número ($p<0,09$) de cabritos señalados sobre cabras en servicio en comparación con un mayor tiempo en los cerros. El estacionamiento del servicio también mejoró ($p<0,004$) la señalada y disminuyó ($p<0,05$) la mortalidad perinatal. En cuanto a prácticas sanitarias rutinarias de las UPF, el 61,5% inyectaba complejos minerales-vitamínicos, una (79%) o dos (19%) veces al año a toda la majada, generalmente durante la parición y en solo un 15,4% se vacunaba contra enfermedades clostridiales. El 92,3% de los productores desparasitaba la majada y de estos un 54,2% lo realizaba 2 veces: en otoño y primavera. El 71,8% trata los piojos. Estos primeros resultados muestran la importancia de llevar a cabo y validar estudios más específicos respecto del manejo general, alimenticio, reproductivo y sanitario de las majadas, ya que las limitantes productivas registradas son importantes y con prácticas sencillas y

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Área de Investigación en Salud Animal- IIACS-CIAP, Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Salta

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA), Salta.

³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Agencia de Extensión Rural (AER) Hornillos, Jujuy.

⁴Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Investigación para la Agricultura Familiar del Noroeste Argentino (IPAF NOA). Correo electrónico: suarez.victor@inta.gov.ar

apropiadas para la agricultura familiar sería posible incrementar la producción y elevar el bienestar general de las familias productoras.

Palabras clave: caprinos, prácticas productivas, agricultura familiar, quebradas áridas del NOA.

ABSTRACT

A cross-sectional survey was performed in 40 family farming units (FFU) from the Quebradas of Humahuaca and Toro of Jujuy and Salta provinces, with the aim of describing production practices in their goat flocks. Farmers were subjected to an ad hoc survey to gather data on general management and specific feeding, reproduction and health practices. Analysis of variance and the test of Tukey were used for statistical analyses. FFUs had on average 124.2 ± 102 goats (not including kids), with 79.7% being does. Predominant biotypes were Criollo, Criollo- Anglo Nubian crosses and Criollo-Saanen crosses. FFU facilities were very poor and water availability was limited; facilities were mostly composed of corrals enclosed by logs or rocks and to a lesser extent by rhomboidal wire. Animals are extensively bred, with nocturnal enclosure, and flock feeding is based on grazing the hills or grazing the crops or their residues. The 96.2% of the FFU produce milk by hand-milking method and an average yield of 0.59 ± 0.31 liters per goat. FFU milk production is devoted to the sale of cheese (92%) or internal consumption (8%). Meat production is dedicated to sale a minimum number of kids, wethers and adult goats (68%) or entirely to self-consumption. Breeding is continuous (64%) or stationed (36%) and average kidding is concentrated in three periods: April-June (46%), July-August (31.5%) and September-October (13.7%) when almost all the flock kids, and a second kidding that was in November-January (15.2%). The kidding goats per mating goats was $79.4 \pm 18\%$ and the kid weaned rates per mating goat was $66.7 \pm 26\%$. Mean annual perinatal mortality rate per flock was $16.5 \pm 11.5\%$. The management of goats with little or no permanence on the mountains favored ($p < 0.03$) milk production and weaning kids ($p < 0.09$) per mating goats. The fixed mating time also improved ($p < 0.004$) the weaning kid rate and decreased the ($p < 0.05$) perinatal mortality. The 61.5% of FFUs provide all the flock with mineral-vitamin mixtures one (79%) or twice (19%) a year and only the 15.4% vaccinated against clostridium diseases. Farmers (923%) routinely treat all the flock against parasites in autumn and spring and of those, the 54.2% treat twice a year. The 71.8% of owners treated against lice. These results show the importance of carrying out and validate more specific studies on nutritional, reproductive and health management of flocks, as production constraints registered are important and with simple and appropriate practices for small-holders flocks would be possible to increase production and raise general welfare of farming families.

Keywords: goats, production practices, family farming, northwest arid canyons.

INTRODUCCIÓN

En las quebradas áridas de Jujuy y Salta la producción de leche y de carne caprina es una actividad que se encuentra en manos de pequeños productores que manejan una economía de subsistencia. Su producción se basa en la cría de cabras y en menor medida, ovejas; los quesos artesanales, los cabritos y los capones son los principales productos para comercializar principalmente de manera informal. Son generalmente modelos productivos estacionales y de baja productividad de leche. El destino de la leche producida, casi en su totalidad, es para la elaboración de quesos artesanales, tanto para el consumo interno de las familias como para la venta en las localidades cercanas. El turismo ha sido y es actualmente un estímulo importante para el crecimiento productivo de estos sistemas y para la economía familiar.

Sin embargo, este tipo de explotaciones familiares tiene graves condicionantes productivos que afectan tanto a la

competitividad como a la sustentabilidad del sistema. Entre esas limitantes podemos citar la falta utilización de insumos y la poca adopción de tecnologías simples en el manejo alimenticio, genético, reproductivo y sanitario de la majada. También existen condicionantes ligados tanto a la inocuidad como a la comercialización no formal de sus productos.

Dentro de esta problemática, existe escasa información sobre el uso de la flora nativa, arbustales o pastizales, como fuente de alimentación, combinado con los diferentes manejos reproductivos o el comportamiento de los diversos biotipos. También, aunque hay avances en cuanto al diagnóstico de la situación sanitaria animal (Suárez *et al.*, 2015) y en cuestiones de inocuidad-calidad de los productos (Suárez *et al.*, 2014a) faltan estudios más profundos que posibiliten aportar estrategias de control y mejoras adecuadas a este tipo de producción familiar. En lo referente a lo que hace a la salud de las majadas e inocuidad, lo sanitario tienen gran relevancia porque además de perjudicar la pro-

ductividad de la majada, pueden afectar seriamente la salud de las familias y de los consumidores al estar expuestos a las posibles enfermedades transmisibles al hombre.

A pesar de que existen ciertos trabajos llevados a cabo para identificar los sistemas productivos, las posibilidades genéticas o los problemas de salud de los caprinos o la calidad de los productos en diferentes regiones del país (Trouve *et al.*, 1983; Dayenoff y Carrizzo, 1993; Rigalt *et al.*, 1993; Silvetti y Soto, 1994; Bedotti y Rodríguez 2002; Gutman *et al.*, 2004; Paz *et al.*, 2005; Bedotti *et al.*, 2007; Paz *et al.*, 2007; Chávez *et al.*, 2009; Gaido *et al.*, 2013; Suárez *et al.*, 2015) es poco abundante la información disponible sobre los sistemas de cría caprina en Argentina y específicamente es muy poco lo citado sobre el sistema y la problemática productiva de las majadas explotadas en las regiones áridas del NOA.

De acuerdo a lo expresado, el objetivo de esta encuesta directa a productores cabreros fue caracterizar las prácticas relacionadas con el manejo forrajero y alimenticio, el manejo reproductivo, la genética, y registrar datos de producción y comercialización orientados a poder proponer estrategias para generar y transferir tecnologías que permitan lograr mayor competitividad a esta producción familiar de las quebradas áridas de Jujuy y Salta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo y lugar de la encuesta

Una encuesta transversal se llevó a cabo entre abril 2012 y septiembre 2014 en 40 unidades productivas familiares (UPF) ubicadas en los departamentos de Tumbaya ($n=17$) y Tilcara ($n=13$) en la Quebrada de Humahuaca (Jujuy) y de Rosario de Lerma ($n=10$) en la Quebrada del Toro (Salta). La encuesta se realizó por conveniencia, seleccionando aquellas UPF representativas de la región de acuerdo a la tenencia de cabras según la experiencia en la región de referentes y extensionistas del INTA, del Gob. de Jujuy y de la S. de Agricultura Familiar, que estaban dispuestas a recibir en su predio la visita de los encuestadores.

Cuestionario

A partir de la respuesta de los productores de cada UPF se completó un cuestionario que constó de una lista de 60 preguntas. La encuesta se constituyó por una parte inicial donde se recabaron datos generales de la explotación ta-

les como número de caprinos, categorías, superficie ganadera, actividad principal, infraestructura, entre otros, y por otra parte referida a prácticas utilizadas en el manejo forrajero y alimenticio, el reproductivo, sobre la genética, acerca del manejo sanitario y preguntas generales de índices productivos y aspectos de comercialización. En cada una de las 40 UPF se observaron los animales y las instalaciones.

Análisis de los datos

Los datos fueron chequeados a diferentes niveles para descartar errores y en algunos casos de inconsistencias se volvió a llamar telefónicamente al productor o a los técnicos involucrados en terreno. Para el análisis estadístico se utilizaron en primera instancia, técnicas descriptivas (Thrusfield, 1997). El análisis de varianza, la prueba de Tukey fueron aplicadas para comparar variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de las UPF

Los productores encuestados eran propietarios de pequeñas superficies (promedio: $3,41\pm 3,3$ ha), criando mayormente sus animales sobre tierras fiscales, sin alambrados, ni límites fijos de las áreas de pastoreo, compartiendo las tierras de alimentación o a veces los machos reproductores. La tabla 1 muestra el total de UPF y de caprinos de los departamentos encuestados (RIAN, 2010) y los porcentajes que representan el número de UPF y el total de caprinos que estas criaban.

En el Dpto. de Rosario de Lerma que comprende a la Quebrada del Toro, el porcentaje de UPF encuestado fue bajo, pero hay que destacar que este departamento contiene productores de otras zonas agroecológicas no comprendidas en esta encuesta, como la de Valles Templados y de Puna.

Las UPF muestreadas criaban en promedio $124,5\pm 102$ caprinos, sin contar los cabritos menores a los 45 días de edad ($41,4\pm 42,2$) debido a que su número, al momento de las visitas, variaba de acuerdo a si estaban en plena parición o si habían sido consumidos o vendidos. La figura 1 muestra los promedios de las existencias caprinas por categorías que criaban las UPF.

En cuanto a la composición genética de las majadas, en el caso de los reproductores (chivatos) el 44% era de raza Anglo Nubian o de cruza de esta con biotipo Criollo; un

Departamento	UPF totales	Caprinos totales	UPF encuestadas	%	Total de caprinos de UPF encuestadas	%
Tumbaya	133	7372	17	12,8	1683	22,8
Tilcara	83	3183	13	15,7	1256	39,4
R. de Lerma	257	15436	10	3,9	880	5,7

Tabla 1. Total de unidades productivas familiares (UPF) y de caprinos de los departamentos encuestados y los porcentajes que representan el número de UPF y el total de caprinos de estas.

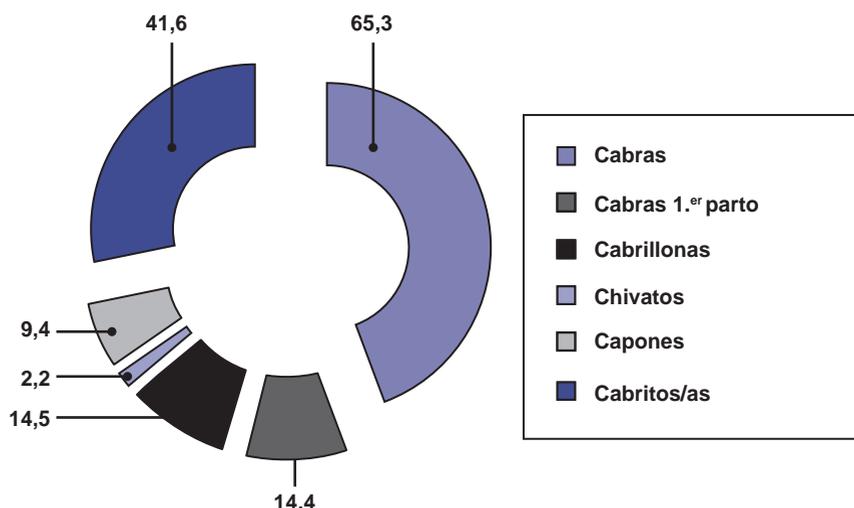


Figura 1. Promedios del número de caprinos existentes en las unidades productivas familiares discriminadas por categorías.

40% de biotipo Saanen cruzado con Criollo y un 16% con características de Criollo. La genética de las hembras respondió en un 33,3% al biotipo Anglo Nubian cruzado con Criollo, el 29,2% Criollo con sangre Saanen, un 25% a las características del biotipo Criollo y un 12,5% con el fenotipo Criollo con ciertas características del Anglo Nubian conjuntamente con las del Saanen. Como materia de discusión se debe considerar el elevado porcentaje de cabras con características de Anglo Nubian o Saanen y la dificultad de precisar cuáles cabras respondían a las características de criollas del tipo andino, más si consideramos que las referencias sobre su caracterización son escasas (Fernández, 2014). Se sabe que el ganado caprino Criollo del NOA proviene de las cabras que los conquistadores españoles trajeron del Perú en el siglo XVI y que, en general, la denominación Criollo corresponde a una hipótesis que formula que la cabra Criolla, luego de un largo proceso de selección natural, un mínimo de selección artificial y probables procesos de constricción y expansión, es una raza con particularidades ya propias, adaptada a la región donde habita y diferente de sus antecesoras europeas (Poli *et al.*, 2005).

