



Silvopastoril, un sistema en expansión

Tecnología con ventajas económicas y ambientales

LA INGENIERÍA DETRÁS DE UN CULTIVO

Una herramienta que transformó
la producción agropecuaria

ALIMENTOS FUNCIONALES

Tecnología que hace la diferencia

ENTREVISTA A AMADEO NICORA

Presidente del INTA



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

Institución Editora:
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Cuatrimestral

Vol. 42 N.º 2
Agosto 2016, Buenos Aires, Argentina

Propiedad Intelectual
Propiedad Intelectual N.º 5290265 – IMPRESO
Propiedad Intelectual N.º 5290264 – ONLINE

SEDE EDITORIAL

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

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

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

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

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

Impreso en Gráfica Latina S.A.
en el mes de abril de 2016
info@graficalatina.com.ar www.graficalatina.com.ar

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL INTA

Presidente:
Méd. Vet. Amadeo Nicora

Vicepresidente:
Ing. Mariano Miguel Bosch

Consejeros Nacionales:
Ing. Agr. Oscar Arellano - Facultades de Agronomía
Dr. Carlos Arzone - Facultades de Ciencias Veterinarias
Ing. Agr. Horacio Abel Alippe - AACREA
Ing. Agr. Elbio Néstor Laucirica - CONINAGRO
D. Alejandro Lahitte - CRA
Dr. Pablo Paillole Federación Agraria Argentina
Dr. Aldo Paredes - FAA
Sr. Bruno Quintana - SRA

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 de Planificación, Seguimiento y Evaluación
Dra. Susana Mirassou

DNA de Organización y RR.HH.
Dra. Hebe Julián

Dirección General de 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. Rec. Hid. Adolfo Luis Cerioni

COMITÉ EDITORIAL

Presidente:
Dr. Carlos Di Bella - INTA - CONICET

Vocales:
Ing. Agr. Jorge Mariotti - UNSa
Dr. Roberto J. Fernández Aldúncin - UBA - CONICET
Ing. Agr. M.Sc. María Eugenia Beget - INTA
Dr. Miguel Ángel Taboada - INTA - CONICET
Dr. Marcelo Rosmini - UNL
Dr. Carlos Hernán Moscuza - UNICEN
Dra. Cecilia Gárgano - UNSAM
Dr. Frédéric Goulet - CIRAD

COMITÉ ASESOR

Ing. Agr. M.Sc. Marina Di Filippo - INTA
Dra. Luciana Couso - UBA
Ing. Agr. M.Sc. Alejandro Rago - INTA
Lic. Gabriela Marina Iturrioz - INTA
Dr. Martín Durante - INTA
Dr. Alejandro Constantini - INTA

STAFF

Dirección:
Dra. Norma Pensel
Lic. Máximo Bontempo

Coordinación editorial:
Giselle Miquet

Asistente editorial:
Lic. y Mg. Clarisa Campora
Lic. Mario Migliorati

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

Sistemas integrados de producción

La rotación de cultivos en la agricultura y luego la inclusión de la ganadería en la rotación han acompañado al hombre por cientos de años. Sus beneficios fueron descritos por la economía en los principios del control de riesgos a través de la diversificación, el flujo financiero, el refugio de capital; y por la ciencia en el control del uso de insumos exógenos (sobre todo energía fósil), el manejo de plagas, y la reducción de externalidades emergentes de las intensificaciones (emisiones, efluentes, contaminantes químicos, erosión física, química y genética). Más recientemente, se incorporan beneficios de largo plazo tales como la captura de carbono, el balance de nutrientes, el ciclo del agua y la biodiversidad. A escalas mayores, se le atribuyen beneficios sobre la dinámica regional del flujo energético, flujos de agua, regulación de temperaturas y migraciones de especies. En particular, las rotaciones con ganadería incluyen un factor de diversificación, estabilidad, capitalización y reducen la demanda de energía fósil.

En esta búsqueda de aumentar en forma sostenible la producción teniendo como limitante la superficie de tierra disponible para distintas actividades, con una agricultura responsable de punto de vista social y ambiental, marca la importancia de la inversión en investigación y desarrollo para la integración de cultivos, ganado y otras producciones.

Según la FAO, los sistemas de producción mixtos generan cerca del 50 por ciento del mercado mundial de cereales y la mayor parte de los alimentos básicos consumidos en poblaciones de bajos recursos: el 41 por ciento de maíz, 86 por ciento de arroz, 66 por ciento de sorgo, y el 74 por ciento de la producción de mijo. También producen la mayor parte de los productos ganaderos en el mundo en desarrollo, es decir, el 75 por ciento de la leche y el 60 por ciento de la carne, y emplean millones de personas en granjas, mercados formales e informales, plantas de procesamiento, y otras piezas de valor a lo largo de las cadenas. Si se considera una población de 9.100 millones de personas para el año 2050, la cual tendrá que ser provista de alimentos de forma sostenible, ante esta situación los sistemas integrados de agro-silvo-pastoril desarrollados fundamentalmente por pequeños y medianos productores pueden beneficiarse y contribuir a la seguridad alimentaria, nutricional y el desarrollo sostenible mediante la mejora de intensificación de la producción, la calidad de vida y del medio ambiente.

El avance tecnológico en la genética y la tecnología de cultivos permitieron reducir sustancialmente la incertidumbre y aportar estabilidad al negocio agropecuario, aportaron estrategias para revertir el flujo de nutrientes y de materia orgánica, y mejoraron la eficiencia del uso del agua y de energía fósil. Esto redujo la necesidad de los residuales positivos de la actividad ganadera (a través de las pasturas perennes, de las leguminosas y su menor extracción de nutrientes). Sin embargo, las ventajas son frecuentemente desvirtuadas por la implementación parcial de las tecnologías no apropiadas al sistema, en proyectos simplificados de monocultivo y oportunismo. Por lo tanto, una ganadería planificada y responsable contribuye positivamente a los sistemas integrados al disminuir la erosión, la contaminación, el uso excesivos de agroquímicos -control de malezas- y de labranzas, lo cual resulta en el aumento de la cobertura del suelo. Estas situaciones plantean la necesidad de reflexionar sobre la importancia de los sistemas mixtos para el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria de la población.

En Argentina no solo se presenta la interacción agro-pastoril, también se encontraron interacciones positivas entre diferentes cultivos como yerba mate y sistemas forestales, también en sistemas silvo-apícola-pastoriles, entre otros.

A escala predial, el sistema mixto y en rotación en el uso de suelos permite generar fusibles y amortiguadores para los efectos de las malas decisiones e incorpora estabilidad económica de corto plazo por diversificación. Además, diseñado con proyección de mediano plazo incorpora mayor resiliencia física y económica.

Un desafío importante para la producción Argentina es desarrollar sistemas que inteligentemente generen rotaciones y combinaciones de actividades, que optimicen el resultado físico, económico y ambiental con las nuevas herramientas tecnológicas y a la luz de los nuevos compromisos con la ética ambiental y social. En una expresión con mayor grado de complejidad, la evidencia experimental indicaría que el sistema agro-silvo-pastoril generaría un mayor grado sinergia y externalidades positivas en prácticamente todos los ejes y escalas de evaluación de impacto. Los planteos ganaderos dentro de los nuevos sistemas deberán encontrar diseños mejoradores de funciones ecológicas, especialmente en el uso de la fibra vegetal y el agua, sin comprometer la productividad. En conclusión todo lo dicho es conducente al logro de la integración de prácticas agrícolas y ganaderas más precisas y sostenibles.

Actualidad en I+D

Editorial

116 Sistemas integrados de producción

El desafío para la producción nacional requiere de sistemas que generen rotaciones y combinaciones de actividades, donde la investigación y el desarrollo contemplen la integración de cultivos, ganado y otras producciones.

Notas

120 Silvopastoril, un sistema en expansión

Con numerosas ventajas económicas, sociales y ambientales, esta tecnología se expande en todas las regiones del país y alcanza las 34 millones de hectáreas.



125 La ingeniería detrás de un cultivo

Los organismos genéticamente modificados transformaron la producción agropecuaria. Ahora, la edición de genes aparece como herramienta para desarrollar cultivos más eficientes.

131 Alimentos funcionales: tecnología con valor

El INTA a través de sus programas de investigación trabaja articuladamente con universidades y empresas para el desarrollo de los alimentos funcionales.

139 “El INTA es política de Estado”

El presidente del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria –INTA–, Amadeo Nicora, destaca el rol del organismo como soporte del sector de la agroindustria nacional.



144 Pastillas

Un breve resumen de las noticias más sobresalientes.

Trabajos

Revisión

145 Tratamientos hormonales

Fernandez, J.; Bruno Galarraga, M.; Cueto, M.; Lacau, I.; Soto, A.; De La Sota, R.; Gibbons, A.

153 Bienestar animal en bovinos de leche

Martínez, G. M.; Suárez, V. H.; Ghezzi, M. D.



Artículos

161 Perla de la vida

Gonzalez, M. F.; Casciani, J. C.; Pareja, M.; Peinado, H. H.; Prior, C.



168 Berries nativos

Lillo, A.; Carvajal-Caiconte, F.; Nuñez, D.; Balboa, N.; Alvear, M.

175 Nutrición Nitrogenada

Frigerio, K. L.; Blanco, E. M.; Privitello, J. M. L.; Panza, A. A.; Frasinelli, C. A.

186 Restricción hídrica invernal en olivo

Ibañez, A. A.; Parera, C.; Torres, M.

201 Eficiencia de fungicidas

Scribano, F. R.; Garcete, V.

207 Información INTA Oliveros

Milo Vaccaro, M. R.; Rótolo, G.; Castellarín, J.; Bacigaluppo, S.; Salvagiotti, F.



Silvopastoril, un sistema en expansión en la Argentina

En un mundo con incremento de habitantes para las próximas décadas y la consecuente demanda de alimentos, la intensificación productiva se vuelve una realidad que choca con una dicotomía: conservar o producir. ¿Es posible ser sustentables y productivos? ¿Hay tecnología disponible para enfrentar este desafío?

Los especialistas sostienen que la compatibilización entre una ganadería más intensiva, un manejo forestal y el mantenimiento de las funciones del ecosistema, es posible. Es así que surge la implementación de un sistema silvopastoril –combinación de la forestación con la ganadería– con numerosas ventajas económicas, sociales y ambientales.

(Actualidad en I+D p. 120)



La ingeniería detrás de un cultivo

La expansión de la agricultura derivó en un incremento del área cultivada y en la necesidad de aumentar la productividad por planta. Con los cultivos genéticamente modificados se obtuvieron semillas tolerantes a herbicidas y resistentes a insectos, avances que redujeron los costos de producción –por menor consumo de combustible y cantidad de labores– y minimizaron el impacto ambiental.

Un nuevo cambio de paradigma propone a la edición de genes como la herramienta para desarrollar cultivos más eficientes en lo que respecta al consumo de agua y en la absorción de nutrientes, con ciclos más cortos y resistentes a los eventos climáticos extremos.

(Actualidad en I+D p. 125)

Tratamientos hormonales

La eficiencia reproductiva en el ovino puede verse afectada por las pérdidas ocurridas durante la gestación, las cuales constituyen uno de los factores que influyen en los parámetros productivos de esta especie. Entre las pérdidas prenatales, se considera a la mortalidad embrionaria como la de mayor relevancia y su principal causa sería una deficiente función luteal. Por tal motivo, se han utilizado distintas estrategias terapéuticas hormonales con el objetivo de mejorar la funcionalidad del cuerpo lúteo para disminuir las pérdidas embrionarias. Los tratamientos hormonales han sido utilizados en diferentes momentos del ciclo estral.

(Trabajos p. 145)

Alimentos funcionales: tecnología que hace la diferencia

Actualmente, existe una tendencia mundial hacia una alimentación más saludable por lo que los consumidores demandan cada vez más productos naturales y funcionales. Los alimentos funcionales proporcionan beneficios para la salud más allá de la nutrición básica y son capaces de demostrar científicamente que mejoran una o varias funciones en el organismo. Para su desarrollo, la generación de conocimiento y el acceso a la tecnología es fundamental. Por eso, el INTA a través de sus programas de investigación trabaja articuladamente con universidades y empresas para el desarrollo de los alimentos funcionales, algunos ya transferidos a nivel de la industria.

(Actualidad en I+D p. 131)

Bienestar animal en bovinos

El bienestar animal ha sido definido por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) como el término amplio que describe la manera en que los individuos se enfrentan con el ambiente y que incluye su sanidad, sus percepciones, su estado anímico y otros efectos positivos o negativos que influyen sobre los mecanismos físicos y psíquicos del animal. Durante años se tuvo como objetivo principal dentro de los programas de mejora genética en rodeos lecheros el aumento en la producción de leche por individuo; posteriormente se trabajó en compatibilizar ese incremento en el rinde con una mayor eficiencia en la conversión alimenticia.

(Trabajos p. 153)

“El INTA es política de Estado”

En los próximos años el INTA tiene por delante el desafío de promover y acompañar la política agroindustrial en la Argentina. Un camino por recorrer con el Ministerio de Agroindustria en el que debe contribuir a que “la producción sea factor de desarrollo”, explica Amadeo Nicora, presidente del INTA en la entrevista de Revista RIA.