Por un lado, en cuanto a la cría de otras especies el 76,9% de las UPF criaba ovinos, el 34,6% bovinos y el 38,5% cerdos. Por otro lado, un 53,8%, 96,2% y 76,9% de las UPF declararon tener respectivamente equinos, perros y gatos (figura 2). El 100% de las familias criaban también aves de corral.

Las instalaciones de las UPF fueron precarias, en su mayoría solo poseían de 1 a 3 corrales de piedras y enramadas y, en menor medida, de alambre romboidal (generalmente provisto a través de la mesa caprina, Ley Nacional N.º 26141 /2006 o por campañas municipales). Los corrales no contaban con subdivisiones, salvo un lugar especial para los cabritos que, por lo general, constaba de un techo de chapa o adobe y, a veces, con reparo en 1 o 2 de los laterales. Los comederos y bebederos cuando existían esta-

ban hechos a partir de cubiertas de vehículo, de recipientes plásticos o de lata cortados por la mitad. Solo un 19% tenía al menos un galpón mediano.

En cuanto a su higiene, un 76% de las UPF encuestadas limpiaban el guano del corral de las cabras una vez al año, generalmente cambiando luego a otro corral limpio. El guano era utilizado para la fertilización de sus huertas o frutales o para la venta en un 43%.

El recurso agua de bebida para la majada, en general, era suficiente y de buena calidad (94,7%) y suministrada a partir de vertientes en la Quebrada de Humahuaca; en cambio, en la Quebrada del Toro el 50% rebaños se proveían de agua del río de regular calidad, reservándose el agua de vertiente para consumo humano.

Prácticas de manejo

En principio, aunque la majada es atendida por toda la familia, las mujeres son las más involucradas en esta tarea. El 76,9% de las UPF, en general, manejan la majada de la siguiente forma: llevan a pastar a la majada cuesta arriba en las vegas y los cerros, cuando estos tienen buena disponibilidad de pasto en el verano, desde enero hasta abril-mayo o más tarde, de acuerdo al clima. En otoño previo al parto o con parte de la majada parida, llevan las cabras a las tierras bajas o al valle, donde están sus viviendas y allí las alimentan con maíz, alfalfa y pasto, residuos de la huerta o de árboles frutales. El resto que no practica este movimiento o trashumancia de la majada, la alimenta todo el año cerca de las viviendas de las familias propietarias. Para aprovechar la leche, algunas familias conservan con ellas durante el verano las cabras que son ordeñadas o suben la majada a los cerros recién en marzo. Aquellas UPF con poca mano de obra familiar, contratan a un “chivero” a partir de algo de paga y consumo para que cuide la majada

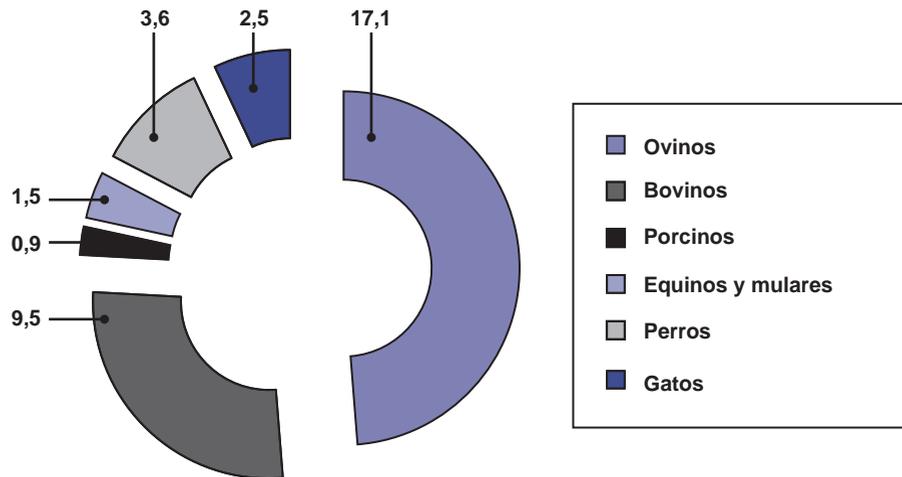


Figura 2. Promedios de las existencias totales de otras especies criadas en las unidades productoras familiares (UPF) encuestadas.

en el cerro. Generalmente, este cuida a más de una majada que pastan juntas.

En cuanto a la disponibilidad de forraje, más del 90% de las UPF disponen de pequeños cuadros donde muy pocos superan la $\frac{1}{2}$ ha de maíz y o de alfalfa. En el 84% de las UPF se suplementa solo a las recién paridas, a los cabritos mamones o a las cabras en ordeño.

La cría es extensiva con encierre nocturno, donde las cabras se liberan a pastoreo, luego de ser ordeñadas, a partir de las 12-14 h y vuelven al corral entre 17 y 18:30 h. El sistema de ordeño es a media leche, donde luego del parto los cabritos quedan en el corral y solo maman luego del ordeño, antes de liberar a sus madres a pastoreo y nuevamente al juntarse con ellas cuando vuelven al atardecer. Por la noche los cabritos son separados o se les colocaba un morral para que no mamen de sus madres. A los cabritos durante el día se los suele suplementar con alfalfa, afrechillo, leche de soja, o maíz desgranado. Como la prioridad es la leche, en muchas UPF en las pariciones múltiples, se deja solo un cabrito a media leche, mientras que se sacrifica al otro.

Por lo general, el suplemento de los animales está lejos de cubrir sus necesidades alimenticias, las cuales también se verían afectadas debido al poco tiempo de que disponen las cabras para alimentarse en pastoreo (entre 4 y 6 h) mientras están bajo ordeño.

El ordeño y la comercialización de productos

Un 96,2% de las UPF ordeña manualmente y en el corral, en promedio 39 ± 26 cabras, que representa el 60% del total de hembras en servicio, con una producción promedio por cabra estimada en $0,59 \pm 0,31$ litros durante 4 a 6 (promedio: $5,73 \pm 1,8$) meses (tabla 2). Esto marca una diferencia con otras regiones del NOA, como la del Chaco Salteño Semiárido, donde solo en un 43,2% de las UPF se ordeña

un porcentaje de las cabras luego de la venta de sus cabritos, lo cual es su principal producción (Suárez *et al.*, 2015).

Aunque no hay estudios precisos, de acuerdo a las declaraciones de los encuestados, el rinde promedio de estas cabras criollas con sangre Anglo Nubian o Saanen estaría estimado en 60-80 litros totales por cabra por lactancia en verano que es cuando más producen. Se estima que comenzarían con una producción promedio de 0,6 a 1 litros diarios y luego de 5-6 meses de lactancia, un 40% que aún no se habrían secado producirían no más de 0,30 litros diarios. Comparar esta producción con la de otras cabras criollas bajo otros ambientes y manejos es difícil debido a la falta de antecedentes de la producción de cabras Criollas; en sistemas con riego de Santiago del Estero bajo mejores condiciones de explotación, se pudo registrar en diferentes lactancias de 34 a 173 litros totales (Paz *et al.*, 2002; Fernández *et al.*, 2007). Aunque sin mostrar diferencias ($p < 0,53$), se observaría en la tabla 3, una tendencia del biotipo Saanen a producir más leche que el Criollo, a pesar de que entrarían en juego otras variables ligadas fundamentalmente al manejo que afectan el rinde lechero como para poder dar una opinión concluyente.

Desde el punto de vista genético un relevamiento bajo diversas realidades productivas muestra que la oferta de reproductores mejoradores de razas Saanen o Toggenburg incrementarían la producción láctea en al menos más de un 30-50% en los sistemas intensivos basados mayormente en biotipos cruza Saanen (Suárez y Maizon, 2012). El manejo de las majadas, especialmente de aquellos que están más comprometidos con la venta de productos derivados de la leche, muestra como aquellas majadas que permanecen en los valles o poco tiempo en los cerros producen más leche por cabra ($p < 0,03$) que aquellas que deben permanecer más de 90 días en los cerros (tabla 4); probablemente esto ocurra debido al mayor cuidado que reciben las cabras manejadas cerca de sus propietarios en los valles.

Estaciona servicio	Leche (litros)	Mortalid. Perin. (%)	Paridas /servidas (%)	Señalados /servidas (%)
No	0,53 a	11,1 a	79,9 a	53,6 a
Sí	0,69 a	21,2 b	79,5 a	83,5 b

Tabla 2. Producción de leche, mortalidad perinatal, porcentaje de cabras paridas sobre servidas y porcentaje de cabritos señalados sobre cabras servidas de acuerdo a si estacionan o no el servicio.

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

Raza	Leche (litros)	Mortalid. Perinat. (%)	Paridas /servidas (%)	Señalados /servidas (%)
Criolla	0,49 a	11,3 a	86,6 a	69,5 a
Cruza A. Nubian	0,55 a	18,2 a	80,4 a	58,6 a
Cruza Saanen	0,67 a	19,8 a	73,4 a	70,5 a

Tabla 3. Producción de leche, mortalidad perinatal, porcentaje de cabras paridas sobre servidas y porcentaje de cabritos señalados sobre cabras servidas de acuerdo al biotipo predominante en la majada.

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

El rinde de esta leche es muy elevado, ya que según sus propietarios, con 20 litros diarios, producen 3 moldes de 0,7 a 0,8 kg, obteniendo en promedio 1 kg de queso con 6,5 litros. Estos datos están alineados con los elevados porcentajes de sólidos totales ($15,09\pm 1,18\%$) obtenidos de la leche de cabras explotadas bajo un ambiente similar, en los áridos Valles Calchaquíes (Chávez *et al.*, 2011).

La producción en promedio en el 57,9% de las UPF se prolonga de mayo a fin de febrero, donde las cabras de parición de otoño producen leche de junio a noviembre y las de primavera de noviembre a febrero, mientras que un 42,1% produce leche solo en verano. La leche de cabra se usa para la elaboración de quesos en todas las UPF, aunque un 18,2% también consume leche. El consumo de leche se fue dejando con el tiempo, y mayormente las actuales familias prefieren comprar leche de vaca.

El 91,7% de los productores destinan la mayor parte del queso a la venta informal y al autoconsumo de los excedentes y el 8,3% restante solo al autoconsumo. En un 8% de las UPF se ordeñaban también ovejas de tipo criollo para aumentar el rinde del de cabra, aunque de estas ovejas solo extraían aproximadamente 100 ml por

cabeza. En otras UPF (8%) se ordeñaban escaso número de vacas.

En cuanto a la venta de carne caprina, un 68% de las UPF venden informalmente en promedio $16,3\pm 10$ cabritos jóvenes de 6-7 meses de edad, vendiéndose los de la parición de otoño y los de primavera respectivamente en diciembre para las fiestas y en Pascuas. También un 40% de las UPF venden capones (promedio: $14,0\pm 9$ cab.) de más de un año de vida y un 24% vende cabras adultas (promedio: $8,4\pm 8$ cab.). Esto difiere de la producción de otras regiones tradicionales productoras de cabritos del país, donde la producción de carne es brindada mayormente por la venta de cabritos de no más de 55 días de edad (Rigalt *et al.*, 1993; Bedotti *et al.*, 2007; Suárez *et al.*, 2015; Contreras *et al.*, 2016). De todas las UPF, solo un 12% destinaban toda la producción caprina para consumo propio; igualmente todas las UPF destinan mayormente capones mayores al año de edad o animales adultos para autoconsumo.

Datos reproductivos

Mayormente, los chivatos están todo el año con las cabras, sin embargo, un 38,4% de los productores encues-

Manejo	Leche It.	Mortalid. Perinat. (%)	Paridas /servidas (%)	Señalados /servidas (%)
Cerro (>90d)	0,47 a	17,1 a	78,2 a	59,2 a
Valle (>90d)	0,75 b	15,2 a	82,8 a	78,1 a

Tabla 4. Producción de leche, mortalidad perinatal, porcentaje de cabras paridas sobre servidas y porcentaje de cabritos señalados sobre cabras servidas de acuerdo al manejo de la majada: sin traslado o con traslado menor a 90 días a los cerros (valle), o con traslado mayor a 90 días (cerro).

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

tados estacionan el servicio, por lo general, en verano y mediados de otoño para ordenar la producción de leche. La práctica del estacionamiento del servicio muestra que favorece el número ($p<0,004$) de cabritos señalados y disminuye ($p<0,05$) la mortalidad perinatal (tabla 2).

En muchos casos los chivatos se cruzan a majadas vecinas debido a la falta de alambrados o al pastoreo conjunto al ser las majadas arriadas a los cerros.