Atender la demanda y las necesidades de los distintos sectores institucionales que acompañan al organismo en su gobernanza, es parte de las estrategias que se plantea la gestión. Y, en esa línea, se reafirma el trabajo con visión técnica pero con el objetivo político de lograr la agroindustrialización del país.

(Actualidad en I+D p. 139)



Perla de la vid

La perla de la vid, *Margarodes vitis* (Philippi), es un insecto subterráneo que se alimenta de las raíces de *Vitis vinifera*. Los daños se manifiestan como un decaimiento progresivo causando la muerte de la planta. El estudio de la distribución espacial de los insectos brinda información fundamental para implementar programas de Manejo Integrado de Plagas. El objetivo de este trabajo fue determinar el ciclo de vida, la relación síntomas en las plantas-número de insectos/kg suelo y la distribución espacial del insecto. Se realizaron muestreos quincenales en la estación experimental La Consulta, Mendoza, desde septiembre de 2012 a marzo de 2013.

(Trabajos p. 161)

Nutrición nitrogenada

Los principales factores ambientales que influyen sobre la productividad de las pasturas son las condiciones de humedad y la disponibilidad de nitrógeno en el suelo. La temperatura también es una de las causas de fluctuación estacional en la producción de biomasa. En Digitaria son insuficientes los estudios relacionados con la dinámica de la nutrición con N bajo diferentes niveles de fertilización nitrogenada y condiciones hídricas del suelo. Se propone obtener la curva de dilución nitrogenada teórica y experimental; estimar el índice de nutrición nitrogenada (INN) y evaluarlo en relación con los Grados Días de Crecimiento (GDC), durante dos ciclos de crecimiento.

(Trabajos p. 175)

Eficiencia de fungicidas

La calidad del fruto banano durante la etapa de cosecha de climatización y de comercialización se ve afectada por enfermedades fúngicas causadas principalmente por los géneros *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Penicillium* y por las malas prácticas de manejo de la fruta, lo que genera altas pérdidas postcosecha. En este estudio se pudo analizar la eficacia del uso de fungicidas de síntesis y orgánicos en el control de la pudrición de corona del fruto del banano. Se identificaron fungicidas de síntesis que permiten controlar la pudrición de corona evaluados a los 3, a los 7 y a los 9 días después de la aplicación.

(Trabajos p. 201)

Berries nativos

El objetivo de este trabajo consistió en determinar distintos tipos de fenoles en algunos berries nativos del Cono Sur de América y el arándano por métodos espectrofotométricos y su relación con la actividad antioxidante. Se realizaron los análisis de Fenoles Totales, Flavonas y Flavonoles Totales, Proantocianidinas Totales, Antocianinas Totales, Ácidos Fenólicos Totales, Taninos Totales y la actividad antioxidante por los métodos de DPPH+ y ABTS•+, en extractos de *Ugni molinae*, *Aristotelia chilensis*, *Berberis darwinii*, *Luma apiculata* y *Vaccinium corymbosum*. El berrie que obtuvo la mayor concentración de Fenoles Totales, Antocianinas Totales y proantocianidinas totales fue *A. chilensis*.

(Trabajos p. 168)

Restricción hídrica invernal en olivo

Durante las temporadas de los años 2011 y 2012, se cuantificaron y relacionaron el estado hídrico del olivo (*Olea europaea* L.) con el contenido de humedad del suelo y la temperatura ambiental, durante la aplicación de una restricción hídrica invernal. El experimento se realizó en Pocito, Provincia de San Juan, Argentina, en olivos del cv. Arbequina de 10 años de edad. Los tratamientos aplicados fueron: T1, con riego completo con reposición del 100% de la evapotranspiración de cultivo (ETc), T2, regado con el 50% ETc y T3, sin riego. Los resultados demostraron la factibilidad en la aplicación de restricciones hídricas invernales en la región árida de Argentina.

(Trabajos p. 186)



Información INTA Oliveros

En el siglo XXI, el subsistema de conocimiento científico-tecnológico se convirtió en el principal componente del capital cultural de un país, viabilizando el desarrollo socioeconómico y la potencialidad de los países desarrollados. El INTA es un organismo de ciencia y tecnología entre cuyos objetivos está la generación y transferencia de conocimiento científico al sector agropecuario. Dicha información se genera en EEAS e institutos de investigación que abordan los problemas del sector en distintas regiones del país. Los sectores destinados a la investigación, experimentación y transferencia del conocimiento tienen como producto las publicaciones científicas.

(Trabajos p. 207)

TENDENCIA SUSTENTABLE

Silvopastoril, un sistema en expansión en la Argentina

La combinación de la forestación con la ganadería abarca 34 millones de hectáreas en el país con destacadas ventajas económicas y ambientales. Ya sea con bosques cultivados o nativos, esta técnica se extiende en diversas zonas como una alternativa productiva.

Por Laura Perez Casar



En un mundo destinado a cargar con un incremento en la cantidad de habitantes en las próximas décadas con un consecuente aumento en la demanda de alimentos, la intensificación productiva se vuelve una realidad que choca con una dicotomía: conservar o producir. ¿Es posible ser sustentables y productivos? ¿Hay tecnología disponible para enfrentar este desafío?

Para Marcelo Navall –ingeniero forestal del INTA Santiago del Estero– **la compatibilización entre una ganadería más intensiva, un manejo forestal y el mantenimiento de las funciones del ecosistema, es posible.**

“Considero que existen combinaciones de sistemas silvopastoriles que pueden superar la dicotomía producción versus conservación”, aseguró Navall, para lo cual consideró “fundamental” la innovación técnica, el reconocimiento de los servicios ambientales y el control social.

En consecuencia, **diversificar la producción surge como una alternativa promisorio.** Es así que, me-

dante la implementación de un sistema silvopastoril –combinación del manejo forestal y la ganadería– se puede cuadruplicar la producción respecto del ganadero extensivo, entre otras numerosas ventajas económicas y sociales para el productor y el ambiente.

Es que el corrimiento de la barrera agropecuaria también afecta a la ganadería, una actividad desplazada hacia zonas de bosque nativo, donde el manejo del estrato leñoso es fundamental para la sostenibilidad ambiental y social de los sistemas productivos.

En consecuencia, **surge la implementación de sistemas silvopastoriles (SSP) como una alternativa que optimiza la utilización de los recursos naturales.**

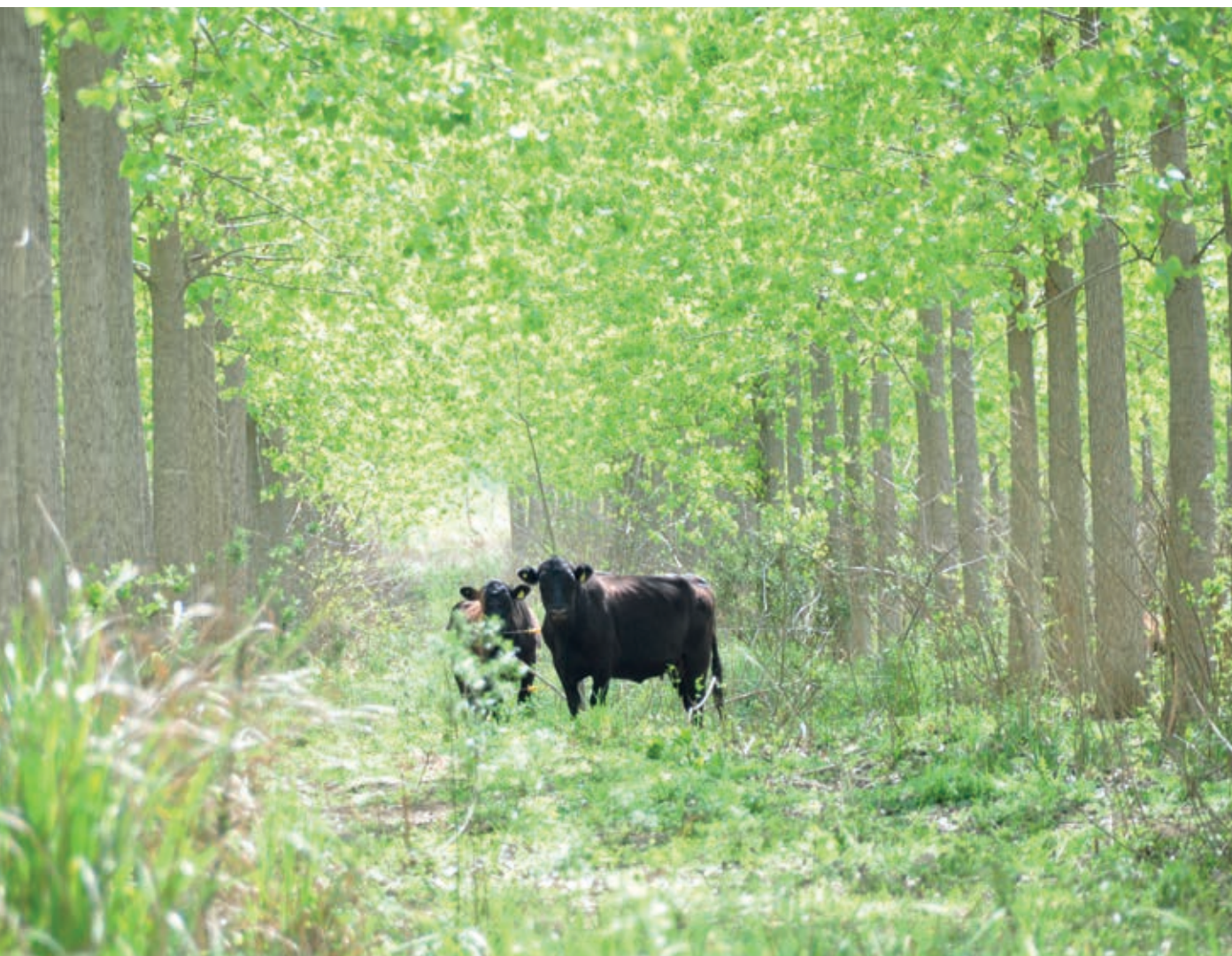
De acuerdo con Pablo Peri –ingeniero forestal del INTA Santa Cruz– UNPA– CONICET–, **“los SSP son la modalidad de uso de la tierra más frecuente en amplias zonas del país que actualmente abarca 34 millones de hectáreas”.**

Para el especialista existe una “clara tendencia” de avance de la ganadería sobre regiones originalmente ocupadas por bosque nativo, en especial la región Chaqueña y otras zonas en donde la actividad forestal constituye la base de la economía, como en Misiones, noroeste de Corrientes y el Delta bonaerense.

En este sentido aclaró: “Los SSP presentan características particulares de acuerdo al tipo de formación forestal: nativa o exótica, a la región de que se trate y al estrato de productores que lo implemente”.

De todos modos, subrayó que en todas las circunstancias **presentan ventajas comparativas a los sistemas ganaderos o forestales puros en el aspecto productivo, ambiental y social.**

Entre éstas, Peri destacó su aporte a la sustentabilidad ambiental por tratarse de una alternativa que permite la protección de los bosques nativos –en línea con los objetivos de la Ley Nacional 26.331– y la recuperación produc-



tiva de las amplias zonas de bosque nativo degradado.

En cuanto a los SSP instalados en forestaciones, se optimiza el uso de recursos, se diversifican las producciones y son compatibles con la producción de madera de calidad.

Dime dónde y te diré cómo

En los últimos 15 años, los SSP están en constante expansión en la Argentina, principalmente con bosques cultivados en Misiones, Corrientes, Neuquén y la zona del Delta bonaerense del río Paraná, mientras que su implementación en bosque nativo se concentra en la región Patagónica y Chaqueña.

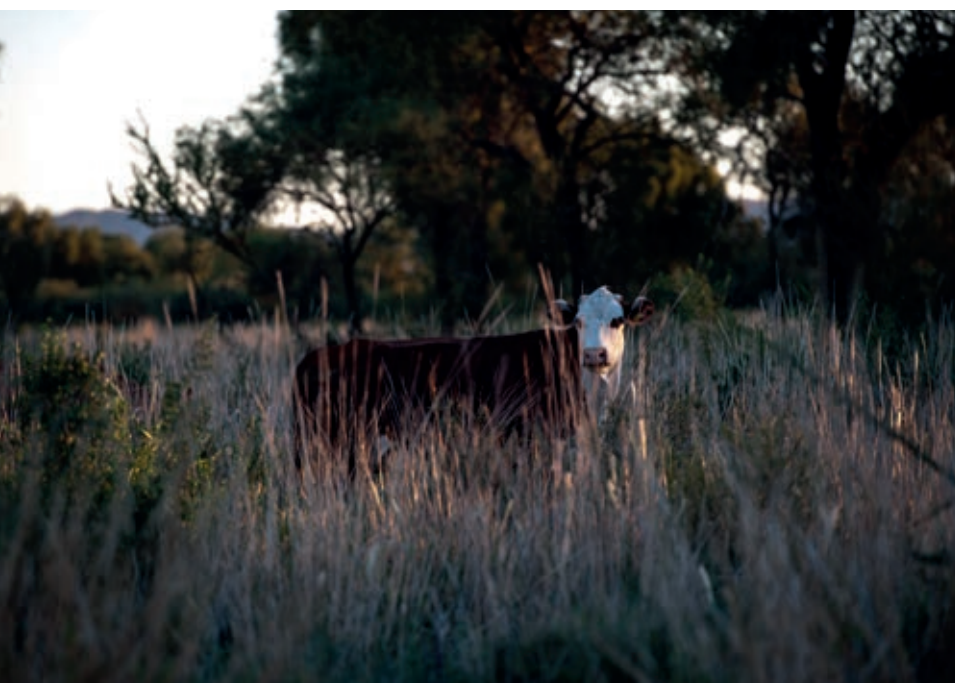
Los sistemas de pastoreo en los SSP de las diferentes regiones se diferen-

cian por su grado de intensidad, desde sistemas extensivos -caracterizados por largas extensiones de superficie y baja inversión de trabajo y capital-, hasta los intensivos donde la incorporación de recursos y tecnologías permite principalmente mejorar la calidad y cantidad de forraje disponible para los animales.