La parición promedio se concentra en tres períodos, en abril-junio (46,0%), julio-agosto (31,5%) y septiembre-octubre (13,7%) donde pare casi la totalidad de la majada (91,2%) y una segunda parición de algunas cabras ya paridas en otoño (15,2%) que se reparte a su vez entre noviembre-enero (figura 3). Esto muestra la presencia de celo desde el inicio y durante el verano y un celo a fines de otoño-inicio de invierno, probablemente de aquellas cabras abortadas o que perdieron tempranamente su cabrito.

Según relato de los propietarios sobre la performance reproductiva de sus majadas, el porcentaje de cabras paridas sobre servidas fue de 79,4±18%. Además, el porcentaje anual de cabritos nacidos y señalados por cabra en servicio fue respectivamente de 85,7±27 y 66,7±26 %, lo que señala un bajo porcentaje de partos múltiples y un 87,7±27% de cabritos señalados sobre cabras paridas. Este último dato puede explicarse a partir del registro de una alta tasa promedio de mortalidad anual de los cabritos de más de 48 h de vida hasta el destete que fue según lo declarado del 37,3±40%. Estos valores son altos, aunque serían aún mayores si no se vieran compensados porque, aunque en un porcentaje bajo, algunas cabras presentan dos pariciones anuales.

Según una comunicación de Suárez *et al.* (2014b) también los registros de abortos promedio y de mortalidad peri-

natal (<48 h de vida) promedio que fueron respectivamente de 8,6±8,5% y de 16,5±11,5% conspiraron contra la eficiencia reproductiva de estas majadas.

Aunque los análisis de los datos reproductivos para los diferentes biotipos raciales y el manejo no arrojaron diferencias significativas, se observa una tendencia en el biotipo criollo a mostrar menor (0,25) porcentaje de mortalidad perinatal y mayor ($p<0,3$) porcentaje de cabras paridas sobre servidas, o sea una mayor tendencia a adaptarse al ambiente. Sin embargo, el elevado nivel de sangre Anglo Nubian y Saanen incorporado en las majadas imposibilita toda conclusión. En cuanto al manejo, la mayor o total permanencia de la majada en los valles muestra igualmente una tendencia a mayor ($p<0,09$) tasa de señalada por cabra en servicio (tabla 4).

Prácticas sanitarias

La única vacuna declarada en la encuesta, que solo se aplicaba en un 15,4% de las UPF, fue la de enterotoxemia, mancha y gangrena gaseosa, aunque en su gran mayoría se daba una única dosis anual.

El 61,5% inyectaba complejos minerales-vitamínicos, una (79%) o dos (19%) veces al año a toda la majada en forma rutinaria, generalmente durante la parición. Algunos solo trataban a los animales en mal estado. En pocas UPF se dosificaba cobre inyectable a la majada.

El 92,3% de los productores desparasitaba contra nematodos gastrointestinales y o *Fasciola* en forma rutinaria toda la majada, mayormente en otoño o también en julio; un 54,2 lo hace dos veces al año agregando la otra desparasitación en el período septiembre-octubre o en diciembre.

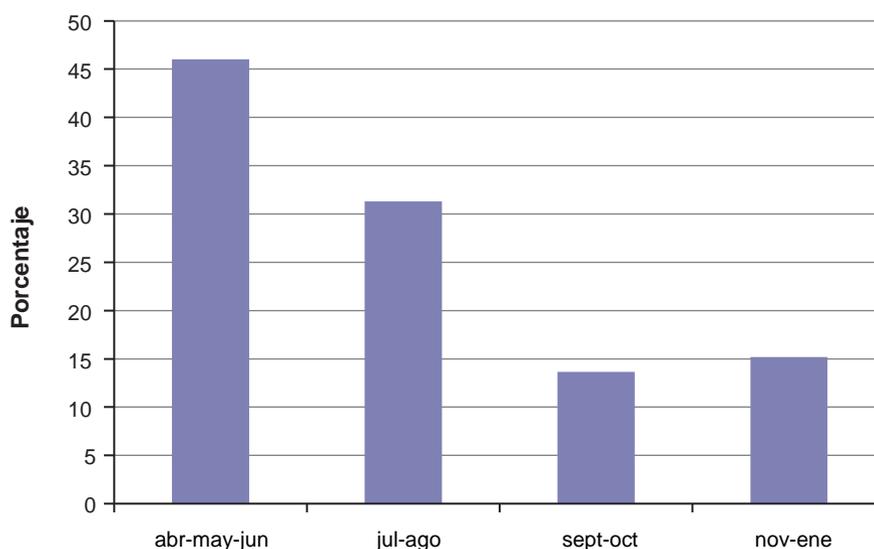


Figura 3. Porcentaje promedio de la distribución de las pariciones en el año.

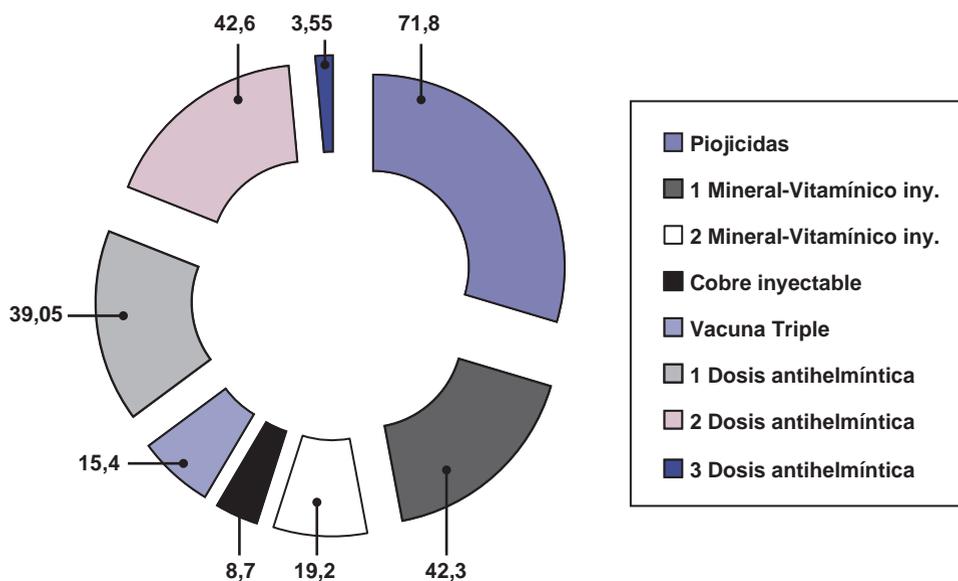


Figura 4. Porcentaje de UPF que utilizan ciertas prácticas veterinarias. Los números que anteceden a ciertas prácticas corresponden a la cantidad de veces en el año que se emplean.

De estos tratamientos en el 47, 29 y 24% de los casos se usa respectivamente ivermectina, albendazole y closantel.

Además en el 71,8% de las UPF se trataba a los cabritos mediante piojicidas aplicados por derrame dorsal *pour on* o en menor medida con ivermectina, solo a los que se los veía muy parasitados.

Al analizar el manejo sanitario de la majada, se puede observar el poco uso de vacunas preventivas, o el exceso de uso de antiparasitarios en una región árida donde la incidencia de los nematodos gastrointestinales es baja y debería priorizarse el diagnóstico antes de desparasitar. Pero en general, por las prácticas sanitarias registradas, todo señala el poco conocimiento sobre su problemática sanitaria ni de cómo prevenirla, este hecho se repite con los pequeños productores familiares en diferentes regiones de nuestro país (Robles *et al.*, 2008; Mancebo *et al.*, 2011).

CONCLUSIONES

Aunque la muestra dista de comprender un número de UPF estadísticamente significativo, y que el método de elección no las libra de sesgos, las UPF encuestadas tienen a su favor que representan, en general, las características de producción de la región, de acuerdo a los criterios y comunicaciones personales de los referentes de las instituciones que trabajan en los territorios (INTA, S. Agricultura Familiar, Gob. de Jujuy). A pesar de que estos primeros resultados deberían acotarse a las 40 UPF encuestadas, dan una orientación sobre la problemática y limitantes de la cría caprina de esta región, donde las majadas se caracterizan por ser medianas a poseer menos de 50 cabras y por tener

además de caprinos, ovinos. El estudio, bajo un muestreo completamente aleatorizado, de las posibilidades lecheras de los diferentes biotipos bajo determinados manejos debería ser realizado, al igual que la evaluación de diferentes estrategias en el manejo alimenticio de la majada en ordeño.

También, los presentes resultados muestran la importancia de estacionar el servicio y la necesidad de evaluar sus efectos sobre los objetivos productivos de las UPF, así como el estudio de que manejo sanitario es el más apropiado para la cría de los caprinos en las quebradas áridas del NOA.

Finalmente, los resultados ponen en evidencia la necesidad de capacitar a las familias propietarias en cuanto al manejo de sus majadas caprinas de acuerdo a las características de sus sistemas productivos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su reconocimiento las familias productoras por su ayuda y buena predisposición.

BIBLIOGRAFÍA

BEDOTTI, D.O.; SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, M. 2002. Observaciones sobre la problemática sanitaria del ganado caprino en el oeste Pampeano. *Veterinaria Argentina*, Vol. XIX, 182: 100-112.

BEDOTTI, D.O.; GÓMEZ CASTRO, A.G.; GARCÍA MARTÍNEZ, A.; SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, M.; PEREA MUÑOZ, J.; RODRÍGUEZ ESTÉVEZ, V. 2007. Estructura productiva de las explotaciones caprinas del oeste pampeano (Argentina). *Arch. Zootec* 56 (213): 91-94.

CHAVEZ, M.S.; TORRES, N.; OROSCO, S.; SANCHEZ, V.; CANDOTTI, J.J. 2009. Parámetros de calidad higiénica y sanitaria

em leche cruda caprina de sistemas productivos del norte argentino. X Congreso Latinoamericano de Microbiología e Higiene de los Alimentos (COLMIC) - Uruguay. Disponible: <http://colmic2009.congresoselis.info/programa/programaExtendido.php> verificado 07 de septiembre de 2015.

CHAVEZ, M.S.; PEROTTI, L.; CORTEZ, S.H.; SALDAÑO, R.; OROSCO, S.; SANCHEZ, V.; DÍAZ, L.; CANDOTTI, J.J. 2011. Calidad de leche caprina de dos zonas agroecológicas del noroeste argentino (NOA), valles áridos y quebradas y valle templado. Resúmenes del Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal, TPP/SP 95.

CONTRERAS, M.C.; AUHAD, L.; RENOLFI, R.; RUIZ, S.; MARTÍNEZ, M.; PIEDRASANTA, R.; ORELLANA, P.; LAZARTE, M.; PISANO, P. 2016. Caracterización del manejo de la majada caprina en el suroeste santiagueño. Serie de informes técnicos, INTA Ediciones, C. Divulgación, N.º 92. p. 23.

DAYENOFF, P.; CARRIZZO, H. 1993. Aproximación a la problemática de la producción caprina en los llanos de La Rioja. Jornadas de Producción Caprina de Río Cuarto. 2 y 3 de septiembre, pp.14-19.

FERNÁNDEZ, J.L.; RABASA, A.E.; HERNÁNDEZ, M.E.; HOLGADO, F.D.; SALDAÑO, S.A.; JORRAT, J.J. 2007 Producción de leche de tres biotipos caprinos en la provincia de Tucumán. Resúmenes Revista Argentina de Producción Animal, Vol 27. Supl. I.

FERNÁNDEZ, J.L.; HOLGADO, F.D.; HERNÁNDEZ, M.E.; SOLALIGUE, P.B.; SALINAS, C. 2014. Caracterización morfológica del caprino Criollo del NOA I: Medidas morfométricas e índices corporales. Rev. Agron. Noroeste Argent., UNT, 34 (2): 107-110.

GAIDO, A.B.; NIEVAS, J.D.; SALATIN, A.O.; AGUIRRE, N.P.; AGUIRRE, D.H. 2013. Brucelosis caprina: encuesta serológica en majadas de la Quebrada de Humahuaca, provincia de Jujuy, Argentina. Rev. Med. Vet. (Buenos Aires) 94 (3): 58-61.

GUTMAN, G.; ITURREGUI, M.E.; FILADORO, A. 2004. Propuestas para la formulación de políticas para el desarrollo de tramas productivas regionales: El caso de la lechería caprina en Argentina. Informe CEPAL, p. 94.

MANCEBO, O.A.; RUSSO, A.M.; GIMÉNEZ, J.N.; GAIT, J.J.; MONZÓN, C.M. 2011. Enfermedades más frecuentes en caprinos de la provincia de Formosa (Argentina). Veterinaria Argentina, Vol. XXVIII, 274: 1-16.