En Misiones, el 20 por ciento de la superficie total forestal corresponde a los SSP de las cuales los productores familiares representan el 15 por ciento, unas 50 mil hectáreas. Adoptados por las numerosas ventajas tales como la reducción del estrés calórico de los animales por efecto de la sombra de los árboles y la obtención de madera de grandes dimensiones.

**ES POSIBLE
COMPATIBILIZAR ENTRE
UNA GANADERÍA
MÁS INTENSIVA,
UN MANEJO FORESTAL
Y EL MANTENIMIENTO
DE LAS FUNCIONES
DEL ECOSISTEMA.**

**LOS SISTEMAS
SILVOPASTORILES
CON BOSQUES
CULTIVADOS O NATIVOS
SE EXTIENDE
EN DIVERSAS ZONAS
COMO UNA ALTERNATIVA
PRODUCTIVA.**



**LA COMBINACIÓN
DE LA FORESTACIÓN
CON LA GANADERÍA
ABARCA 34 M DE HA.
EN EL PAÍS
CON DESTACADAS
VENTAJAS ECONÓMICAS
Y AMBIENTALES.**

Además, los productores notaron el incremento de la productividad forrajera y su concentración proteica, como así también la disminución de los riesgos de incendio por el pastoreo, y un efecto menor de las heladas y sequías prolongadas sobre la pastura o pastizal.

Por su parte, **Corrientes es una de las principales zonas con bosques cultivados del país con 6 millones de hectáreas de pastizales con ganadería pastoril.** El sistema tradicional de cría en la provincia evolucionó a sistemas integrados de cría, recría e invernada.

Inicialmente, la integración de los sistemas forestales y ganaderos estaba acotada al uso del ganado con el único fin de eliminar el material combustible y abarcaba solo el 25 por ciento del ciclo forestal. Luego,

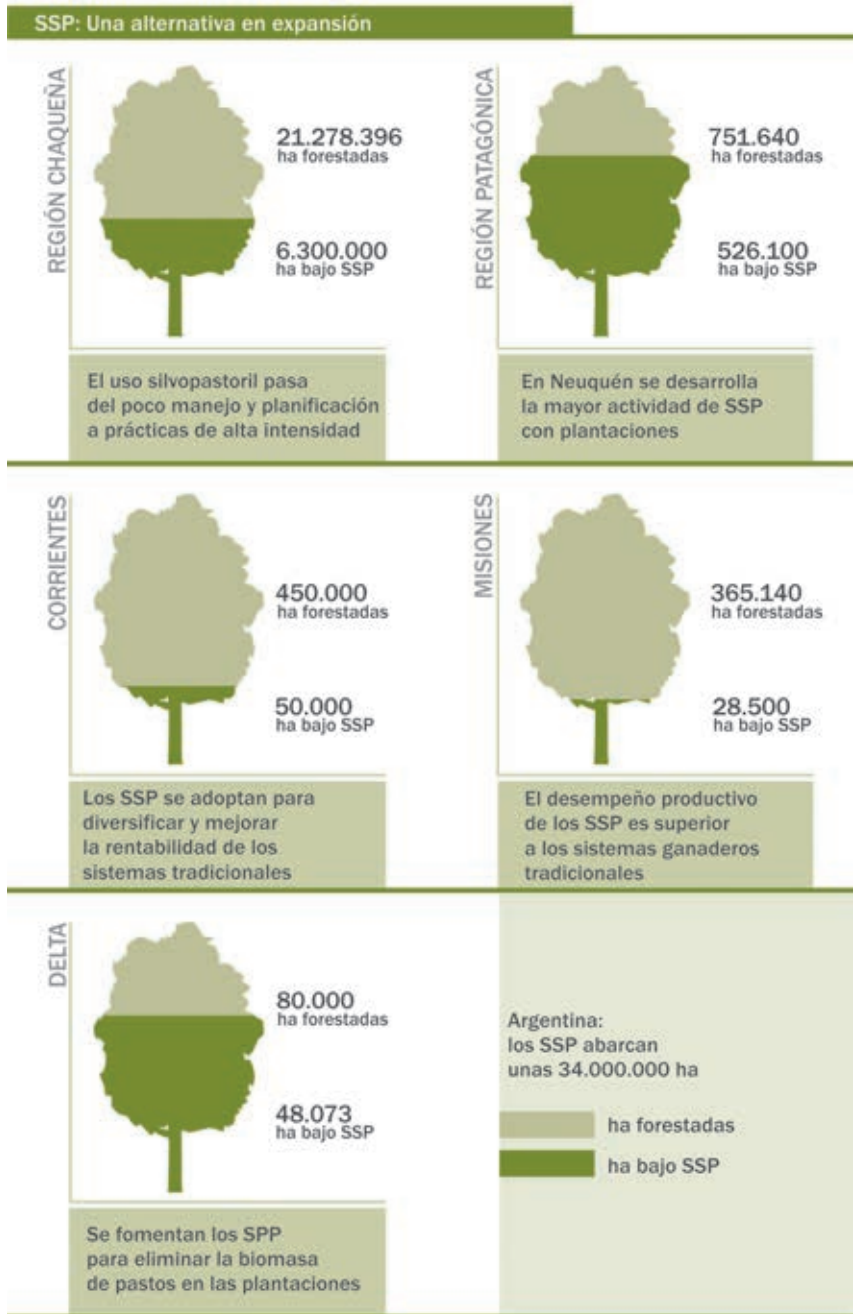
los productores ganaderos adoptaron los SSP como una alternativa para diversificar y mejorar la rentabilidad del sistema tradicional.

Hoy, la provincia **cuenta con alrededor de 30 mil hectáreas bajo SSP compuestos por sistemas ganaderos de cría i/o recría y, en algunos casos, de ciclo completo.** “Aquí, el desempeño productivo en términos de ganancias de pesos y reproductivos observados en los SSP son superiores a los sistemas ganaderos tradicionales”, detalló Peri.

Y agregó: “Para engorde de novillos se mejoró de 0,198 kilos por animal por día en un sistema tradicional de ganancia diaria de peso vivo a 0,27 kg/animal/día en los sistemas silvopastoriles. Para vaquillonas en sistema de recría se pasó de 0,255 a 0,32 kg/animal/día”.

De acuerdo con el Primer Inventario Forestal de Bosques Cultivados de 2002 el recurso forestal de Buenos Aires estaría compuesto por unas **100 mil hectáreas totales de bosques cultivados concentrado, principalmente, en la región Delta bonaerense del río Paraná y en la región sudeste.** Este dato ubica a la provincia entre las principales del país con desarrollo de la actividad foresto industrial.

El Delta cuenta con unas 80 mil hectáreas, de las cuales 60 mil se encuentran bajo manejo y otras 48 mil con potencial uso silvopastoril. “En esta zona, eliminar la biomasa de pastos, que crecen espontáneamente debajo de las plantaciones, mediante el uso del ganado vacuno es una técnica que va en aumento, lo que fomenta la implementación de los SSP”, explicó Peri.



Por su parte, aproximadamente **el 70 por ciento de los bosques de ñire en la Patagonia tienen un uso silvopastoril con un escaso manejo integral en los establecimientos.** De la superficie total forestada, la mayor actividad de SSP con plantaciones se desarrolla en Neuquén.

Allí, la Corporación Forestal Neuquina (CORFONE) es la principal entidad que la desarrolla con vacunos que pastorean ambientes de plantaciones de pino ponderosa conjuntamente con áreas de mallines.

Entre las ventajas percibidas por los productores se destacan la protección que provee al ganado de los fuertes vientos o bajas temperaturas (principalmente en época de parición) y el aporte de forraje de calidad.

Asimismo está la región **Parque Chaqueño que comprende más de 60 millones de hectáreas y es la región forestal más grande del país.** "En esta región, el término 'silvopastoril' se aplica inadecuadamente a una diversidad de prácticas o tratamientos", aclaró Peri.

En un extremo, se ubican las modalidades con poco manejo y planificación como la ganadería a monte que consiste, simplemente, en hacer pastar o ramonear los animales en el bosque nativo. Estas prácticas, repetidas durante décadas, alteran la estructura del bosque por su efecto directo sobre la regeneración, la calidad del suelo y el funcionamiento del ecosistema.

En el otro extremo, se han difundido notablemente prácticas de alta intensidad en remoción de biomasa leñosa, como el desmonte selectivo con siembra de especies forrajeras megatérmicas.



LA REGIÓN CHAQUEÑA

El desafío ya está planteado: lograr una producción ganadera y forestal sostenible en los ecosistemas naturales de esta región. Para ello, los especialistas del INTA subrayan la necesidad de revertir los cambios en la vegetación original ocasionada como consecuencia de décadas de sobrepastoreo, exceso de fuego y sobreexplotación.

Para controlar las abundantes leñosas arbustivas presentes en toda la región, los técnicos proponen instalar sistemas silvopastoriles, a partir de la aplicación del Rolado Selectivo de Baja Intensidad (RBI). Se trata de una propuesta tecnológica del INTA que, mediante el corte y el aplastamiento del estrato arbustivo, genera un ambiente accesible y amigable para el rodeo y la actividad forestal. El RBI presenta numerosas ventajas para la producción ganadera y forestal. Entre las más destacadas se encuentra el mejoramiento de la humedad del suelo y el acceso a la luz natural. Esto facilita la germinación de pastos nativos y la siembra de otras especies, lo que impacta en el incremento de la oferta forrajera.

También se recalca el mínimo impacto de la tecnología sobre los árboles y, así, aprovechar su capacidad de generar un microclima que reduce la temperatura en las horas críticas del verano, lo que contribuye al bienestar animal y a la eficiencia productiva.

cas con el fin de incrementar la producción de carne bovina.

Este tipo de uso altera significativamente la estructura del bosque por dejar en pie árboles de las clases de tamaño mayores, no tiene en cuenta la reposición del estrato arbóreo ni la biodiversidad del ecosistema, y se suman prácticas que le dan mayor intensidad al tratamiento como repasos de rolados, agroquímicos y fuego.

Se estima que **existen alrededor de 6 millones de hectáreas que tienen algún tipo de uso silvopastoril**, entre esos extremos.

Para lograr un equilibrio aceptable entre la mejora de accesibilidad y la conservación de las comunidades vegetales, Navall destacó los tratamientos iniciales para intensificar la ganadería en comunidades leñosas deben ser de menor intensidad, menor severidad y menor frecuencia que los comúnmente aplicados.

“El tratamiento más difundido para reducir la dominancia de leñosas, incrementar la oferta forrajera y mejorar la accesibilidad en ecosistemas del Chaco Semiárido es el rolado (*ver recuadro*)”, recomendó Navall.

Más información:

Pablo Peri

peri.pablo@inta.gob.ar

Marcelo Navall

navall.marcelo@inta.gob.ar





GENÉTICA APLICADA

La ingeniería detrás de un cultivo

Los cultivos genéticamente modificados surgieron para facilitar el manejo y reducir los costos de producción. Un repaso por 20 años de la tecnología que ayudó al desarrollo de la agricultura argentina, y que hoy plantea un nuevo cambio de paradigma: de la tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos a cultivos más eficientes en el consumo de agua y de nutrientes.

Por Cecillie Esperbent

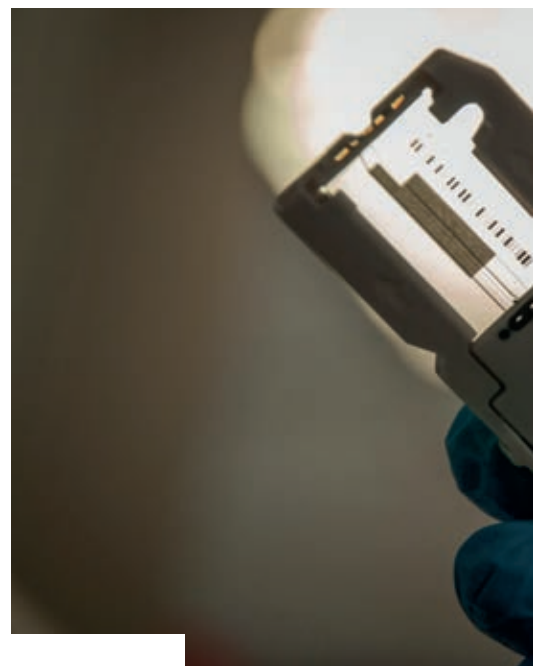
La expansión de la agricultura derivó, primero, en un incremento del área cultivada y, luego, en la necesidad de aumentar la productividad por planta. Así, la transgénesis y los organismos genéticamente modificados permitieron la obtención de cultivos tolerantes a herbicidas (TH) y resistentes a insectos (Bt), avances que ayudaron reducir los costos de pro-

ducción –por el menor consumo de combustible y cantidad de labores y aplicaciones– y disminuir el impacto ambiental por el menor uso de insecticidas, entre otros.