PAZ, R.G.; ALVAREZ, R.; LIPSHITZ, H.; DEGANO, C.; USAN-DIVARAS, P.; CATAÑO, L.; LAMADRID, S.; TOGO, J. 2002. Sistemas de producción campesinos caprinos en Santiago del Estero. Proyección y desafíos para el desarrollo del sector. Ed. Fundapaz, Arg. p. 316.

PAZ, R.G.; TOGO, J.; USAN-DIVARAS, P.; CASTEL, J.M.; MENA, Y. 2005. Análisis de la diversidad en los sistemas lecheros caprinos y evaluación de los parámetros productivos en la principal cuenca lechera de Argentina. Livestock Research for Rural Development, Vol. 17, Art. 8. Febrero 18. Disponible: www.veterinariargentina.com verificado: 08 de octubre de 2016.

PAZ, R.G.; TOGO, J.A.; LÓPEZ, C. 2007. Evaluación de parámetros de producción de leche en caprinos Santiago del Estero, (Argentina) Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XVII, N.º 2: 161-165.

POLI, M.A.; ROLDÁN, D.L.; SUÁREZ, C.; FERNÁNDEZ, J.L.; SALDAÑO, S.A.; HOLGADO, F.D.; RABASA, A.E. 2005. Caprinos criollos en Argentina: avances en la caracterización y evaluación productiva. Agrociencia Vol. IX, 1 y 2: 479-484.

RIGALT, F.; HERRERA, V.; GÓMEZ, R.; PIVOTTO, R. 1993. Sistemas de producción caprina en la provincia de Catamarca, Argentina. En: IÑIGUEZ, L.; TEJADA, E. (eds.). Memorias de un taller sobre metodologías de la investigación. Tarija, Bolivia. 16-21 de Agosto., pp. 183-200.

ROBLES, C.A.; SCODELLARI, G.; FERNANDEZ, C.; NAVEDO, R.; CHODILEF, M.; CABRERA, R. 2008. Relevamiento sanitario e implementación de un plan para la prevención y control de enfermedades en bovinos de productores rurales minifundistas comunitarios de la provincia de Neuquén, Argentina. Robles ed., INTA Bariloche. 1.ª ed., Bariloche, Arg. p. 39.

RIAN. 2010. Existencias ganaderas caprinas 2009-2010. Red de Información Agropecuaria Nacional, INTA RIAN. Disponible: rian.inta.gov.ar/SILVETTI, F.; SOTO, G. 1994. Sistemas campesinos del noroeste de Córdoba (Argentina): Un estudio de caso en pedanías del Depto. Ischilín. Agriscientia. XI: 69-78.

SUÁREZ, V.H.; YMAIZON, D. 2012. Propuesta: Proyecto de Mejora Genética Caprina lechera. En TAVERNA, M., COMERON, E.A., SUÁREZ, V.H. (eds.). Programa de Ámbito Nacional Leche. Producción técnica-científica de Proyecto Cartera 2006-2009 / 2010-2012. Producciones INTA, Argentina ISBN 878987679180 9, pp. 787-789.

SUÁREZ, V.H.; MARTÍNEZ, G.M.; GIANRE, V.; CALVINHO, L.; RACHOSKI, A.; CHAVEZ, M.; SALATIN, A.; OROZCO, S.; SANCHEZ, V.; BERTONI, E.A. 2014a. Relaciones entre el recuento de células somáticas, test de mastitis California conductividad eléctrica y el diagnóstico de mastitis subclínicas en cabras lecheras. RIA, 40, 2: 145-153.

SUÁREZ, V.H.; NIEVA, J.D.; MARTÍNEZ, G.M.; BERTONI, E.A.; QUIROGA ROGER, J.; GAIDO, A.B.; BRIHUEGA, B.; PINTO, G.; DODERO, A.M.; VIÑABAL, A.E. 2014b. Prácticas de manejo y presencia de enfermedades en majadas caprinas de la Quebrada de Humahuaca. Resúmenes XXII Reunión Científica Técnica Asociación Arg. Veterinarios Laboratorios de Diagnóstico, 27-29 nov-2014, Tucumán, E15, p. 112.

SUÁREZ, V.H.; ROSETTO, C.B.; GAIDO, A.B.; SALATIN, A.O.; BERTONI, E.A.; DODERO, A.M.; VIÑABAL, A.E.; PINTO, G.; BRIHUEGA, B.; ROMERA, S.A.; MAIDANA, S. 2015. Prácticas de manejo y presencia de enfermedades en majadas caprinas de la región del chaco salteño. Vet Argentina Disponible: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/1/paz17008.htm> verificado: 12 de febrero de 2015.

THURSFIELD, M. 1990. Veterinary Epidemiology. Editorial Acricia S.A., Zaragoza., p. 339.

TROUVE, L. A.; ÁLVAREZ, R.; CARREROS, L.G. 1983. La ganadería caprina en Santiago del Estero. IDIA. 39 (Suplemento): 98-109.

Monitoreo de glifosato en agua superficial en Entre Ríos.

La investigación acción participativa como metodología de abordaje

SASAL, M.C.¹; WILSON, M.G.¹; SIONE, S.M.²; BEGHETTO, S.M.³; GABIOUD, E.A.¹; OSZUST, J.D.²; PARAVANI, E.V.⁴; DEMONTE, L.⁵; REPETTI, M.R.⁶; BEDENDO, D.J.¹; MEDERO, S.L.⁶; GOETTE, J.J.¹; PAUTASSO, N.¹ y SCHULZ, G.A.⁷

RESUMEN

Las pérdidas de glifosato desde agroecosistemas y su impacto sobre el agua superficial generan preocupación en los actores de la comunidad rural y urbana de Entre Ríos, habiéndose generalizado percepciones de riesgo. La ausencia de información ha agudizado la sensibilidad social, requiriéndose un abordaje adecuado. Los objetivos fueron: conformar una red de monitoreo del efecto del uso de glifosato sobre la calidad del agua (RMCA) en el área agrícola de Entre Ríos; estimar la concentración de glifosato en agua superficial, y acordar prácticas agronómicas de bajo impacto ambiental. Se desarrolló una investigación acción participativa (IAP), con participación de diferentes actores en todas las instancias del estudio. Se llevó adelante un programa de sensibilización de profesionales, productores y organismos interesados en conocer la calidad de aguas. La selección de sitios y el muestreo fueron realizados por los integrantes de la RMCA. Se establecieron tres períodos de muestreo: 1.º: 15 agosto – 15 setiembre 2012; 2.º: 15 noviembre – 15 diciembre 2012, y 3.º: 15 marzo – 15 abril 2013. Las concentraciones de glifosato fueron clasificadas en 3 categorías: <0,1 µg L⁻¹; 0,1-240 µg L⁻¹ y >240 µg L⁻¹. La RMCA resultó integrada por 70 miembros. Se evaluaron 311 puntos y 703 muestras de agua. En el primer período, 4,7% de los puntos superó el nivel de 240 µg L⁻¹, mientras que en el segundo todas las concentraciones resultaron inferiores, de las cuales un 69,2% presentó valores inferiores a 0,1 µg L⁻¹. El 76% de las muestras de marzo/abril presentó concentraciones inferiores a 0,1 µg L⁻¹. Los resultados se discutieron con los integrantes de la RMCA en un taller replicado en cuatro localidades y en un segundo evento se acordaron prácticas agronómicas de bajo impacto ambiental. La IAP demostró ser una metodología adecuada para analizar los cambios en la calidad del agua superficial debidos al uso de glifosato en Entre Ríos. La cuantificación de la concentración de glifosato permitió analizar el riesgo de contaminación no medido precedentemente, lo cual fue motor de búsqueda de soluciones consensuadas entre los diferentes actores del sector agroalimentario para mitigar o remediar impactos ambientales por el uso de agroquímicos.

Palabras clave: Entre Ríos, agua superficial, glifosato, investigación, acción participativa.

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Paraná. Ruta 11, km 12.5, Oro Verde, Entre Ríos.

²FCA- UNER. Ruta 11, km 10.5, Oro Verde, Entre Ríos.

³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Cambio Rural II, Agencia de Extensión Rural (AER) Crespo, Almafuerde 998 y Ruta Nacional 131, Crespo, Entre Ríos.

⁴FI-UNER; Ruta 11, km 10.5, Oro Verde, Entre Ríos.

⁵FIQ-UNL; Santiago del Estero 2829, Santa Fe, Santa Fe.

⁶Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Centro de Investigación de Recursos Naturales (CIRN), Instituto de Recursos Biológicos; Nicolás Repetto y de los Reseros s/n, Hurlingham, Buenos Aires.

⁷Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Centro de Investigación de Recursos Naturales (CIRN), Instituto de Suelos; Nicolás Repetto y de los Reseros s/n, Hurlingham, Buenos Aires.

Dirección: Ruta 11, km 12,5, Oro Verde. Entre Ríos. Correo electrónico: sasal.maria@inta.gob.ar

ABSTRACT

There is concern about glyphosate losses from agroecosystems and its impact on surface water in urban and rural communities of Entre Ríos, having a widespread perception of risk in public opinion. Social awareness was exacerbated by lack of information, which requires an adequate approach. The objectives were: i) to set up a network for monitoring the effect of glyphosate use on water quality (RMCA) in the agricultural area of Entre Ríos, ii) to estimate glyphosate concentration in surface water as a result of losses from the agroecosystem, and iii) to identify management practices of low environmental impact to be agreed on with members of the agro alimentary sector. The methodological framework applied corresponds to a Participatory Action Research (PAR) approach. An awareness program for professionals, farmers and organizations interested in knowing water quality was carried out. Site selection and water sampling were carried out by RMCA members. A schedule of 3 sampling periods was established: 1º) August 15th - September 15th 2012, 2º) November 15th - December 15th 2012 and 3º) March 15th - April 15th 2013. Concentration of glyphosate in the water samples was determined by the Elisa technique, using as a UPLC-MS/MS verification method. Glyphosate concentrations were classified according to the guide levels defined by the Undersecretariat of Water Resources of Argentina and the European Union: $< 0.1 \mu\text{g L}^{-1}$; $0.1\text{-}240 \mu\text{g L}^{-1}$ y $> 240 \mu\text{g L}^{-1}$. The RMCA network was integrated by 70 members becoming a community-based organization to promote the preservation of surface water. 311 monitoring points and 703 water samples were evaluated. In the first period, 4.7% of the monitoring points overcame the level of $240 \mu\text{g L}^{-1}$ whereas in the second sampling instance all concentrations results were lower, 69% of them showing values below $0.1 \mu\text{g L}^{-1}$. 76% of the March-April samples resulted in concentrations below $0.1 \mu\text{g L}^{-1}$. Results were discussed by RCMA members in a workshop that was replicated at 4 locations. In a second meeting, the members identified on agronomic practices of environmental low impact. The PAR proved to be an adequate methodology to analyze changes in the quality of surface water due to the use of glyphosate in the agricultural area of Entre Ríos. The quantification of glyphosate concentration in water allowed to know the risk of pollution, not previously measured, which promoted the search for consensual solutions among stakeholders of the agro alimentary sector to either mitigate or solve environmental impact by the use of agrochemicals.

Keywords: Entre Ríos, surface water, glyphosate, Participatory action research.

INTRODUCCIÓN

En Argentina se ha producido un proceso de expansión del cultivo de soja, por el reemplazo de sistemas naturales a partir del desmonte y por la sustitución del área sembrada con otros cultivos, dando origen a un escenario de simplificación agrícola (Aizen *et al.*, 2009). La superficie destinada a soja se ha duplicado en los últimos 10 años. El incremento en la superficie con soja bajo siembra directa, sumado al uso de variedades transgénicas resistentes a glifosato, ha generado un aumento en los volúmenes utilizados de este herbicida, representando el 65% de fitosanitarios comercializados (CASAFE, 2014). Entre Ríos ha acompañado este cambio en el uso de la tierra. El área destinada a soja en la campaña 2012/13 alcanzó 1.363.200 ha, incrementando 130% respecto al área sembrada en 2000 (Bolsa de Cereales Entre Ríos, 2015).

Los agroquímicos representan potenciales fuentes de contaminación ambiental. Los ambientes acuáticos son sistemas vulnerables, receptores naturales de las sustancias emitidas por las actividades agrícolas e industriales (Manahan, 2007). Los impactos generados por las prácticas agrícolas sobre la calidad del agua derivan fundamentalmente del aporte difuso de las fugas de agroquímicos por deriva, escurrimiento o erosión, y del aporte puntual debido a prácticas mal implementadas. Entre estas pueden señalarse las pulverizaciones sobre las nacientes de

arroyos, la carga y el lavado de equipos aplicadores y la acumulación de envases vacíos en cursos de agua (Sasal *et al.*, 2012a; Di Fiori *et al.*, 2012). En Entre Ríos, las características naturales de topografía ondulada así como la baja capacidad de infiltración de sus suelos y las precipitaciones intensas en primavera-verano-otoño predisponen a gran parte de la superficie provincial a procesos de degradación de suelos, especialmente por erosión hídrica (Scotta y Papparotti, 1990), a la vez que incrementan el riesgo de contaminación de los cursos de agua por escurrimiento desde agroecosistemas.