Ahora, **un nuevo cambio de paradigma propone a la edición de genes como la herramienta que permitirá desarrollar cultivos más eficientes** en el consumo de agua y

en la absorción de nutrientes, con ciclos más cortos y resistentes a los eventos climáticos extremos.

Desde que la ciencia avanzó lo suficiente para crear organismos genéticamente modificados (OGM), la controversia alrededor de su uso no dejó de existir. Pero, ¿qué es un cultivo genéticamente modificado? Para aclararlo, Ruth Heinz –directora del Insti-



**“LA BIOTECNOLOGÍA MODERNA OFRECE NUEVAS ALTERNATIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS CULTIVOS Y UTILIZA LA INGENIERÍA GENÉTICA PARA MODIFICAR Y TRANSFERIR GENES DE UN ORGANISMO A OTRO”.
(RUTH HEINZ)**

tuto de Biotecnología del Centro de Investigación en Ciencias Veterinarias y Agronómicas (CICVyA) del INTA— lo define como “una planta cuyos genes fueron modificados mediante ingeniería genética”.

“**La modificación introducida le otorga a la planta nuevas características beneficiosas** como: resistencia a enfermedades, virus, bacterias, hongos, plagas, tolerancia a herbicidas y a estreses como pueden ser sequías, heladas y altas temperaturas”, señaló Heinz y agregó: “Además, puede contribuir a cambiar los rasgos nutricionales de frutos o semillas, por ejemplo, aumentar el contenido de vitaminas o la proporción de ácidos grasos o aceites saludables”.

La modificación genética es una técnica más entre un abanico de procesos que se pueden realizar para mejorar la agricultura. “Esto se logra mediante la introducción de uno o más genes nuevos o mediante la modificación de uno preexistente, propio de la planta”, indicó Heinz y aclaró: “Una característica importante es que son cambios heredables, es decir, que se transmiten a la descendencia”.

Seleccionar las mejores características y minimizar las probabilidades de que los cultivos sean perjudicados por factores externos, son básicamente los objetivos de la genética aplicada a los vegetales. “**Los cultivos GM más difundidos son los que poseen tolerancia a herbicidas (TH) y resistencia a insecticidas (Bt)**, aunque en

los últimos años los desarrollos fueron orientados a la combinación de ambas características”, señaló Heinz.

Siembra directa, manejo de cultivos e insumos por ambiente y fabricación y adopción de máquinas inteligentes son algunos ejemplos de las herramientas que hicieron más eficiente la producción agrícola nacional y ubican a la Argentina en el grupo de países líderes en el desarrollo y uso de tecnología para el agro.

En este sentido, Mariano Bosch, vicepresidente del INTA, puso en valor el rol del instituto como un organismo público dedicado a la investigación científica y desarrollo de la tecnología aplicada al campo agropecuario y agroindustrial. “**La Argentina cuenta con una tradición científica de excelencia que la destaca internacionalmente por sus logros** y eso es gracias a la labor de una institución como la nuestra”, planteó.

“La soja, por ejemplo, le permitió a nuestro país ser uno de los que más rápido adoptó la siembra directa como tecnología agrícola sustentable”, ilustró Bosch y se refirió a la importancia de revisar las prácticas agronómicas recomendadas para mantener el equilibrio de los ambientes. De lo contrario, “el productor tiene que batallar contra malezas o insectos cada vez más tolerantes a los agroquímicos, pero no se da cuenta que la presencia de una maleza en el lote es una respuesta a lo que se hace”, señaló el vicepresidente del INTA.



“Como institución científica entendemos la importancia de estudiar cómo funcionan los cultivos para actuar en el futuro”, expresó Bosch y aseguró: “Los cultivos genéticamente modificados aportan a la sustentabilidad del sistema, reducen el uso de productos químicos, permiten optimizar la producción y la calidad de los cultivos para obtener variedades que resistan sequía, baja disponibilidad de nitrógeno y hasta suelos salinos”.

En línea con una carta firmada por más de 100 premios nobeles, Bosch aseguró que no hay evidencia científica sobre el perjuicio –para la salud o para la naturaleza– que implican los OGM.

En el documento, investigadores del ámbito de la medicina, química y física galardonados con el Premio Nobel pidieron a los “gobiernos del mundo” que “aceleren el acceso de los agricultores a todas las herramientas de la biología moderna”. Además, destacaron que “todas las agencias científicas y regulatorias en el mundo establecieron de manera reiterada y coherente que las culturas y los alimentos mejorados gracias a las biotecnologías son igualmente seguros –sino más– que aquellos procedentes de otros métodos de producción”.

De acuerdo con los firmantes, “el cultivo de arroz dorado tiene el potencial de disminuir de manera considerable la proporción de muertes y enfermedades en el planeta causadas por una deficiencia de vitamina A (VAD)”.

UN FONDO PARA FINANCIAR PROYECTOS AGROBIOTECNOLÓGICOS

La inversión económica vinculada a los desarrollos biotecnológicos para el sector agroproductivo se convirtió en una frontera que no todos los proyectos de investigación podían atravesar, especialmente a la hora de encarar la fase de prueba de seguridad y eficacia.

La creación del Fondo de Regulación de Productos Biotecnológicos (Fonrebio), que aportará financiamiento y previsibilidad a la etapa regulatoria, es un instrumento de cooperación impulsado por los Ministerios de Agroindustria y de Ciencia y Tecnología que buscan fomentar la producción nacional de productos agrobiotecnológicos.

“El Fonrebio es un ejemplo de política de Estado”, destacó Feingold quien reconoció: “Este acuerdo interministerial representa una clara señal de apoyo hacia la biotecnología y hacia estos desarrollos, no solo para el agro sino también para otras esferas”. Para el INTA “es altamente positivo”, señaló Feingold y agregó: “Somos una institución pionera en la generación de OGM con capacidad técnica para realizar los desarrollos, pero estos se encuentran con una restricción desde el punto de vista presupuestario a la hora de pasar a fases más avanzadas”.

El principal objetivo de este Fondo es financiar hasta el 80 % del costo total del proyecto con créditos de devolución contingente y aportes no reembolsables –subsidijs–, por un monto mínimo de un millón de pesos y un máximo de 20.

Con financiamiento del Fondo Tecnológico Argentino (Fontar), de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica del Ministerio de Ciencia, podrán solicitarlo instituciones de Ciencia y Técnica y empresas que desean obtener la aprobación para la liberación y el uso comercial de los productos biotecnológicos desarrollados en el país.

Un poco de historia

Los objetivos de la genética aplicada a los vegetales son, básicamente, seleccionar las mejores características para minimizar las probabilidades de que los cultivos sean perjudicados por factores externos. Ahora bien, **el mejoramiento de los cultivos por la mano del hombre no es un hecho nuevo. Tuvo sus inicios hace más de diez mil años**, cuando comenzó a cultivar y seleccionar las mejores plantas. Con esa elección, y mediante cruzamientos entre plantas, se crearon nuevas variedades lo que le permitió

obtener mejores alimentos de manera más eficiente.

Según Heinz, las plantas comestibles “fueron modificadas por innumerables generaciones de agricultores, a lo largo de milenios. De hecho, los primeros registros de la biotecnología datan de tiempos ancestrales con el uso de microorganismos para la producción de alimentos como pan y cerveza”.

Aunque el hombre no entendía cómo ocurrían estos procesos –jugo de uva fermentado se convierte en vino o que la leche puede convertirse en queso o yogur– los utilizaba para su beneficio.

**“COMO INSTITUCIÓN CIENTÍFICA ENTENDEMOS LA IMPORTANCIA DE ESTUDIAR CÓMO FUNCIONAN LOS CULTIVOS PARA ACTUAR EN EL FUTURO”.
(MARIANO BOSCH)**

ENSAYOS Y RESULTADOS DE CALIDAD

El laboratorio de Detección de OGM y la Unidad de Genómica, del Instituto de Biotecnología del INTA, fueron distinguidos por el Organismo Argentino de Acreditación (OAA) por cumplir con los requisitos de calidad en la ejecución de los ensayos, en la emisión de los resultados y la competencia del personal, plasmados en la norma IRAM 301 (ISO/IEC 17025).

Viviana Pedroarias –responsable técnica del Laboratorio de detección de Organismos Genéticamente Modificados (OGM)– explicó: “Que un ensayo esté acreditado significa que se conoce perfectamente la calidad de su resultado, la cual es adecuada para el fin previsto. Esto permite la armonización de los resultados entre los laboratorios de todo el mundo y asegura su similar interpretación”, detalló.

De acuerdo con Andrea Puebla –responsable técnica de la Unidad de Genómica–, si bien resulta complejo estimar el dinero que ahorra el Estado, está claro que “al invertir en calidad se asegura excelencia y competitividad a escala nacional e internacional”, y agregó: “Al invertir en Genómica, el país gana en independencia tecnológica mediante la investigación, el desarrollo y la innovación”.

El Laboratorio de detección de OGM del INTA ofrece este servicio al sector privado de la producción agropecuaria y de la industria alimenticia a partir del análisis de granos, semillas, alimentos y materias primas. Además, colabora con el SENASA como laboratorio oficial para este tipo de ensayos.

La Unidad de Genómica es un laboratorio de alta complejidad que provee servicios de secuenciación de ADN, genotipificación, desarrollo de proyectos de biología molecular, capacitación de recursos humanos en las tecnologías genómicas y es un servicio abierto para instituciones públicas y privadas que necesiten ensayos en esta área.

Recién a fines del siglo 19 se asientan las bases que dan origen a la genética. A partir de allí, “comienza un principio activo de mejoramiento genético con el foco puesto en generar diversidad, en cruzar a los individuos más distantes para obtener o resaltar las características deseadas”, resaltó Heinz.

Cuando los científicos comprendieron la estructura de los genes y cómo la información que portaban se traducía en funciones o características, comenzaron a buscar la forma de aislarlos, analizarlos y modificarlos. Este fue el inicio de “**la biotecnología moderna, una disciplina que surge en**

la década de 1980, ofrece nuevas alternativas para el mejoramiento de los cultivos y utiliza la ingeniería genética para modificar y transferir genes de un organismo a otro”, expresó Heinz.

La Argentina como centro de referencia

Las plantas genéticamente modificadas dieron origen a las especies más cultivadas a escala mundial. A 20 años de la Resolución 167/96, que marcó el puntapié inicial de la biotecnología agrícola en la Argentina, la soja RR –

tolerante a glifosato– es la más sembrada por los productores en el país.

En la Argentina, la Dirección de Biotecnología del Ministerio de Agroindustria de la Nación es la encargada de regular el uso de los OGM de interés agropecuario, la implementación de las normas vigentes y la evaluación de las actividades relacionadas, desde su desarrollo hasta su eventual comercialización.

Martín Lema, director de Biotecnología de la cartera agropecuaria, afirmó que **maíz, soja y algodón son los cultivos que tienen mayor proporción de cultivares genéticamente modificados**, en comparación con



los tradicionales. De hecho, en 2015 el área implantada con estas semillas superó las 24 millones de hectáreas.

“Un organismo genéticamente modificado es quizás uno de los productos que mayores controles recibe antes de su aprobación”, expresó Lema y ejemplificó: “En nuestro país, la Conabia (Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria) analiza la bioseguridad de cada cultivo modificado y el Senasa (Servicio Nacional de Sanidad Agroalimentaria) evalúa la inocuidad de los alimentos derivados”.

Así, el objetivo de la Dirección es garantizar que los OGM sean seguros desde el punto de vista genético-molecular y que las actividades que se realicen no representen un riesgo para el agroecosistema.

Gracias a un equipo de investigadores, que trabaja desde hace más de 20 años en temas vinculados a la bioseguridad de las actividades agropecuarias, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) reconoció a la Conabia como Centro de Referencia para la Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados.

En este sentido, Eve Crowley, representante Regional Adjunta para Améri-

ca Latina y el Caribe y Representante de la FAO en Chile, durante el encuentro aseguró que **“la Argentina será un socio estratégico fundamental al momento de trabajar para garantizar la seguridad alimentaria mundial”**.

El acuerdo, firmado entre José Graziano da Silva –director General de la FAO– y Carlos Casamiquela –ex ministro de Agricultura– busca aprovechar de manera segura los avances de la biotecnología para incrementar la productividad de los agricultores y mejorar la seguridad alimentaria.

“Este reconocimiento es el resultado de la implementación del sistema regulatorio argentino, una comisión que pocos países tienen”, indicó Lema y aclaró: “El acuerdo establece que tanto la FAO como la Argentina brindarán asesoramiento y capacitación sobre bioseguridad agrícola en general, y el análisis y monitoreo de riesgos de los OGM en concreto, a los países que lo soliciten”.

Según el registro de la Conabia el listado de eventos transgénicos aprobados comercialmente en la Argentina, asciende a 35. Pese a ser el cultivo más difundido en el país (por la cantidad de hectáreas implantadas), existen solo ocho eventos de soja, entre las mejoras se destacan tolerancia a

herbicidas, resistencia a sequía, a insectos y mejora nutricional. Con 22 inscripciones, el maíz encabeza el ranking de los cultivos con variedades que poseen resistencia a insectos y herbicidas. La lista se completa con cuatro de algodón y solo uno de papa.

“En general, las aprobaciones nacionales ofrecen tolerancia a herbicidas, resistencia contra plagas y hay algunas que combinan ambas cualidades agronómicas”, indicó Lema.

En 2015, el Ministerio de Agroindustria aprobó una soja que produce un grano con alto contenido de ácido oleico, una característica muy demandada por el mercado estadounidense. “Apuntamos a la promoción de biotecnología con agregado de valor”, apuntó Lema y agregó: “Buscamos que el producto que se cosecha tenga un valor superior, en comparación con el grano convencional”.

Biotecnología: el desafío de la agricultura

El mejoramiento de los cultivos, ya sea por métodos tradicionales de cruzamiento, por mejoramiento asistido por marcadores moleculares o mediante técnicas de ingeniería genética,

LA EDICIÓN GENÉTICA PERMITE “EDITAR UN GENOMA COMO SI FUERA UN ARCHIVO DE TEXTO”. (SERGIO FEINGOLD)

implica la transferencia de genes de un organismo a otro. Con el cruzamiento tradicional, los miles de genes pertenecientes a una planta son mezclados de manera azarosa con los miles de genes de su compañera de cruzamiento.

Durante este proceso –que puede llevar hasta 15 años– se transfieren características deseadas, pero también pueden trasladarse rasgos no deseados. Por ejemplo, la planta nueva puede producir frutos más grandes, pero con un sabor desagradable, que antes no tenía. Entonces, la ingeniería genética aplicada al mejoramiento vegetal permite que un único rasgo deseado pueda ser transferido de un organismo a otro.

De acuerdo con la FAO, “**la biotecnología incluye una amplia gama de tecnologías aplicadas a la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y acuicultura y la agroindustria** que se utilizan para diversos fines, como el mejoramiento genético de plantas y animales para aumentar sus rendimientos o eficiencia; caracterización y conservación de los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura; diagnóstico de enfermedades de plantas y animales, desarrollo de vacunas o la producción de alimentos fermentados”.

Para Sergio Feingold, director del Laboratorio de Agrobiotecnología del INTA y coordinador del Programa Nacional de Biotecnología del INTA, “**la biotecnología no se reduce, ni se agota, en la generación de un organismo genéticamente modificado** con resistencia a herbicidas o lepidópteros”.

Esta área de la ciencia que se enfoca en la aplicación de la tecnología a la biología, “permite una aproximación más racional a otros desarrollos que no necesariamente tienen que ver con la modificación genética de un cultivo”, señaló Feingold y ejemplificó: “Tam-



bién incluye al mejoramiento asistido mediante marcadores moleculares, esto quiere decir que el investigador identifica las variantes de los genes que aportarán las características deseadas y trabaja directamente con la información del ADN”.

“**Un marcador molecular es como un test de diagnóstico**”, explicó Feingold y aclaró: “Te indica que la planta tiene la variante del gen que la hace resistente a una enfermedad, por ejemplo”. Para confirmar que lleva la característica fenotípica buscada se realiza la evaluación, que se hace a partir de la extracción del ADN. Este procedimiento permite reducir los tiempos y costos de la investigación considerablemente.

Ahora bien, entre los principales problemas que enfrenta la producción agrícola nacional se encuentran la aparición de malezas cada vez más resistentes y la necesidad de aumentar la productividad por planta. En este contexto, “la agrobiotecnología permite pensar un nuevo cambio de paradigma”, expresó Feingold.

La estrategia es desarrollar cultivos más eficientes en el consumo de agua y en la absorción de nutrientes, con ciclos más cortos y resistentes a los eventos climáticos extremos. “Trabajamos en la búsqueda de cultivos que tengan una ventaja competitiva con respecto a las malezas, en la absorción de los nutrientes”, aseguró Feingold y aclaró: “Desde el Programa Nacional

de Biotecnología proponemos utilizar todas las técnicas disponibles que permitan una aproximación sistémica a los desafíos productivos, con énfasis en la sostenibilidad del sistema. Por ejemplo, en el caso de malezas resistentes, la idea no es establecer una guerra con ellas, sino proponer una coexistencia con un nivel de malezas que no afecte el rendimiento económico”.

Una técnica de reciente aparición, que está signada como una de las de mayor potencial tanto en el ámbito agropecuario como de salud humana, es la edición génica. Esta nueva herramienta permite la modificación dirigida de secuencias del genoma de un organismo.

Así, la edición genética permite “**editar un genoma como si fuera un archivo de texto**”, apuntó Feingold y explicó: “Con esta técnica, aplicada a un cultivo, es posible apagar o prender genes, o modificar su secuencia de manera específica para eliminar características indeseables o potenciar las favorables”.

Más información:

Ruth Heinz
heinz.ruth@inta.gob.ar
Mariano Bosch
vicepresidencia@inta.gob.ar
Martín Lema
mlema@magyp.gob.ar
Sergio Feingold
feingold.sergio@inta.gob.ar

COMPETITIVIDAD

Alimentos funcionales: tecnología que hace la diferencia



Ante una creciente demanda de alimentos saludables, los funcionales son una oportunidad para el sector agroalimentario. Con un mercado local en formación, el INTA acompaña la tendencia a través de la generación de conocimiento y de tecnologías orientadas al desarrollo, diferenciación y valorización de estos productos.

Por M. Clarisa Cámpora

Actualmente, existe una tendencia mundial hacia una alimentación más saludable por lo que los consumidores demandan cada vez más productos naturales y funcionales. Pero, **¿qué es un alimento funcional?**

Este tipo de alimento es el que **proporciona beneficios para la salud** más allá de la nutrición básica y, además, es capaz de generar evidencia científica de que **mejora una o varias funciones en el organismo**. Esa funcionalidad se consigue mediante diferentes estrategias: maximizar la presencia de un compuesto funcional en el propio alimento; la incorporación externa de un componente bioactivo; el incremento de la biodisponibilidad

del compuesto de interés, entre otros. Si bien tienen un efecto positivo en la salud, **no son considerados medicamentos**. Son productos que se consumen como parte de una dieta normal y ayudan a reducir el riesgo de enfermedades a través de una alimentación sana y equilibrada.

Entre los productos que pueden considerarse como funcionales, por contener uno u otros componentes, se encuentran los lácteos enriquecidos con vitaminas, minerales, fitoesteroles u omega-3, y con probióticos -microorganismos vivos que, al ser ingeridos en cantidades suficientes, ejercen un efecto positivo en la flora intestinal-.

En ese contexto, es fundamental la **generación de conocimiento y de tecnologías** que se orienten al **desarrollo, diferenciación y valorización** de este tipo de alimentos, no solo para responder a las demandas de valor y calidad de los consumidores sino también para contribuir a una mayor competitividad del sector agroindustrial nacional.

“El desarrollo de productos funcionales es aún un área de vacancia para las pequeñas y medianas empresas locales, ahí es donde el rol de instituciones de ciencia y tecnología, como el INTA, es importante”, explicó Claudia González, coordinadora del Programa Nacional de Agroindustria y Agregado de Valor del INTA.

LECHE FUNCIONAL DE CABRAS, UNA OPORTUNIDAD CON GRANDES BENEFICIOS

En el NOA, las semillas de chía sin valor comercial, de descarte, surgen como un suplemento para los rumiantes. Una investigación del INTA determinó que la incorporación de esta oleaginosa en la dieta de las cabras no sólo mejoró la nutrición de los animales, sino que además, generó una leche con beneficios para la salud humana.

Marcela Martínez, investigadora del INTA Salta, explicó que la suplementación con semillas de chía de descarte “permitió aumentar el contenido graso de la leche, a muy bajo costo y sin presentar alteraciones en la producción ni en el contenido de proteínas y lactosa”. Además, agregó: “Ese incremento se vio acompañado por un cambio en el perfil de la leche: los considerados como ‘malos’ para la salud humana disminuyeron y los ‘buenos’ aumentaron”.

La semilla de chía es una de las fuentes vegetales con mayor concentración de ácido graso alfa-linolénico omega-3, que ayuda a controlar el colesterol y la presión alta. De acuerdo con Martínez, de la investigación resulta que el Ácido vaccénico (AV) y el Ácido Linoleico Conjugado (CLA), se incrementaron en un 133 y 97 por ciento, respectivamente.

La especialista observó que la chía, como suplemento, tiene “muy buena palatabilidad” para el rebaño caprino, lo que la convierte al descarte en una muy buena opción para suplantar granos que tienen costo, como el maíz o la soja.

Martínez contó que las propiedades benéficas de la leche pueden trasladarse a productos derivados, como el queso —destino del 99 por ciento de la leche de cabra producida en el país—. “Aspecto que podría aumentar los rendimientos para ese sector productivo en una zona en la que el cultivo de chía es cada vez mayor y no se sabe qué hacer con los descartes”, afirmó Martínez.

Actualmente, la investigación continúa con el estudio de semillas de chía de máxima pureza para analizar su potencial en la modificación del perfil de ácidos grasos y la posterior evaluación de la leche y el queso producido.



En ese sentido, el INTA a través de sus programas de investigación trabaja articuladamente con universidades y empresas para el desarrollo de los alimentos funcionales, algunos ya transferidos a nivel de la industria y otros en una etapa próxima de transferencia.

Un queso enriquecido que agrega valor

El área de Bioquímica y Nutrición (ByN) del Instituto de Tecnología de Alimentos (ITA) —Centro de Investigación de Agroindustria del INTA— desarrolla diversas líneas de investigación dirigidas al mejoramiento de la calidad de los alimentos. Para Sergio Vaudagna, director del ITA, un ejemplo es “el estudio de los compuestos bioactivos de interés nutricional para el desarrollo de alimentos funcionales”.

Así, se desarrolló el **primer queso enriquecido con fitoesteroles y antioxidantes naturales** de la Argentina, como resultado de la **articulación público-privada** entre el INTA y la empresa PyME Lácteos Capilla del Señor S. A., ubicada en la provincia de Córdoba.

De acuerdo con Sergio Rizzo, investigador del área de ByN del ITA, “este proyecto, ideado por Adriana Descalzo y liderado desde el Instituto, desarrolló la tecnología que incorpora a los fitoesteroles y antioxidantes naturales al proceso de elaboración de un Queso Por Salud Light”.

Según Luciana Rossetti, investigadora del mismo grupo, “los **fitoesteroles** —compuestos de origen vegetal— **ayudan a reducir los niveles de colesterol total y del LDL**, conocido como colesterol malo. Esta propiedad hace que este queso funcional ayude a re-

“APRENDIMOS LO QUE ES UN TRABAJO EN EQUIPO Y SER PARTE DEL DESARROLLO PROFESIONAL DE UN PRODUCTO CON VALOR AGREGADO”.
(ÁLVARO UGARTEMENDIA)



**UN ALIMENTO
FUNCIONAL PROPORCIONA
BENEFICIOS PARA
LA SALUD MÁS ALLÁ DE LA
NUTRICIÓN BÁSICA
Y DEMUESTRA
CIENTÍFICAMENTE
QUE MEJORA
UNA O VARIAS FUNCIONES
EN EL ORGANISMO.**

ducir el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares”.

Asimismo, Rizzo expresó que este producto posee, además, **tocóferoles naturales**. “Este compuesto – la vitamina E–, también de origen vegetal, ejerce un efecto antioxidante protector sobre los demás nutrientes del alimento”, dijo.

Para los investigadores, este efecto se lograría con el **consumo de dos rebanadas de 30 gr** del Queso Funcional LACNAT+, el cual aporta 2.2 gr de fitoesteroles y 6.2 mg de vitamina E (62% V.D.).

Los investigadores del Laboratorio de calidad de leche y agroindustria del INTA Rafaela –Santa Fe– colaboraron en la puesta a punto de la tecnología para la elaboración de queso blando reducido en materia grasa. Allí, se realizó su **caracterización físico-química**, que incluyó la determinación de materia grasa, proteína, cloruro de sodio, pH y humedad.

Como resultado, y según los criterios del Código Alimentario Argentino, se obtuvo un queso magro de alta humedad o pasta blanda. Según los investigadores, los **niveles de fitoesteroles** que contiene, se encuentran dentro de la **dosis considerada como funcional**.