Diversos estudios han demostrado el impacto ambiental de la utilización de glifosato. En el suelo, es adsorbido mediante uniones fosfato y degradado por microorganismos, lo que determina una escasa movilidad tanto del glifosato como de su principal metabolito, el ácido amino metil fosfónico (AMPA). Sin embargo, estudios de lixiviación y escurrimiento indican que puede ser transportado hacia las capas profundas del suelo o hacia cursos de agua superficiales cuando su aplicación se realiza previo a lluvias intensas (Flury 1996; Villholth *et al.*, 2000; Jaynes *et al.*, 2001; Petersen *et al.*, 2002; Rampoldi, 2007; Sasal *et al.*, 2010). En consecuencia, se han detectado glifosato y AMPA en cursos de agua superficial aledaños a campos agrícolas (Primost, 2013; Sasal *et al.*, 2012a; Aparicio *et al.*, 2013; Etchegoyen, 2014; Ayarragaray *et al.*, 2015).

El Ministerio de Ambiente de Canadá (1987) fija en $280 \mu\text{g L}^{-1}$ la concentración máxima aceptable de glifosato en agua potable y establece como umbral de largo plazo para la protección de la vida acuática en agua dulce una concentración de $800 \mu\text{g L}^{-1}$ (CWQGs, 2012). La Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos ha determinado en agua potable las metas máximas de niveles contaminantes para glifosato en $700 \mu\text{g L}^{-1}$ y ha fijado puntos de referencia para la vida acuática entre 1.800 y $49.900 \mu\text{g L}^{-1}$ (USEPA, 2007). La Directiva Europea establece un valor paramétrico de $0,5 \mu\text{g L}^{-1}$ para el total de plaguicidas y de $0,1 \mu\text{g L}^{-1}$ para cada plaguicida individual. En Argentina, la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación publicó en el año 2003 los niveles guías nacionales de calidad de agua ambiente correspondientes a glifosato. Para fuentes de consumo humano se establece un nivel $<300 \mu\text{g L}^{-1}$, expresado como sal isopropilamina de glifosato, correspondiendo a la protección de la biota acuática un Valor Crónico Final de $240 \mu\text{g L}^{-1}$. El Código Alimentario Argentino no define niveles guía de concentración de glifosato para agua potable de suministro público.

El glifosato ha sido clasificado por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Cámara de Fitosanitarios Argentina como un producto de mediana a baja peligrosidad. Sin embargo, la Agencia Internacional para la Investigación sobre Cáncer (IARC) dependiente de la OMS lo ha reclasificado e incluido en el grupo 2A, como producto probablemente cancerígeno (Guyton *et al.*, 2015). En este contexto, la detección de glifosato en agua constituye una temática que genera preocupación entre los diferentes actores de la comunidad rural y urbana, habiéndose generalizado percepciones de riesgo en la opinión pública. La ausencia de información fehaciente ha agudizado la sensibilidad social, requiriéndose un abordaje metodológico adecuado.

La investigación acción participativa (IAP) es una metodología que apunta a la producción de un conocimiento propositivo y transformador, mediante un proceso de debate, reflexión y construcción colectiva de saberes entre los diferentes actores de un territorio con el fin de lograr la transformación social (Fals Borda y Rodríguez Brando, 1987). Mediante la interacción entre el saber técnico-científico y el saber empírico, una comunidad identifica un problema, revisa lo que se conoce acerca de ello, analiza la información generada, extrae conclusiones, aprende a conducir conjuntamente una investigación e implementa soluciones (Selener, 1997). Esto permite que la toma de decisiones desde las etapas iniciales del proceso, recaiga sobre el total de la población involucrada.

Se plantearon los siguientes objetivos: i) conformar una red de monitoreo del efecto del uso de glifosato sobre la calidad del agua (RMCA) en el área agrícola de Entre Ríos; ii) estimar la concentración de glifosato en agua superficial, producto de las pérdidas desde agroecosistemas e iii) identificar y acordar con los actores del sector agroalimentario, prácticas agronómicas de bajo impacto ambiental. Estos objetivos se desprendieron de las preguntas de investigación: ¿se detecta glifosato en el agua superficial del área

agrícola de Entre Ríos? ¿Cuáles son las prácticas por modificar para preservar el ambiente?

MATERIALES Y MÉTODOS

El marco metodológico del estudio corresponde a una IAP, verificándose la participación de los diferentes actores de la cadena agroalimentaria en todas las instancias del estudio. Se contemplaron tres etapas:

1. Montaje institucional y metodológico de la investigación

Área de estudio

El estudio se desarrolló a escala regional, dentro de los límites de Entre Ríos.

Conformación de la red de monitoreo

Se llevó adelante un programa de sensibilización y motivación de los diferentes actores de la cadena agroalimentaria. El programa contempló una serie de reuniones de trabajo, en las que se efectuó la presentación del estudio, sus objetivos, actividades previstas y resultados esperados. Se elaboró un video (<https://www.youtube.com/watch?v=OE50D1HB-qM>) y un díptico. Se convocó a profesionales, productores y organismos interesados en conocer la calidad de aguas en cursos linderos a lotes agrícolas. Se creó una cuenta de correo electrónico de uso compartido para los agentes involucrados en el estudio a cargo del INTA.

2. Obtención de datos y análisis de la información

Muestreo de cursos de agua superficial

La selección de los sitios y el muestreo de agua para el análisis de su calidad fueron realizados por los integrantes de la red. Se muestrearon sitios próximos a lotes de producción agrícola o forestal en la campaña 2012/2013. La ubicación de los puntos de monitoreo respondió a los criterios de accesibilidad y representatividad.

Fruto del consenso, la frecuencia de muestreo fue definida en función de la estacionalidad de pulverizaciones a efectos de detectar los cambios de concentración de glifosato en el tiempo. Se establecieron tres períodos de muestreo:

- 1.° período: 15 de agosto – 15 de setiembre, para contemplar efectos de aplicaciones de barbecho químico y de escurrimiento por las primeras precipitaciones de primavera.
- 2.° período: 15 de noviembre – 15 de diciembre, próximo a la fecha de siembra del cultivo de soja y de las aplicaciones de pre y posemgerencia
- 3.° período: 15 de marzo – 15 de abril, distanciado de las fechas de aplicaciones, luego de la cosecha de soja.

Los requisitos para la extracción de las muestras fueron difundidos a través del video y el díptico.

Condiciones meteorológicas

A fin de evaluar la influencia de las precipitaciones en relación con los tres períodos de muestreo, se efectuó el cálculo de las precipitaciones acumuladas en el lapso 15 junio – 15 setiembre; 16 setiembre – 15 diciembre y 16 diciembre – 15 abril (fig. 1). A nivel provincial, en el trimestre junio-agosto de 2012 se registraron 179 mm. La lluvia total esperada para los meses de setiembre y octubre es de 190 mm; no obstante durante el año

2012, el promedio provincial fue 400 mm, lo que resultó 110% superior al valor histórico. La precipitación acumulada entre noviembre de 2012 y marzo de 2013 (594 mm) resultó próximo al valor histórico (600 mm). Sin embargo, las precipitaciones más importantes se ubicaron dentro de la primera quincena de diciembre, con una gradual disminución en enero y un aumento hacia la 2.ª quincena de febrero. Por una parte, en diciembre de 2012 llovieron 255 mm vs. los 110 mm habituales; esto representó el 43% de las lluvias totales del periodo analizado. Por otra parte, enero tuvo tan solo una participación del 9% del monto total acumu-

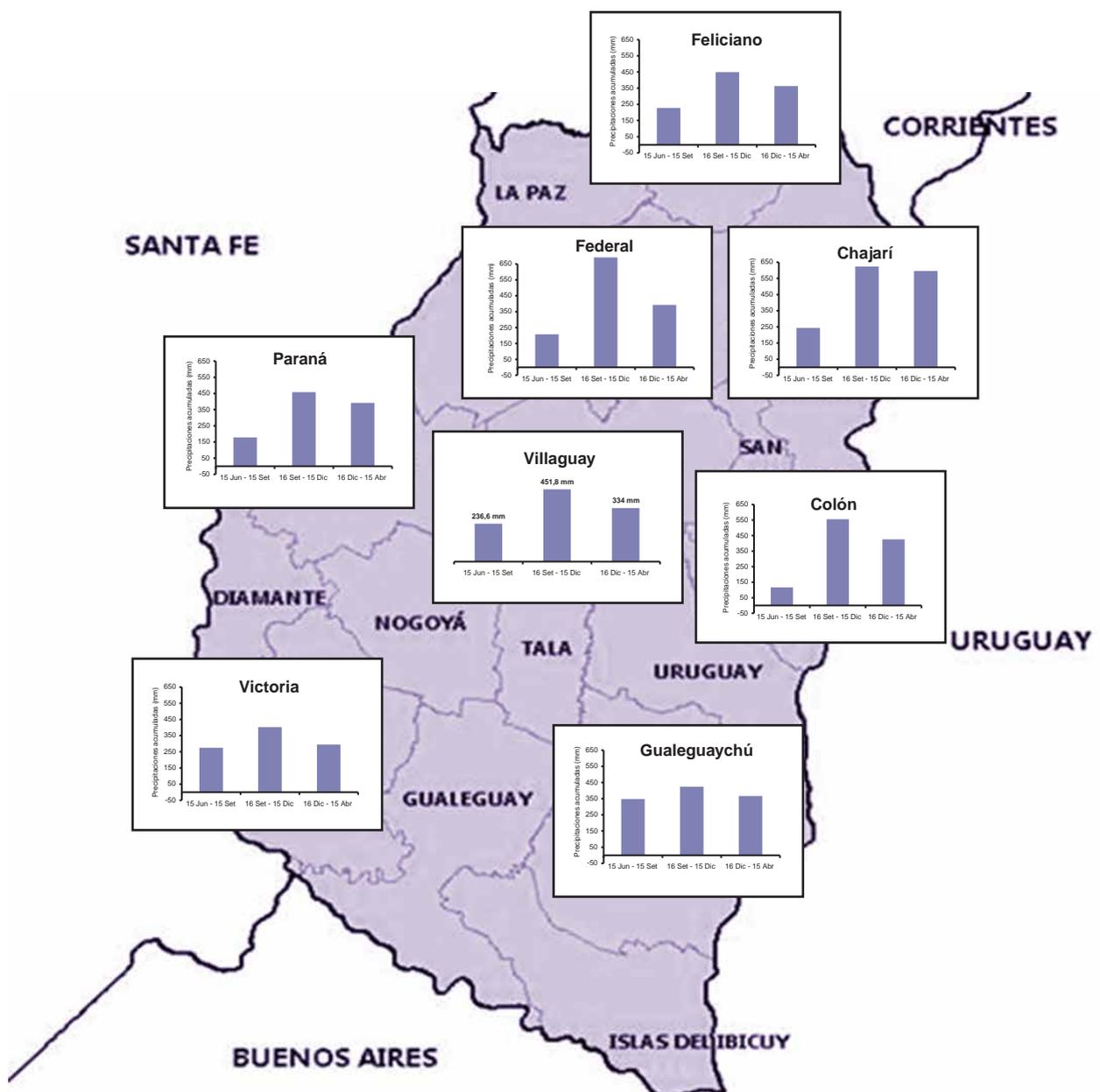


Figura 1. Precipitaciones acumuladas (mm) por período de muestreo y por zona.

lado de noviembre a marzo (54 mm), el valor histórico fue próximo a 120 mm (SIBER, 2015).

Determinación de la concentración de glifosato

Se puso a punto la técnica de inmunoabsorción ligada a enzimas (ELISA), empleando el kit Abraxis® (Cailla *et al.*, 1973). Concentraciones de glifosato menores al límite inferior de detección (0,075 µg L⁻¹) fueron informadas como no detectadas (ND), mientras que valores mayores al último estándar (4 µg L⁻¹) fueron informadas como concentraciones no cuantificables (NC) por el ensayo (Paravani *et al.*, 2016). Esta técnica permitió reducir los costos analíticos.

Cómo método de verificación, las muestras NC, junto con un subgrupo de muestras seleccionadas aleato-

riamente, fueron analizadas también por la técnica de UHPLC-MS/MS, en el laboratorio PRINARC (Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral), según Ibañez *et al.* (2006) y Hanke *et al.* (2008), con modificaciones (Sasal *et al.*, 2015). El límite de detección de glifosato por esta técnica es de 0,2 µg L⁻¹.

Los valores de concentración de glifosato fueron clasificados en categorías, en función de los niveles guía definidos por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina y por la Unión Europea. Estas categorías fueron acordadas por los integrantes de la RMCA, resultando: <0,1 µg L⁻¹; 0,1-240 µg L⁻¹ y >240 µg L⁻¹. Se calculó la frecuencia porcentual de cada categoría de concentración.