Para Álvaro Ugartemendia, gerente general de la PyME láctea Capilla del

Señor S. A. (Lácteos CDS), esta vinculación fue muy positiva: “Aprendimos lo que es un **trabajo en equipo** y ser parte del desarrollo profesional de un producto con valor agregado”. En ese sentido, agregó: “Estamos constantemente buscando **innovar** para entregar al consumidor **productos saludables y de calidad**. Esta interacción hizo posible que el sueño que tenemos guardado en un cajón las **PyMES** se transforme en realidad”.

Ubicada en Villa María –Córdoba–, Lácteos CDS es una empresa familiar que nació en abril de 2005. “Hoy presentamos un queso Port Salut light con agregado de fitoesteroles y antioxidantes naturales que posee características saludables y lo distinguen del resto de los quesos que se encuentran en las góndolas. Es único en el país”, expresó Ugartemendia quien aseguró: “Próximamente estará disponible en la mesa de los Argentinos”.

Aditivo en polvo: tecnología para una alimentación inclusiva

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) algunas bacterias, como las **probióticas** tienen efectos positivos en el organismo de quienes las consumen. En ese sentido, el desarrollo de un **aditivo en polvo** para



“PRODUCIMOS LA LECHE CLA EN TAMBOS PROPIOS, SELECCIONADOS Y ADAPTADOS PARA ESTE IMPORTANTE DESARROLLO Y BAJO SUPERVISIÓN DE TÉCNICOS DEL INTA”.
(MARIEL ESPÍNEIRA)

incorporar en los alimentos bacterias beneficiosas para la salud resultó toda una **innovación**.

Este desarrollo, logrado por investigadores del INTA y el **Conicet**, incorporado como aditivo a ciertos alimentos –líquidos fríos o tibios– enriquece el **sistema digestivo**, equilibra la **microbiota intestinal** con un impacto positivo en el **sistema inmunitario**.

Durante la investigación, los especialistas lograron **deshidratar las bacterias probióticas** sin pérdida de viabilidad y funcionalidad, mediante el **secado spray** –una metodología de conservación innovadora a escala comercial y ampliamente instalada en la industria nacional–, lo que **masifica, facilita y economiza** su obtención y aplicación en los alimentos.

Roxana Páez, investigadora del INTA Rafaela –Santa Fe–, explicó que el secado spray es una metodología que permite deshidratar alimentos sensibles al calor. Así, mediante una corriente de aire, el alimento se seca inmediatamente al ser dispersado en forma de microgotas, **sin alterar la viabilidad ni funcionalidad** de los microorganismos.

Estos microorganismos –más de 10 millones por gramo–, presentes en un concentrado en polvo que puede conservarse en la heladera hasta un año, “no modifican el olor, color, gusto y consistencia de los alimentos en los que pueden incorporarse”, dijo Páez.

Una etapa posterior, cuenta la investigadora, llevó a otras innovaciones: “A través de un **subproducto lácteo** –el permeado de suero, residuo de la industria láctea– como **medio de crecimiento** de bacterias logramos procesar **cepas autóctonas**, nativas, con un efecto específico, y las deshidratamos por secado spray”.

Según Gabriel Vinderola, docente e investigador del Instituto de Lactología Industrial de la Universidad Nacional del Litoral y del Conicet, “en la actualidad, la gran mayoría de los **probióticos utilizados comercialmente en el exterior** mediante liofilización o congelamiento, lo que limita su uso y distribución, al tiempo que aumenta su precio final”.

Por eso, Páez resaltó el logro: “desarrollamos una cepa autóctona, aislada de leche materna, abarata el





**“DESARROLLAMOS UNA CEPA AUTÓCTONA, AISLADA DE LECHE MATERNA, ABARATAMOS EL MEDIO DE CRECIMIENTO Y DESARROLLAMOS UNA TECNOLOGÍA 10 VECES MÁS ECONÓMICA”.
(ROXANA PÁEZ)**

medio de crecimiento aprovechando un subproducto y desarrollamos una **tecnología 10 veces más económica** que la actual —el liofilizado—. La **innovación es completa**, la cepa y todo el proceso tecnológico”.

El desarrollo es resultado del trabajo entre el INTA y el Instituto de Lactología Industrial —Conicet— y de la Universidad Nacional del Litoral. “Desde la universidad, aportamos el **conocimiento microbiológico y funcional** ya que contábamos con las cepas aisladas y el efecto probiótico evaluado”, sostuvo Vinderola. Por su parte, agregó Páez: “Desde el INTA, aplicamos una **tecnología** —de deshidratado—, para transformar los probióticos en polvo y poder adicionarlos a numerosas **matrices alimenticias** en un formato compatible”.

El próximo paso será un convenio de **vinculación tecnológica**. De acuerdo con Vinderola, de esa manera se podrán “producir en la Argentina cepas autóctonas con tecnología nacional a escala industrial, sin depender de su importación”.

“Es una tecnología con grandes posibilidades de transferencia a la **industria nacional**, y estamos iniciando ese proceso”, dijo Páez y agregó: “Con este desarrollo será más simple consumir alimentos con propiedades benéficas para la salud, lo que hará más **accesible e inclusiva** y permitirá **mejorar las condiciones alimenticias y promover el desarrollo saludable** de los segmentos poblacionales con carencias nutricionales o más vulnerables, como niños y ancianos”.

Valor en la industria avícola: huevos con omega-3

Científicos del INTA obtuvieron, a partir de la **modificación en la dieta de las ponedoras, huevos con cinco veces más omega-3 (n-3)**, ácidos grasos poliinsaturados que son beneficiosos para los seres humanos: permiten reducir los riesgos vinculados a enfermedades cardiovasculares, arteriosclerosis, artritis, y otras enfermedades autoinmunes.

“Se usaron **semillas de lino y chía y aceites de lino y de pescado de mar**”, dijo Claudia Gallinger, investigadora del INTA Concepción del Uruguay —Entre Ríos—, quien resaltó: “El **aceite de pescado de mar** a diferencia de las fuentes vegetales, entre otras funciones, juega un rol importante en el desarrollo del cerebro en la niñez, disminuye la presión sanguínea, mejora la circulación de la sangre”.

“La búsqueda de huevos enriquecidos surge por el bajo consumo de ácidos grasos omega por parte de la población argentina, que no tiene incorporada regularmente a la dieta el pescado de mar”, explicó la investigadora.

Es que, según explica la investigadora, hay tres ácidos grasos omega-3 principales. “Uno, se encuentra en algunas semillas y aceites de algunas plantas, como la linaza —ácido alfa-linolénico—, los otros dos aparecen casi exclusivamente en los pescados de mar, crustáceos y algas —EPA y DHA—, conocidos como omega-3 ‘de cadena larga’ (LCn-3)”.

Ante la evidencia de que el huevo puede enriquecerse con ácidos grasos omega-3, Gallinger junto con científicos del INTA Pergamino —Buenos Aires— y del Instituto de Tecnología de Alimentos del INTA Castellar —Buenos Aires—, evaluaron diferentes alternati-



vas en la dieta de las ponedoras mediante el uso de fuentes de omega-3, como las vegetales y animales.

Al tener en cuenta que un huevo normal aporta 140 miligramos de n-3, los científicos hallaron que, a partir de los tratamientos con **semilla y aceites de lino**, se pudo **incrementar tres veces la cantidad de omega-3** –hasta 400 miligramos– en la producción.

“Al utilizar **aceite y semillas de chía**, el valor se **multiplicó por cinco** –entre 735 y 740 miligramos de ácidos grasos n-3– pero el contenido de **LCn-3 fue bajo**”, explicó y agregó que cuando se utilizó **aceite de pescado** –al 2 por ciento– en las dietas de las aves se **duplicó la cantidad de LCn-3** hasta llegar a valores de 180-200mg/huevo.

Según la investigadora, una de las principales problemáticas en la incorporación de aceite de pescado es la aparición de olores y sabores extraños, por ello se buscó una relación de compromiso entre nivel de omega-3 en el huevo y su aceptabilidad por el consumidor.

“Los ácidos grasos omega-3 tienen alto grado de insaturación que los hace muy susceptibles a la oxidación con la correspondiente aparición de sabores extraños, por eso, también se evaluó la **incorporación de antioxidantes, como la Vitamina E**, a las dietas de las ponedoras”, explicó.

En el caso de incorporar estas semillas y aceites en los alimentos avícolas se lograría que “el productor pueda **incorporar al mercado huevos con mayor valor agregado** y que el consumidor pueda **ingerir huevos con alto valor nutricional** que, a la vez, cuiden su salud”, explicó Gallinger.

Tecnología INTA disponible en la góndola

A partir de la **alimentación estratégica de la vaca lechera**, tecnología generada por investigadores del INTA Balcarce –Buenos Aires–, se desarrolló la primera **leche funcional** –reducida en grasas saturadas con incremento del ácido linoleico conjugado (CLA)– que incorpora propiedades benéficas para la salud. Comercializada por la empresa láctea santafesina Verónica, mediante un convenio de vinculación tecnológica

con el INTA, se encuentra **disponible en el mercado** desde mayo de 2015 en la presentación larga vida (UAT).

Única en Latinoamérica, los beneficios de esta leche parten de la **alimentación natural estratégica del animal** y no por el agregado de compuestos durante el proceso industrial. “La ventaja es que la vaca produce una **leche natural y más saludable**, sin necesidad de recurrir al agregado de aditivos exógenos”, expresó Gerardo Gagliostro, especialista del INTA Balcarce y líder de la investigación.

Como resultado, el investigador afirmó que se obtiene una leche con **menor contenido de grasa saturada y con mayores niveles de CLA natural** –compuesto con propiedades benéficas para la salud cardiovascular y promisorias propiedades antitumorales demostradas en modelos de laboratorio–, que permanecen en el producto aun luego de un proceso de pasteurización.

A los beneficios de la leche con alto CLA, se suma la contribución a un mejor metabolismo de las grasas, ayuda a equilibrar el colesterol bueno y malo, aporta un correcto balance de omega-3 y omega-6 y no pierde sus propiedades cuando se la usa para elaborar cualquier comida. Además, es apta para celíacos y aconsejable a toda edad.

La clave está en la **alimentación estratégica de las vacas** y en la implementación de un **protocolo estricto para su manejo**. “La suplementación del rodeo lechero con fuentes de ácidos grasos poliinsaturados es la tecnología natural que origina el producto, es lo que permite **agregar valor en origen y valor saludable a la leche**”, afirmó el especialista.

Tanto el protocolo de alimentación como las buenas prácticas ganaderas, según el especialista, **mejoran la salud productiva y reproductiva de los animales**, lo que reduce la necesidad de recurrir a tratamientos farmacológicos y disminuye la emisión de gas metano. Al respecto, agregó: “Hemos diseñado además un suplemento sólido de fácil utilización que contiene los principios activos para obtener la leche CLA”.

Con una producción anual de 300 millones de litros y luego de cuatro años



“LA VENTAJA ES QUE LA VACA PRODUCE UNA LECHE NATURAL Y MÁS SALUDABLE, SIN NECESIDAD DE RECURRIR AL AGREGADO DE ADITIVOS EXÓGENOS”.
(GERARDO GAGLIOSTRO)



de desarrollo, investigación y pruebas **Verónica lanzó la primera leche CLA** al mercado argentino en 2015. Mariel Espiñeira, directora y líder del proyecto de la empresa Verónica, indicó que “la empresa destinará el 10 % del total de la producción a la elaboración de leches con alto CLA”.

“Producimos la leche CLA únicamente en **tambos propios**, seleccionados y adaptados para este importante desarrollo y **bajo supervisión de técnicos del INTA**”, aseguró Espiñeira para quien “esta innovación ubica a la Argentina y a la región en una **tendencia mundial** que tiene como objetivo una **alimentación equilibrada, saludable y, sobre todo, natural**”.

El desarrollo tiene su origen en una investigación iniciada en 2002 por técnicos del grupo Nutrición, Metabolismo y Calidad de Producto del INTA Balcarce, con la colaboración del INTI Lácteos y un tambo de la Pyme Prodeco SRL, de la localidad bonaerense de Chivilcoy, que elaboró los primeros quesos funcionales bajo la marca Mamá Mecha.

Actualmente, nuevas investigaciones se suman para obtener leche funcional en otras especies de ruminantes con óptimos resultados en cabra, oveja y búfala. Al respecto, Gagliostro agregó: “Se evalúan, además, los efectos saludables de estos lácteos utilizando modelos experimentales con animales de laboratorio en el marco de la tesis doctoral de Liliana Antonacci, también del INTA Balcarce”

Los funcionales de cara al futuro

La competitividad de la industria de los alimentos funcionales depende, en gran medida, de su capacidad de innovar para acceder a un mercado local que se estructura en nichos y se encuentra en formación.

Para ello, la generación de conocimiento y el acceso a la tecnología es fundamental. Por eso, instituciones públicas de ciencia y tecnología, como el INTA y las Universidades, son importantes para acompañar este tipo de procesos, particularmente a las PyMES, que agregan valor a producciones primarias.

Según los investigadores, los desafíos a futuro se relacionan, por un lado, con la organización de los aspectos legislativos, a nivel local e internacional y, por otro, poder producirlos localmente y a gran escala.