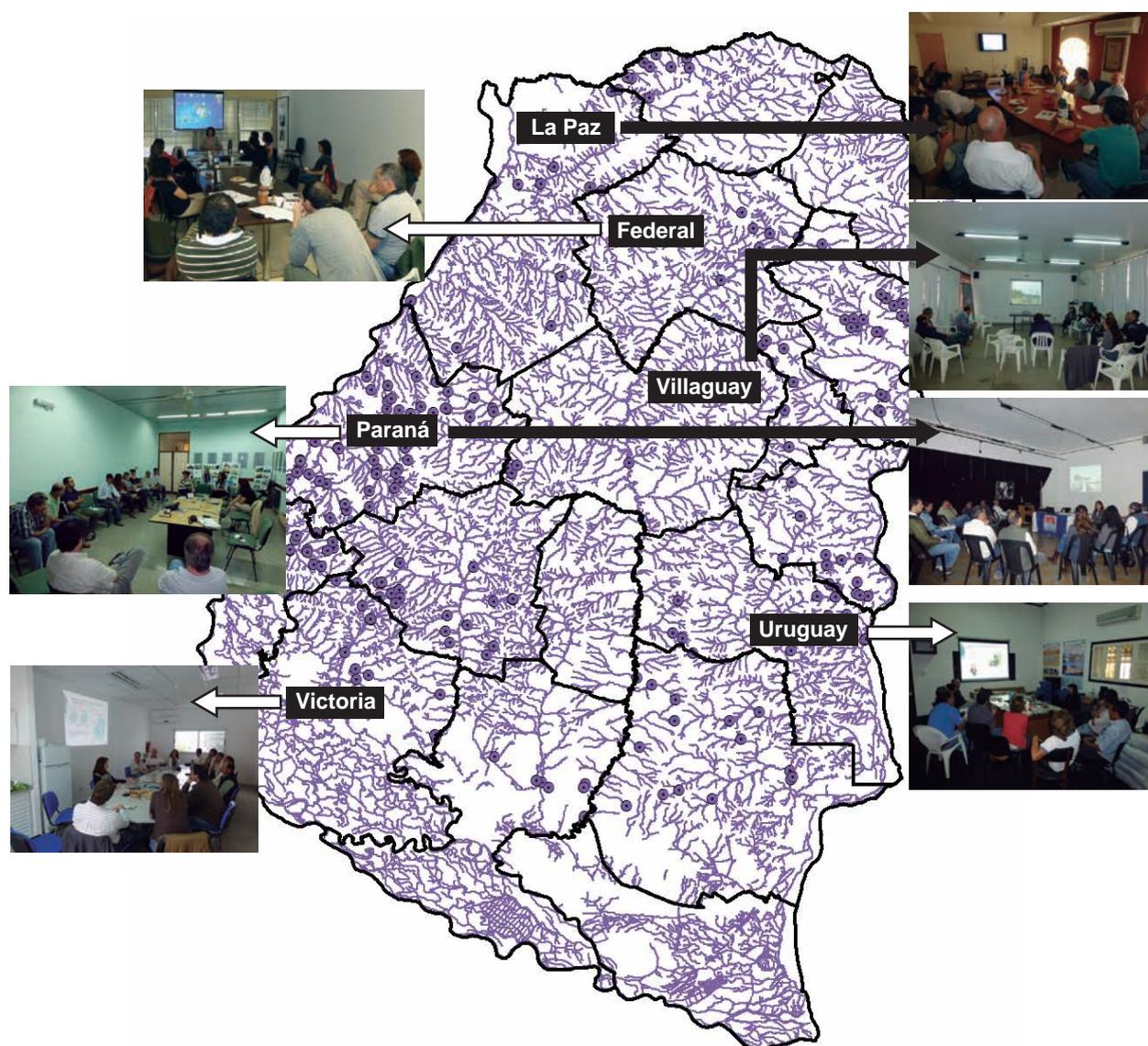


Figura 2. Localidades de Entre Ríos donde se realizaron los talleres de la RMCA. Flechas blancas: localidades donde se desarrolló el taller de análisis y discusión de resultados. Flechas negras: localidades donde se desarrolló el taller de consolidación de la RMCA y estrategias a futuro.

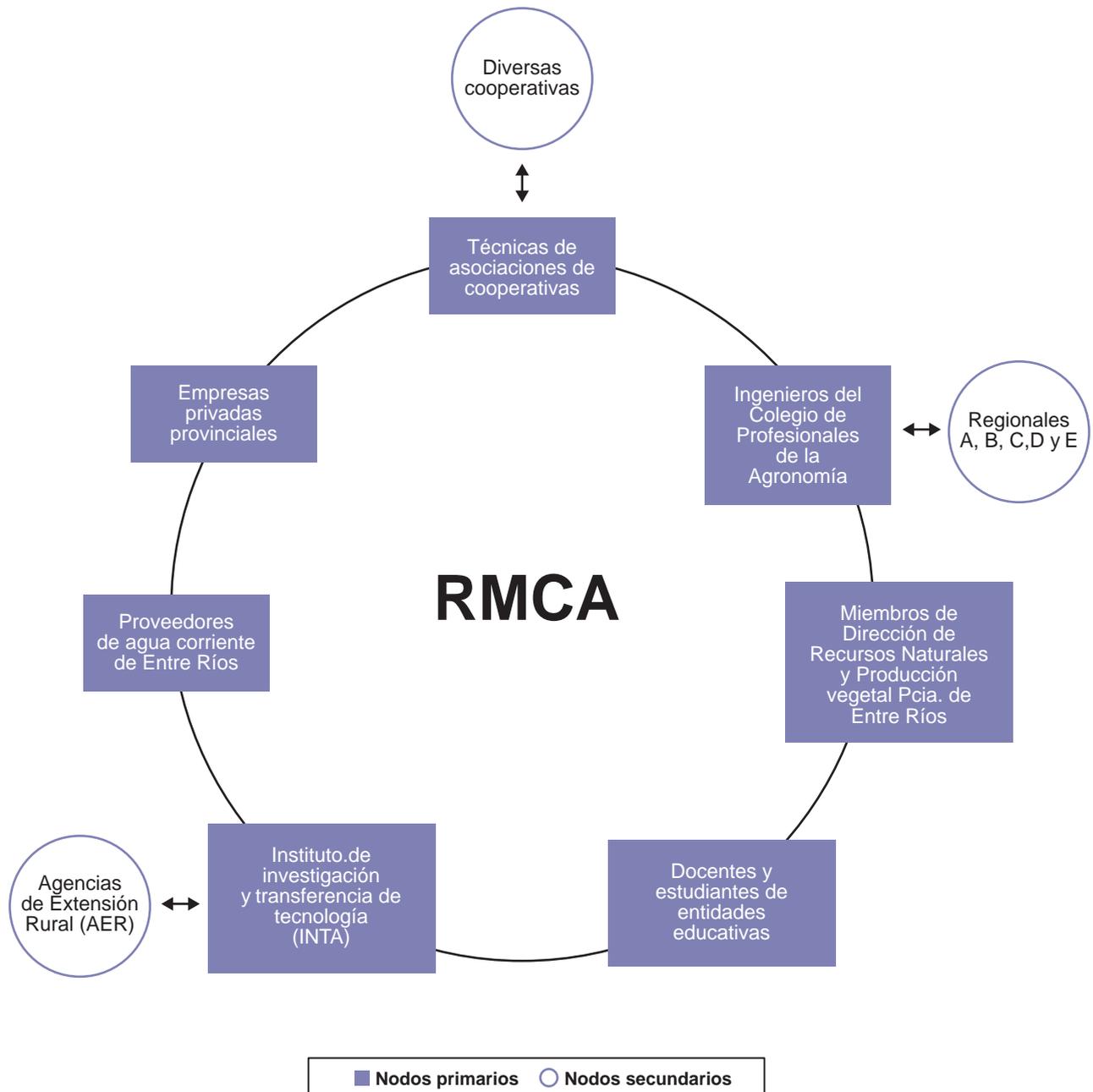


Figura 3. Estructura de la RMCA.

Análisis de la información

Los datos resultantes del análisis de las muestras de agua fueron enviados por correo electrónico en forma individual a cada integrante de la red. Posteriormente, se desarrolló un taller de análisis y discusión de los resultados globales. Los objetivos de este taller fueron someter a análisis e interpretación los datos, discutir aspectos referidos a percepción y niveles guía, temas considerados de gran importancia por los participantes de la RMCA. El taller, de 3 horas de duración, se replicó en 4 localidades de la provincia (fig. 2): Victo-

ria (19/08/14), Paraná (20/08/14), Federal (21/08/14) y Concepción del Uruguay (22/08/14).

Retroalimentación de la RMCA y acciones derivadas

Un segundo taller sobre “Consolidación de la RMCA y estrategias a futuro” tuvo lugar en 3 localidades: Villaguay (08/10/15), Crespo (09/10/15) y La Paz (25/11/15) (fig. 2). En el marco de este taller, a partir de la presentación y análisis de información antecedente, se construyó un espacio de referencia donde se identificaron y acordaron prácticas agronómicas de bajo impacto ambiental.

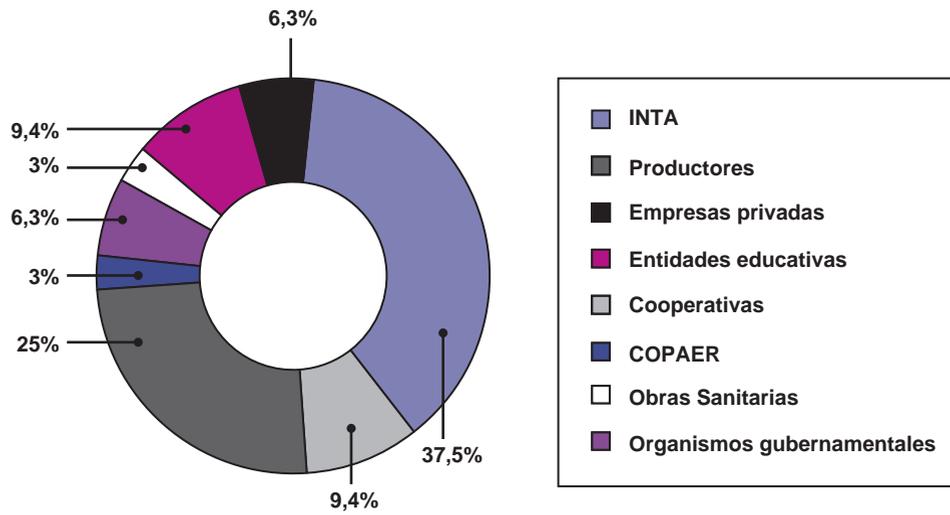


Figura 4. Contribución porcentual de los diferentes grupos de actores en la red de monitoreo.

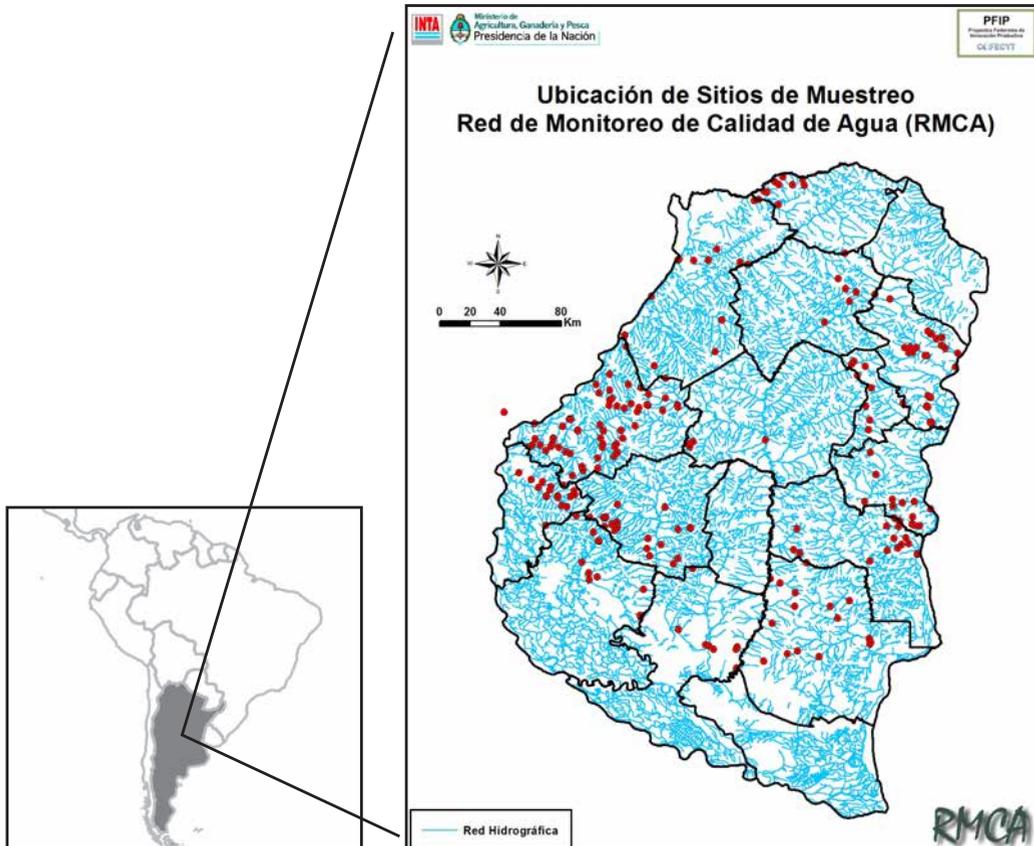


Figura 5. Mapa hidrográfico de Entre Ríos y distribución de puntos de monitoreo de la RMCA.

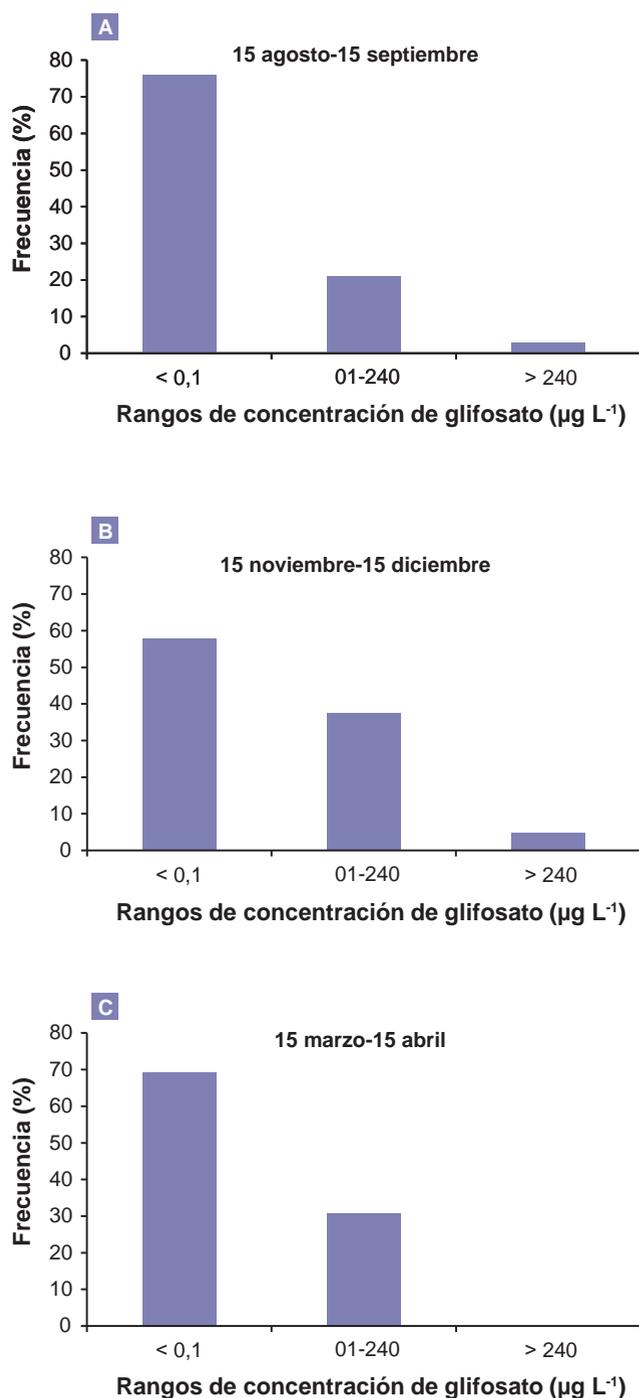


Figura 6. Frecuencia porcentual de categorías de concentración de glifosato en agua superficial de Entre Ríos, por período monitoreado. A. 1.º período: 15 agosto – 15 setiembre 2012; B. 2.º período: 15 noviembre – 15 diciembre 2012; C. 3.er período: 15 marzo – 15 abril 2013.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Montaje institucional y metodológico de la investigación

Conformación del sistema de monitoreo en red

Se conformó una red de monitoreo de calidad de aguas, que se constituyó en una Organización de Base Comu-

nitaria para promover la preservación de los cursos de agua superficiales de Entre Ríos. Resultó integrada por 70 miembros, que representan un grupo de interés común, incluyendo productores agropecuarios, profesionales de la agronomía y organismos gubernamentales preocupados por el impacto de las aplicaciones de agroquímicos sobre el ambiente. La estructura de la red contempla nodos de vinculación primarios y secundarios (fig. 3). Las agencias de extensión de INTA y los productores agropecuarios constituyeron los grupos de mayor contribución de integrantes a la red, seguidos por las cooperativas (fig. 4).

Puntos de monitoreo

La RMCA permitió evaluar 311 puntos de monitoreo (fig. 5) situados en cursos de agua linderos a lotes bajo producción agrícola del territorio provincial. Se analizaron 703 muestras durante los 3 períodos.

Obtención de datos y análisis de la información

Concentración de glifosato en agua superficial

En el 1.º período de muestreo (15 agosto – 15 setiembre), el 4,7% de los puntos superó $240 \mu\text{g L}^{-1}$ (fig. 6a), detectándose 2 sitios con concentraciones superiores a $73.000 \mu\text{g L}^{-1}$, que correspondieron a casos de contaminación puntual por depósito de envases vacíos de glifosato.

En el 2.º período de muestreo, todas las concentraciones resultaron inferiores a $240 \mu\text{g L}^{-1}$, de las cuales un 69,2% presentó valores inferiores a $0,1 \mu\text{g L}^{-1}$ (fig. 6b). Si bien las aplicaciones de glifosato próximas a la siembra de la soja estuvieron acompañadas por eventos de escurrimiento, es probable que las abundantes precipitaciones ocurridas en este período produjeran un efecto de dilución en los cursos de agua. En este período, el volumen promedio acumulado de precipitaciones en la provincia resultó 110% superior respecto al valor histórico (fig. 1).

De las muestras de agua extraídas en el período marzo/abril, el 76% presentó concentraciones inferiores a $0,1 \mu\text{g L}^{-1}$. Un sitio superó el valor de $240 \mu\text{g L}^{-1}$. En esta muestra se determinó un valor del orden de los $105.000 \mu\text{g L}^{-1}$, correspondiendo a uno de los puntos con altas concentraciones del 1.º período (fig. 6c).

Análisis y discusión de la información

El taller de análisis y discusión de los datos obtenidos (fig. 2) contó con la participación de 55 actores. Los integrantes de la RMCA arrojaron respuestas divergentes sobre la relación entre la percepción de contaminación previa al estudio y los datos de concentración de glifosato obtenidos. Algunos actores percibían previo a la investigación, niveles de glifosato en los cursos de agua superiores a los detectados, debido a las prácticas inadecuadas de aplicación de agroquímicos. Otros integrantes en cambio, consideraban poco probable detectar presencia de glifosato en

cursos de agua. Esta dicotomía entre percepciones llevó a valorizar la función de la RMCA para generar información concreta, entendiendo que disponer de datos ayuda a definir medidas a futuro.

Los niveles de concentración de glifosato en los cursos de agua de la provincia son coincidentes con valores encontrados en otras zonas del país (Peruzzo *et al.*, 2008; Ayarragaray *et al.*, 2015; Primost, 2013; Aparicio *et al.*, 2013; Oszust *et al.*, 2015). Además, si bien los valores superiores al nivel guía para la vida acuática fueron poco frecuentes, la detección de glifosato en concentraciones entre 0,1 y 240 $\mu\text{g L}^{-1}$ en aproximadamente el 30% de las muestras, indica que hay prácticas agrícolas que necesitan reverse. Este reconocimiento por parte de los integrantes de la red permitió una vinculación directa con su realidad y con la necesidad de buscar e implementar medidas de mitigación, generando entre los participantes de la red sentido de pertenencia con los resultados obtenidos.

Retroalimentación de la RMCA

El taller sobre "Consolidación de la RMCA y estrategias a futuro" (fig. 2) contó con la participación de 52 actores que identificaron y acordaron prácticas agronómicas de bajo impacto ambiental sobre la calidad del agua.

Prácticas agronómicas de bajo impacto ambiental identificadas y acordadas

Las prácticas identificadas como necesarias para minimizar pérdidas de glifosato no son desconocidas para los actores del sector. Está demostrado que las acciones probadas para minimizar el escurrimiento, reducen también el aporte de glifosato desde agroecosistemas a ambientes acuáticos. Dentro de estas, la implementación de rotaciones y de cultivos de cobertura (CC) se encuentran entre las principales y más reconocidas por los participantes. Por un lado, estudios realizados durante 5 años a escala de parcela han revelado que en años con precipitaciones normales (1000 mm), el monocultivo de soja pierde por escurrimiento aproximadamente 4 veces más agua que la rotación con maíz y trigo y aproximadamente 8 veces más que una pastura. Por otro lado, la inclusión de un CC en el monocultivo de soja permitió una reducción de 45% de escurrimiento. El CC redujo la concentración media de glifosato y AMPA en el agua escurrida, resultando 27 y 35% inferior al monocultivo, respectivamente, sin reducción de rendimiento (Sasal *et al.*, 2012b).

Como norma general, cualquier monocultivo es excluido como buena práctica agrícola, ya que impacta sobre la sustentabilidad del sistema en el largo plazo. En particular, la minimización del escurrimiento a partir de la diversificación en la secuencia tiene efecto directo sobre la reducción en las pérdidas de glifosato hacia cursos de agua superficiales.

El distanciamiento entre momento de pulverización y eventos de precipitaciones constituye otra de las estrategias de minimización de pérdidas de plaguicidas. En lisímetros y parcelas de escorrentía (Sasal *et al.*, 2010) se

comprobó que lluvias inmediatamente posteriores a las pulverizaciones (1 a 3 días) pueden generar pérdidas de glifosato por lixiviación y escurrimiento. También, Oszust *et al.* (2015) y Sasal *et al.* (2015) en estudios realizados en un embalse y con simulaciones de lluvia en Entre Ríos detectaron picos de concentración de glifosato inmediatamente posteriores a eventos de lluvia que generaron escurrimiento. Por esto, se propone analizar pronósticos de precipitaciones previas a la aplicación de glifosato con el fin de reducir las pérdidas por escurrimiento.

Otra de las prácticas identificada por los integrantes de la RMCA es la implementación de prácticas de conservación de suelo, tales como la sistematización de tierras y la siembra directa. La primera permite controlar la velocidad del escurrimiento del agua de lluvia. Por su parte, la protección de la superficie del suelo con rastrojos, así como la ausencia de labores de remoción del suelo, hace de la siembra directa una herramienta para minimizar la erosión hídrica y las pérdidas de nutrientes y plaguicidas asociadas.

Finalmente, se destacó el distanciamiento entre el momento de pulverización con glifosato y el de fertilización fosforada como otra estrategia de manejo que también contribuye a minimizar pérdidas de glifosato y que actualmente es desconocida por los actores del sector. Se ha demostrado que el fósforo compite con el glifosato en el proceso de adsorción al suelo, favoreciendo el arrastre por escurrimiento. Así, la combinación de la fertilización fosforada y la aplicación de glifosato aumentan las pérdidas del herbicida por escurrimiento, incrementándose cuando ocurre un evento de precipitación próximo a la pulverización. Se han determinado pérdidas en el agua de escurrimiento del orden del 28% del glifosato aplicado a causa de la aplicación conjunta de fertilización fosforada y pulverización. Estas pérdidas resultaron 2,5 veces inferiores cuando solo se aplicó glifosato, reduciéndose aún más a medida que transcurrieron los días entre la aplicación y la lluvia (Sasal *et al.*, 2015). Por esto, se recomienda no combinar la fertilización con fósforo y la aplicación de glifosato en la misma jornada.

CONSIDERACIONES FINALES

La IAP resultó adecuada para analizar los cambios en la calidad del agua superficial debidos al uso de glifosato en el área agrícola de Entre Ríos, involucrando a los diferentes actores de la cadena agroalimentaria en la búsqueda de prácticas que minimicen el impacto ambiental.

La conformación de una red de monitoreo con base comunitaria se constituyó en el primer logro de este trabajo. Los integrantes de la RMCA se interesaron en conocer el impacto de sus sistemas de producción agrícola sobre la calidad del agua superficial de Entre Ríos. La cuantificación de la concentración de glifosato en agua superficial, producto de las pérdidas desde agroecosistemas, permitió dar luz a especulaciones de contaminación que no ha sido medida precedentemente.