Más Información:

Claudia González:
gonzalez.claudia@inta.gob.ar
Sergio Vaudagna:
vaudagna.sergio@inta.gob.ar
Sergio Rizzo:
rizzo.sergio@inta.gob.ar
Luciana Rossetti:
rossetti.luciana@inta.gob.ar
Álvaro Ugartemendia:
augartemendia@lacteoscds.com.ar
Roxana Páez:
paez.roxana@inta.gob.ar
Gabriel Vinderola:
gvinde@fiq.unl.edu.ar
Claudia Gallinger:
gallinger.claudia@inta.gob.ar
Gerardo Gagliostro:
gagliostro.gerardo@inta.gob.ar
Mariel Espiñeira:
mariel@veronica.com.ar
Marcela Martínez:
martinez.gabriela@inta.gob.ar

DESARROLLO AGROINDUSTRIAL

“El INTA es política de Estado”

Su presidente, Amadeo Nicora, reconoce que la idea está arraigada en la conciencia de la sociedad y como institución tiene el rol de ser soporte del sector de la agroindustria nacional.

Por Mario Migliorati

“Como INTA debemos de tener la inteligencia de generar los ámbitos de articulación entre el sector científico y tecnológico, de la producción y el político”.

Entre los desafíos que enfrenta el INTA para los próximos años se encuentra el de promover y acompañar la política agroindustrial en la Argentina. Un camino por recorrer con el ministerio de Agroindustria en el que debe contribuir a que “la producción sea factor de desarrollo”, explica Amadeo Nicora (60).

En esta tarea se requiere atender la demanda de los sectores institucionales que acompañan al INTA en su gobernanza, unos 2.000 actores sociales que -a su juicio- le otorgan “el carácter de política de Estado”.

Al repasar los primeros meses de su gestión -con Mariano Bosch como vicepresidente-, reafirma que la institución debe trabajar con una visión técnica pero con el objetivo político de lograr la agroindustrialización del país. Tarea donde la labor científica y la transferencia de conocimiento permiten pensar en un futuro competitivo, y donde la biotecnología se transforma en una herramienta necesaria en ese proceso.

Para este médico veterinario, que se desempeñó como ministro de la Producción de la provincia de Formosa y fue vicepresidente del INTA desde inicios del 2004 hasta octubre de 2009, la bioeconomía -como instancia superior a la agregación de valor- debe llevarse a cabo en el marco de iniciativas que contemplen y apoyen “el potencial de futuro que tenemos como país”.

¿Cómo evalúa estos primeros meses de su gestión en el INTA?

Es una pregunta que deberían hacerse a la familia INTA y a nuestros socios estratégicos. Para nosotros en particular, me refiero al vicepresidente y a mí, que veníamos de un conocimiento previo de la institución, requirió rápidamente involucrarnos en las áreas en las que pensábamos que debíamos tener un conocimiento inmediato, como son: presupuesto y recursos humanos.

Desde lo presupuestario, ¿cuál es la situación de la institución?

Para tranquilidad de la sociedad, ya que siempre lo aclaramos, hemos encontrado una institución que transita por una línea de trabajo ordenada, sin inconvenientes en materia de recursos humanos y con aquellos inconvenien-

tes lógicos en lo presupuestario que tienen todas las instituciones públicas. En este sentido, mi convicción es que ningún presupuesto es suficiente en una institución pública, sobre todo, si tiene la vocación de hacer. Siempre los presupuestos son insuficientes pero, en este marco, tratamos de ajustarnos al crédito presupuestario que nos había asignado el Congreso de la Nación el año pasado -2015-, con los ajustes que hemos tenido que hacer en la actual gestión.

Y qué le demanda al INTA esta situación actual...

Lo primero que nos hemos propuesto con el vicepresidente es recuperar, en ciertos aspectos, el eje de la institución y devolverla hacia su cauce normal. Me refiero a que hubo un empoderamiento de las instituciones que son los socios estratégicos del INTA... llámense consejos regionales, consejos locales asesores. Y, de alguna manera, tuvimos la percepción de que en el pasado reciente había quedado de lado la consideración de estos socios estratégicos.

Por eso, creímos que era necesario volver a empoderar a esos sectores y estamos convencidos que ese vínculo con otras instituciones de ciencia



y técnica como son las universidades pero también del sector productivo, así como los gobiernos provinciales y municipales, vinculados a los centros regionales, estaciones experimentales y agencias de extensión, son el reaseguro para poder mantener una política de Estado. Con esto decimos que el INTA es una política de Estado fuertemente arraigada en la consciencia de la sociedad.

Entonces, ¿se trata de uno de los principales desafíos a los que se enfrenta su gestión?

Es fundamental y vital desde la gestión, desde nuestro rol de gestores y responsables políticos de la institución, tener un mensaje claro hacia esos sectores que representan a más de 2.000 actores sociales que acompañan al INTA en su gobernanza. Y, a nuestro juicio, nos dan ese carácter de política de Estado.

Y cuál es el mensaje para estos actores sociales...

Hay que transmitirles, en primer término que estén y, en segundo lugar, que los aportes que hacen son, de alguna u otra manera, vinculantes para nuestras decisiones. Este es un trabajo que en estos primeros meses de gestión nos ha llevado mucho tiempo.

¿Qué aspectos positivos surgen de este análisis?

En la búsqueda por visualizar cómo se modificó la institución en su estructura programática tal como la habíamos conocido, y frente a la que hoy tenemos, surgieron de manera positiva los Proyectos Regionales con Enfoque Territorial -PRET-. Como el INTA es innovador en estos temas, el enfoque territorial es una disciplina relativamente nueva en la que estamos permanentemente aprendiendo y, sin embargo, como institución, ya hace

**“EL INTA ES UNA
POLÍTICA DE ESTADO
FUERTEMENTE
ARRAIGADA
EN LA CONSCIENCIA
DE LA SOCIEDAD”.**

tres años que hemos definido que uno de los ejes centrales de nuestro trabajo en dividir al país en más de 120 territorios para llegar con los componentes estratégicos: investigación y desarrollo, transferencia y extensión, relaciones institucionales y vinculación tecnológica.

Tal como lo señala, ¿los PRET son una herramienta central para la gestión?

Esta herramienta nos ha permitido testear el vínculo entre investigación y extensión de manera eficaz como nunca antes sucedió en la institución. Es muy potente la forma en que aparecen los resultados de estos componentes en los territorios. Y adquieren mucha significación ya que aquí aparece el mandato de nuestro ministerio -de Agroindustria- consistente en industrializar la producción; es decir, sustituir el concepto de la industria separada de la producción por el de integrar la industria en la producción. Un concepto de nuestro interés y que la estructura programática lo facilita.

Le sumo la visión prospectiva que tenemos para dejar instalada una cultura institucional. Para ello decidimos normalizar el Centro de Investigación en Ciencias Políticas, Económicas y Sociales y avanzamos de manera cauta pero responsable en definir: cuáles

serán los caminos que tenemos por construir. Y en esta tarea tenemos que fortalecer el Instituto de Economía que ha sido un pilar histórico de la institución como así también el Instituto de Sociología, recientemente creado como desprendimiento de Economía; y orientar al de Prospectiva y Políticas Públicas a que desarrolle enfoques desde una perspectiva tecnológica. Deberá concentrar la función de ser antena tecnológica que nos adelante hacia dónde va el mundo y qué demandas tendrá el país vinculada a los distintos territorios.

¿Qué lugar le toca al INTA en el acompañamiento a las políticas del Ministerio de Agroindustria, en lo que hace a la agregación de valor?

Recientemente en un taller de bioeconomía del FONTAGRO –Fondo Regional de Economía Agropecuaria- se generó la discusión sobre en qué medida los INTAs o los INIAs del resto de Latinoamérica, debemos estar involucrados en estos procesos de agregación de valor, observándose que la bioeconomía es una etapa superior. Entonces la discusión giró acerca de los institutos que, como el INTA, deben de tomarlo como una tarea propia, es decir, en términos concretos: cargarse la mochila sobre sus espaldas. Desde el INTA no tenemos

“LA DISCUSIÓN QUE SÍ TENEMOS QUE DARNOS DEBERÁ RESPONDER: HASTA DÓNDE Y QUÉ CAPACIDADES DE MÁS TENEMOS QUE GENERAR A LAS QUE YA TENEMOS”.



“El INTA es política de Estado”

margen para la duda al respecto, porque somos una institución a la cual el Ministerio de Agroindustria, nuestro paraguas político, nos plantea que tenemos que hacernos cargo.

Ahora bien, la discusión que sí tenemos que darnos deberá responder: hasta dónde y qué capacidades de más tenemos que generar a las que ya tenemos, para comenzar a ser efectivos en esta tarea. Quien conoce el INTA sabe que en Manfredi -Córdoba- hay un grupo que se ha caracterizado por la agregación de valor vinculado a la metalmecánica y a la

siembra directa, que hizo punta en la institución y generó capacidades en el resto del país.

¿Cómo se instrumenta ese mandato en el territorio?

Con este mandato del ministerio debemos plantearnos en qué medida la institución toma estos desafíos en los distintos espacios territoriales. Y aunque aún no está decidido, está claro que debemos trabajarlo con una visión territorial. El mandato hoy es que los PRET tienen que agregar la visión de

mirar ese territorio como ámbitos proclives o facilitadores de la agregación de valor. Y analizar qué tenemos en el INTA para aportar pero, también, qué surge en el medio para aportar; además del hecho de plantearnos que debemos ser actores articuladores de las capacidades del territorio y apuntar a la agregación de valor.

¿Qué lugar le asigna a la investigación en estos procesos de agregación de valor?

Cuando uno visita los centros regionales y las experimentales aparece, a partir de esta nueva estructura programática, la vinculación de investigación con extensión, algo que antes no había. Y, además, señalar algo que se percibe en el ambiente científico y tecnológico de que el conocimiento aparece en los lugares menos pensados de la cadena; es decir, no necesariamente el conocimiento está en un instituto conformado por investigadores, sino que la figura innovativa surge y como tal debe ser apoyada por otros conocimientos. Esto ratifica que no hay visión lineal del conocimiento, no sucede como una secuencia sino que surge y hay que estar preparado. Ahí más que nunca, radica la importancia de los PRET en el territorio.

Se la plantea desde una perspectiva donde la integración con los distintos sectores es la clave...

Como INTA debemos de tener la inteligencia de generar los ámbitos de articulación entre el sector científico y tecnológico, de la producción y el político. Porque en un territorio no estamos solos, ni los únicos líderes sociales en lo agropecuario son aquellos quienes se sientan en los consejos regionales. Hay que constituir una plataforma de líderes sociales más allá de quienes son representantes en el consejo, es decir, armarla con las universidades, los institutos del CONICET y las instituciones privadas que convocan a científicos en los territorios; pero también tecnólogos de distintas asociaciones como Aapresid - Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa-, AACREA - Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola- y de otras organizaciones de productores que tienen que estar en esta plataforma.

60 ANIVERSARIO UN INTA DE CARA AL FUTURO

Ante la pregunta de qué INTA se proyecta para el futuro, para los próximos años, Amadeo Nicora reconoce que “se trabaja todos los días con el objetivo de consolidar a la institución, con cada uno de nuestros actos, en una política de Estado”. Se trata de “un valor que todos los argentinos deben plantearse, para construir y generar políticas de Estado”, explica y agrega: “Estaría muy satisfecho si después de nuestra gestión avanzamos un paso más en la construcción de ese INTA”.

En otros aspectos que considera como positivos para este presente y de cara al futuro, sostiene que se viven momentos revolucionarios en ciencia y tecnología con el surgimiento de nuevos conocimientos, “por lo que tenemos que tratar de transformar nuestra institución para que continúe con la capitalización de esa gran fortaleza con la que cuenta hoy día”, dice.

En esa línea, argumenta que de la manera en la que está organizado el INTA, “no sé si somos lo suficientemente eficientes para cumplir ese rol”. Por lo que es muy probable que “tengamos que repensar nuestra institución para que sea lo suficientemente útil para nuestros ciudadanos”.

Al respecto, entiende que es necesario repensarse “como institución” y conocer los grados de eficacia desempeñados. Esta propuesta lleva a evaluar “como estamos hoy y, si tenemos que mudar, contar con la sabiduría para hacerlo a un INTA en el esquema de celeridad en el surgimiento de nuevos conocimientos”.

El INTA, próximo a cumplir 60 años -el 4 de diciembre-, es la institución del Estado “con mayor presencia territorial”. Su mapa lo conforman: 15 centros regionales, 52 estaciones experimentales, 360 agencias de extensión, 6 centros de investigación y 22 institutos de investigación.

**“ES IMPOSIBLE
SER ÚTILES
AL DESARROLLO DEL PAÍS
SI NO TRABAJAMOS
DE MODO ARTICULADO
CON EL SECTOR PRIVADO”.**



Ni lo productivo, ni lo tecnológico podrían tener la facilidad de hacer las cosas de no haber una plataforma política que facilite que las cosas ocurran. De igual modo, no pretendemos que toda la responsabilidad caiga en el coordinador de un PRET, pero tiene que tener en claro que hacia ese lugar se debe apuntar para facilitar los procesos y la vinculación entre ciencia, tecnología e innovación.

Castelar con sus 4 centros de investigación y 16 institutos, ¿va camino a transformarse en un polo científico tecnológico y agroindustrial?

En el Consejo Directivo del INTA deseamos que Castelar, con la presencia de sus investigadores, institutos y centros sea un ámbito donde pueda confluir el sector público y privado al aprovechar las potencialidades con las que ya cuenta. Esperamos que en ese ámbito se generen las empresas de base tecnológica. Que se generen en ese espacio es la síntesis que se busca, como gran motor para luego transmitirse a todo el país.

Frente a la necesidad de potenciar el vínculo público - privado, ¿qué políticas institucionales se proponen?

Lo primero que hay que definir es: con qué actitud mental se plantea el vínculo público - privado. Estamos convencidos de que es imposible ser útiles al desarrollo del país si no trabajamos de modo articulado con el sector privado, donde cada uno tiene sus intereses previamente definidos. El interés del INTA es generar bienes públicos que apunten a la independencia en la toma de decisiones de los sectores productivos. Para producir la sinergia no podemos trabajar separados y hay razones suficientes para entender por qué debemos trabajar vinculados con el sector privado.

Al respecto, una sola empresa de las consideradas importantes tiene más investigadores que todos los institutos nacionales de investigación agropecuaria. Por lo cual, no podemos pretender desvincularnos del relacionamiento de esas empresas del sector privado. Lo que sí debe quedar en claro es cuál es el objetivo del INTA como institución pública y no desviarse del mismo.

Durante sus recorridos por el país, ¿qué le expresó la gente que compone y trabaja con el INTA?

Surgen demandas pero en general no surge una necesidad unificada. Y cuando se plantea que el INTA es política de Estado, se recupera el sentimiento de la gente, tanto de los funcionarios que la componen como de los socios con los que cuenta. Y estos, desde la apropiación del concepto intiano, nos demandan que no nos salgamos de ese objetivo. Aparece sí la necesidad de discutir en qué medida somos responsables de tomar tantas responsabilidades en los distintos territorios. La demanda consiste en concentrar el foco en determinadas actividades y no ampliarnos tanto en las responsabilidades, tema que es motivo de preocupación cuando se toma la visión territorial. Se corre el riesgo de cargarse en la mochila un montón de trabajos para los que no tenemos la gente y no estamos capacitados para dar respuesta.

¿Dónde ubica a los productores familiares en este planteo?



Lo primero para destacar es que el sistema productivo argentino, casi en un 80 por ciento, está integrado por productores familiares. Y éste es uno de los temas en los que hemos perdido el eje, al querer vincular al productor familiar con aquel productor que está fuera del mercado. Y si bien son productores familiares, también lo son quienes cuentan con unidades de 200 a 300 vacas, un número que alcanza a ese 80 por ciento en el país. Cuando hablamos de producción o de agricultura familiar nos referimos a ese productor y no solamente a aquel que está afuera del mercado, a quien también hay que atender.

Casi el total del trabajo de la institución en investigación aplicada y en extensión que se realiza en las experimentales está dedicado a ese sector con distintas estrategias de trabajo, según la escala del productor.

En sus declaraciones tiene muy presente a la biotecnología como el futuro de la agricultura ¿Cómo se encamina el INTA en este campo de aplicación de conocimiento?

Estamos muy bien encaminados y me reafirmo en el concepto de que es imposible pensar un futuro competitivo del país en materia de producción agropecuaria y de bioeconomía, como una escala superior al valor agregado, sino trabajamos fuertemente en biotecnología.

Estoy convencido que es el camino para ser competitivos y poder cumplir con el sueño de que la industria agropecuaria, como concepto que une a la producción primaria y la industrial, que es a lo que debemos apuntar con este proceso de bioeconomía, sea el elemento que nos permita desarrollar nuestro país. Porque si solo nos quedamos con incrementar los rendimientos agrícolas de las distintas producciones y los de carne por hectárea, entre otros, y no se lo relaciona con un proceso de agregación de valor que apunte a la bioeconomía, no se generará mano de obra, ni nuevos emprendedores y ni empresas. El camino es lograr que la producción sea factor de desarrollo.

Más información:
www.inta.gob.ar

“CUANDO SE PLANTEA QUE EL INTA ES POLÍTICA DE ESTADO, SE RECUPERA EL SENTIMIENTO DE LA GENTE”.

Pastillas

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

Tecnología de semillas

Investigadores del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) diseñaron dos equipos de rayos X para analizar la calidad de las semillas de frutos y granos. Es una herramienta que detecta daños en el interior de la simiente que pueden afectar su viabilidad.

La utilidad de la técnica de rayos X se incorporó a las Reglas Internacionales de análisis de semillas hace varios años pero, a pesar de ello, no existían en el mercado equipos de rayos X específicos para el análisis de las mismas por lo que se recurría a los diseñados para la medicina humana, con la dificultad del acceso y la adaptación al uso.



Oruga del viejo mundo

Científicos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) desarrollaron una herramienta molecular rápida y simple que posibilita distinguir esta plaga de otras especies nativas del género *Helicoverpa armigera*, en cualquier etapa de su desarrollo. Conocida vulgarmente como "oruga del viejo mundo" fue detectada por primera vez en el continente americano en Brasil y, a finales del 2013, en el norte argentino. Es considerada una plaga voraz que azota a la agricultura mundial y provoca severas pérdidas en Asia, Europa, África y Oceanía que superan los 2.000 millones de dólares anuales, sin considerar los costos socioeconómicos y ambientales asociados a su control.



Desertificación

Especialistas del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) investigan y aportan conocimiento sobre los procesos de desertificación y sequía que afectan las tierras áridas y semiáridas en Patagonia. En dichas tierras, que ocupan el 41 por ciento del planeta, habita el 38 por ciento de la población que convive en sistemas de alta vulnerabilidad ante los cambios ambientales y la desertificación. Un proceso entendido como la degradación de estas tierras según la Convención de Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación. En Argentina constituyen aproximadamente el 75 por ciento del territorio y es uno de los países con mayor superficie pasible de ser afectada por estos procesos.

Cauquén colorado

El INTA, junto con otros organismos, estudia el comportamiento del cauquén colorado, una especie en peligro de extinción. A través de transmisores satelitales adosados a las aves, se establecen las posiciones geográficas que ayudarán a su preservación.

Los cauquenes son aves migratorias endémicas de Sudamérica que nidifican en la Patagonia argentina y chilena. En la región pampeana se alimentan durante el período no reproductivo o de invernada, mayo a agosto. Actualmente, la población continental de estas aves, en particular el cauquén colorado, se encuentra en serios riesgos de extinción por lo que su caza o explotación comercial están prohibidas en el país.

Zanahorias

Un equipo internacional secuenció el genoma de la hortaliza y descubrió un gen responsable de la acumulación de carotenoides, como el beta-caroteno. En dicho estudio participó un investigador del INTA y Conicet.

Las más comunes en el país, las naranjas, deben su color al beta-caroteno, un potente antioxidante que además es precursor de la vitamina A, fundamental para la vista y la piel. Y aunque no se ven en las góndolas de los supermercados argentinos, existen zanahorias amarillas, moradas y blancas cuyos colores dependen de la acumulación de diferentes pigmentos o, como en el caso de la blanca, de ninguno.



Tratamientos hormonales para incrementar la eficiencia reproductiva en los ovinos

FERNANDEZ, J.¹; BRUNO GALARRAGA, M.¹; CUETO, M.¹; LACAU, I.²; SOTO, A.³; DE LA SOTA, R.³; GIBBONS, A.¹

RESUMEN

La eficiencia reproductiva en el ovino puede verse afectada por las pérdidas ocurridas durante la gestación las cuales constituyen uno de los factores que influyen en los parámetros productivos de esta especie. Entre las pérdidas prenatales se considera a la mortalidad embrionaria como la de mayor relevancia y su principal causa sería una deficiente función luteal. Por tal motivo, se han utilizado distintas estrategias terapéuticas hormonales con el objetivo de mejorar la funcionalidad del cuerpo lúteo para disminuir las pérdidas embrionarias. Los tratamientos hormonales con progesterona, gonadotrofina coriónica humana u hormona liberadora de gonadotrofina han sido utilizados en diferentes momentos del ciclo estral con resultados variables y no siempre concluyentes. A continuación se presenta una revisión sobre los efectos de su utilización a fin de incrementar la eficiencia reproductiva en el ovino.

Palabras clave: hCG, GnRH, progesterona, mortalidad embrionaria, ovejas.

ABSTRACT

Reproductive efficiency in sheep can be affected by losses during pregnancy, which is one of the factors affecting production parameters of this species. Among prenatal losses, embryonic mortality is considered as the most important, and its main cause would be an inadequate luteal function. Therefore, different hormonal therapies have been used in order to improve functionality of the corpus luteum to reduce embryonic losses. Hormonal treatments with progesterone, human chorionic gonadotropin or gonadotropin-releasing hormone have been used at different times of the estrous cycle obtaining variable and not always conclusive results. A review of hormonal therapy on reproductive efficiency in sheep is presented.

Keywords: hCG, GnRH, progesterone, embryonic mortality, sheep.

¹INTA EEA Bariloche, Río Negro, Argentina. Correo electrónico: fernandez.jimena@inta.gob.ar

²Laboratorio de Regulación Hipofisiaria, IBYME, Buenos Aires, Argentina.

³Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLP, Buenos Aires, Argentina.

INTRODUCCIÓN

La eficiencia reproductiva en los distintos sistemas de producción ovina constituye uno de los factores más relevantes que determinan los resultados productivos. El éxito reproductivo de los ovinos depende de una serie de procesos biológicos como la maduración de los gametos, la fertilización, el aporte endometrial para el desarrollo embrionario, la placentación, el crecimiento fetal y finalmente el nacimiento de un cordero viable.

Las pérdidas prenatales en los rumiantes se pueden deber a una falla en el proceso de fertilización del ovocito o a una muerte embrionaria o fetal. Las principales pérdidas ocurren en el período temprano del crecimiento y del desarrollo embrionario (entre la concepción y el establecimiento de la preñez), momento en el cual transcurren eventos fisiológicos y morfológicos uterinos importantes previos a la implantación embrionaria (Nancarrow, 1994).

La mortalidad embrionaria constituye un problema reproductivo multicausal y produce importantes pérdidas económicas en la producción ovina a nivel mundial. Se ha establecido que las principales causas serían la deficiente función luteal, la asincronía embrionaria-uterina y el insuficiente desarrollo del embrión, que se manifiesta con una menor señalización embrionaria y un efecto luteotrópico disminuido (Wilmut *et al.*, 1986; Nancarrow, 1994). A partir de esta premisa, desde la década de 1980, se han utilizado diferentes tratamientos hormonales con el objetivo de incrementar las concentraciones plasmáticas de progesterona (P4) mejorando o complementando la función luteal para disminuir las pérdidas durante la gestación. Los trabajos experimentales realizados con este objetivo se han llevado a cabo en diferentes países y con diversas especies (bovino, caprino y ovino; Stevenson *et al.*, 2007; Khan *et al.*, 2007; Riaz *et al.*, 2012) y, a su vez, con distintas razas, categorías de animales y en diferentes épocas del año.

Debido a la variabilidad de los resultados obtenidos por la utilización de estrategias terapéuticas para disminuir las pérdidas gestacionales en el ovino se presenta una revisión sobre el efecto de la aplicación de los diversos tratamientos hormonales sobre la eficiencia reproductiva en esta especie.

EVENTOS FISIOLÓGICOS EMBRIONARIOS Y LA REGULACIÓN HORMONAL EN EL RECONOCIMIENTO MATERNO DE LA PREÑEZ

El embrión ovino al cuarto día de posfecundación (PF) está conformado como una mórula temprana y se ubica en el cuerno uterino. Posteriormente, la mórula se compacta en el día 5 PF y, al día siguiente, se conforma como blastocisto. Entre los días 8 y 9 PF se produce el proceso de protrusión o "hatching", que se inicia con la expansión del embrión, la ruptura de la zona pelúcida y finaliza con su eclosión. El blastocisto ovino es esférico en el día 10 PF, luego es tubular y posteriormente adquiere una forma filamentosa, y crece de manera exponencial entre los días 12 y 15 PF (Spencer y Bazer, 2002). Este proceso de trans-

formación se denomina elongación e implica un incremento en el largo y en el ancho del trofoectodermo y se lo considera como el comienzo de la implantación (Spencer, 2013).

La elongación del blastocisto ovino se presenta en forma previa al reconocimiento materno de la preñez (RMP), proceso en el cual el embrión señala su presencia en el útero y los tejidos maternos reconocen su señal (Short, 1969), coincidiendo con el momento crítico del mantenimiento del cuerpo lúteo (CL) entre los días 12 y 13 de gestación (Moor y Rowson, 1966). En los rumiantes existe una proteína responsable de bloquear el mecanismo luteolítico denominada interferón tau (INF- τ). El INF- τ se sintetiza en el trofoectodermo entre los días 10 y 21 de la gestación y alcanza su máxima concentración entre los 14 y 16 días de la preñez (Spencer y Bazer, 2002). Su función es parácrina y provoca la supresión de la transcripción de genes que codifican los receptores de