Los integrantes de la red acordaron prácticas agronómicas de bajo impacto ambiental, necesarias para mini-

mizar pérdidas de glifosato. Estas son la implementación de rotaciones y de cultivos de cobertura, el distanciamiento entre momento de pulverización y eventos de precipitaciones, el distanciamiento entre el momento de pulverización con glifosato y el de fertilización fosforada y la implementación de prácticas de sistematización de tierras para control de la erosión. Además, coincidieron en la necesidad de dar continuidad a la RMCA. La investigación acción participativa involucró a los miembros de la red desde un nuevo lugar, pasando a ser agentes de cambio y no objeto de estudio. El compromiso de los integrantes de la RMCA valoriza los resultados generados y asegura un cambio.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con fondos presupuestarios del MINCyT, en el marco de la línea PFIP del COFECyT (PFIP 512-09), y de los Proyectos INTA PNNAT 1128043 y PRET ERIOS-1263101/2/3/4/5. Agradecemos a las instituciones y actores participantes de la RMCA y al equipo técnico y de apoyo de la EEA Paraná.

BIBLIOGRAFÍA

- APARICIO, V.; DE GERONIMO, E.; MARINO, D.; PRIMOST, J.; CARRIQUIRIBORDE, P.; COSTA, J.L. 2013. Environmental fate of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters and soil of agricultural basins. *Chemosphere* 93(9):1866-1873. Disponible: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653513008837> verificado: 02 de marzo de 2016.
- AIZEN, M.A.; GARIBALDI, L.A.; DONDO, M. 2009. Expansión de la soja y diversidad de la agricultura argentina. *Ecol. Austral* 19 (1). Versión online. Disponible: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2009000100004 verificado: 02 de marzo de 2016.
- AYARRAGARAY, M.; REGALDO, L.; RENO, U.; M.F. GUTIÉRREZ. 2015. Monitoreo de glifosato y ácido aminometilfosfónico (AMPA) en ambientes acuáticos cercanos a la ciudad de San Justo (Santa Fe, Argentina). Tesis de maestría en Gestión Ambiental. FICH-UNL.
- BOLSA DE CEREALES DE ENTRE RÍOS. 2015. Superficie sembrada con soja. La Bolsa de Cereales de Entre Ríos da a conocer el reporte sobre el área cultivada con soja en el ámbito provincial para la campaña agrícola 2012/13. Disponible: <http://www.bolsacer.org.ar/Fuentes/informe.php?Id=542> verificado: 02 de marzo de 2016.
- BOLSA DE COMERCIO DE ROSARIO. 2015. Rindes superadores reposicionan a la soja en 59 millones t. Disponible: <http://www.bcr.com.ar/Pages/gea/estimaProd.aspx> verificado: 02 de marzo de 2016.
- CAILLA, H.L.; RACINE-WELSBUCH, M.S.; DELANGE, M.N. 1973. Adenosine 3', 5' Cyclic monophosphate assay at 10-15 mole level. *Anal. Biochem.* 56:394-407.
- CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT (CCME). 2012. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Disponible: <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/download/en/182> verificado: 02 de marzo de 2016.
- CASAFE (2012). Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. Disponible: <http://www.casafe.org/publicaciones/estadisticas> verificado: 01 de mayo de 2015.
- DI FIORI, E.; PIZARRO, H.; DOS SANTOS, A.M.; CATALDO, D. 2012. Impact of the invasive mussel *Limnoperma fortunei* on glyphosate concentration in water. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 81:106-13.
- ETCHEGOYEN, A. 2014. Distribución de plaguicidas en aguas y sedimentos de fondo en los principales afluentes de la cuenca del Paraguay-Paraná. Trabajo Final de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, p. 84.
- FALS BORDA, O.; RODRIGUES BRANDAO, C. 1987. Investigación Participativa. Instituto del Hombre. Ediciones Banda Oriental. Uruguay.
- FLURY, M. 1996. Experimental evidence of transport of pesticides through field soil. A review. *J. Environ. Qual.* 25:25-45.
- FREIRE, P. 1970. Pedagogía del Oprimido. Siglo XXI Editores Argentina S.A. México D.F., p. 175.
- GUYTON, K.; LOOMIS, D.; GROSSE, Y.; GHISSASSI, F.; BEN-BRAHIM-TALLAA, L.; GUHA, N.; SCOCCIANI, C.; MATTOCK, H.; STRAIF, K. 2015. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. *The Lancet Oncology*. IARC, Lyon, Francia. Disponible: [http://www.thelancet.com/pdfs/journals/lanonc/PIIS1470-2045\(15\)70134-8.pdf](http://www.thelancet.com/pdfs/journals/lanonc/PIIS1470-2045(15)70134-8.pdf) verificado: 10 de diciembre de 2015.
- HANKE, I.; SINGER, H.; HOLLENDER, J. 2008. Ultratrace-level determination of glyphosate, aminomethylphosphonic acid and glufosinate in natural waters by solid-phase extraction followed by liquid chromatography-tandem mass spectrometry: performance tuning of derivatization, enrichment and detection. *Anal. Bioanal. Chem.* 391, 2265-2276.
- HEALTH CANADA. 2014. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table Disponible: http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/pdf/pubs/water-eau/sum_guide-res_recom/sum_guide-res_recom_2014-10_eng.pdf verificado: 05 de febrero de 2016.
- IBÁÑEZ, M.; POZO, O. J.; SANCHO, J. V.; LOPEZ, F. J.; HERNANDEZ, F. 2006. Re-evaluation of glyphosate determination in water by liquid chromatography coupled to electrospray tandem mass spectrometry. *J. Chromatogr.* 1134, 51-55.
- JAYNES, D.B.; AHMED, S.I.; KUNG, J.S.; KANWAR, R.S. 2001. Temporal dynamics for preferential flow to a subsurface drain. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:1368-1376.
- MANAHAN, S. 2007. Introducción a la Química Ambiental. Ed. Reverté. Barcelona, España, p. 725.
- OSZUST, J.D.; RAMIREZ, A.C.; SIONE, S.M.; WILSON, M.G.; GABIOUD, E.A.; REPETTI, M.R.; SASAL, M.C.; POLLA, W. 2015. Evaluación de la concentración de glifosato en un embalse asociado a un ambiente agrícola en Entre Ríos. Presentado en: xxv Congreso Nacional del Agua. 15-19 de junio de 2015. Paraná, Entre Ríos.
- PARAVANI, E.V.; SASAL, M.C.; SIONE, S.M.; GABIOUD, E.A.; OSZUST, J.D.; WILSON, M.G.; DEMONTE, L.; REPETTI, M.R. 2016. Determinación de la concentración de glifosato en agua mediante la técnica de inmunoabsorción ligada a enzimas (ELISA). *Revista Internacional de Contaminación*. En prensa.
- PERUZZO, P.J.; PORTA, A.A.; RONCO, A.E. 2008. Levels of glyphosate in surface waters, sediments and soils associated with direct sowing soybean cultivation in North pampasic region of Argentina. *PJ. Peruzzo, AA Porta; AE Ronco. Environmental Pollution* 156:61-66.
- PETERSEN, C.; HOLM, J.; KOCH, C.B.; JENSEN, H.E.; HANSEN, S. 2002. Movement of pendimethalin, ioxynil and soil particles to field drainage tiles. *Pest Manag. Sci.* 59:85-96.

- PRIMOST, J. 2013. Estudio de niveles ambientales de glifosato y AMPA en una zona modelo de intensa actividad agrícola en los alrededores de Urduarrain, Entre Ríos. Trabajo Final de Graduación. Centro de Investigaciones en Medio Ambiente (CIMA) Facultad de Ciencias Exactas, UNLP.
- RAMPOLDI, E.A. 2007. Comportamiento de glifosato en suelos agrícolas de la prov. de Córdoba y su relación con la estratificación de la materia orgánica provocada por la siembra directa. Tesis de Doctorado. Facultad de Cs. Agropecuarias-UNC.
- SASAL, M.C, ANDRIULO, A.E., WILSON, M.G.; PORTELA, S.I. 2010. Pérdidas de glifosato por drenaje y escurrimiento en Molisoles bajo siembra directa. Información tecnológica Vol. 21(5): 135-142.
- SASAL, M.C.; WILSON, M.G.; OSZUST, J.D., CASTIGLIONI, M.G.; ANDRIULO, A.E. 2012a. Destino de fugas de N, P y glifosato del sistema agrícola. Argentina y Ambiente 2012. Mar del Plata, 28 al 31 de junio.
- SASAL, M.C.; WILSON, M.G.; GARCIARENA, N.A. 2012b. Impacto ambiental de la introducción de un cultivo de cobertura al monocultivo de soja. 2012. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, 16 al 20 de abril.
- SASAL, M.C.; DEMONTE L.; CISLAGHI, A.; GABIOUD, E.A.; OSZUST, J.D.; WILSON, M.G.; MICHLIG, N.; BELDOMENICO, H.R.; REPETTI, M.R. 2015. Glyphosate loss by runoff and its relationship with phosphorous fertilization. J. Agric. Food Chem. 63 (18): 4444-4448.
- SCOTTA, E.; PAPANOTTI, O. 1990. Aguas excedentes y tecnologías de control y captación. INTA EEA Rafaela. Publicación Misceláneas 57. Jornadas Regionales "Labranzas y conservación de suelos", pp. 57-69.
- SELENER, D. 1997. Participatory Action Research and Social Change. Nueva York: Cornell University, Participatory Action Research Network, p. 384.
- SIBER. 2015. Sistema de Información Bolsa de Cereales de Entre Ríos. Red Pluviométrica Provincial. Disponible: <http://centrales.bolsacer.org.ar/pluviometros/> verificado: 05 de diciembre de 2015.
- SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS. Disponible: <http://www.pnuma.org/agua-miaac/CODIA%20CALIDAD%20DE%20LAS%20AGUAS/MATERIAL%20ADICIONAL/PONENCIAS/PONENTES/Tema%205%20Niveles%20Guías%20Calidad%20de%20Aguas/NIVELES%20GUIA/4%20-%20Desarrollos/glifosato.pdf> verificado: 05 de diciembre de 2015.
- USEPA. 2007. United States Environmental Protection Agency. Restricted Database.
- VILLHOLTH, K.G.; JARVIS, N.J.; JACOBSON, O.H.; DE JONGE, H. 2000. Field investigations and modelling of particle-facilitated pesticide transport in macroporous soil. J. Environ Qual. 29:1298-1309.

Alcanos en cultivares comerciales de festuca alta [*Lolium arundinacea* (Schreb.) Darbysh.] como indicador de su consumo por bovinos

Bakker, M. L.; Ferragine, M. D. C.; Bigliardi, M.

Control mecánico y químico de *Tessaria dodoneifolia* (Hook. et Arn.) Cabrera (chilca dulce)

Tolozano, B.; Pisani, J.M.; Puricelli, E.C.

Eficiencia de uso del Nitrógeno por forrajeras abonadas con estiércol de bovinos lecheros en la región Pampeana, Argentina

Herrero, M. A.; Charlón, V.; Carbó, L. I.; Cuatrin, A.; Sardi, G.M.I.; Romero, L.

Método para la determinación de la densidad de una muestra de granos enteros de alubia por procesamiento digital de imágenes

Cleva, M.S.; Sampallo, G.M.; Rodrigues Da Fonseca, C.; Aquino, D.C.; Liska, D.O.; Ventre, F.R.

Complejo respiratorio bovino: evidencia de circulación viral múltiple en un establecimiento de cría

Streitenberger, N.; Ferella, A.; Pérez Aguirreburualde, M.S.; Sammarruco, A.; Dus Santos, M.J.; Mozgojov, M.V.; Maidana, S.; Romera, S.A.; Pecora, A.; Quiroga, M.A.; Fazio, L.E.

Densificado higro-termo-mecánico de madera de *Gyrocarpus americanus*. Evaluación por ultrasonido

Sotomayor Castellanos, J.R.

Carnívoros en el Sudoeste de la provincia de Buenos Aires: ecología y conflictos con los ganaderos

Caruso, N.; Luengos Vidal, E.M.; Lucherini, M.; Guerisoli, M.; Martinez, S.; Casanave, E.B.

El "cerco" como espacio de producción agrícola familiar campesina, en Santiago del Estero - Argentina

Jorge, E.; Helman, S.

Prácticas de manejo y producción en sistemas familiares de cría caprina en las quebradas áridas de Jujuy y Salta

Suárez, V.H.; Martínez G.M.; Nievas, J.D.; Quiroga Roger, J.

Monitoreo de glifosato en agua superficial en Entre Ríos. La Investigación Acción Participativa como metodología de abordaje

Sasal, M.C.; Wilson, M.G.; Sione, S.M.; Beghetto, S.M.; Gabioud, E.A.; Oszust, J.D.; Paravani, E.V.; Demonte, L.; Repetti, M.R.; Bedendo, D.J.; Medero, S.L.; Goette, J.J.; Pautasso, N. y Schulz, G.A.



Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación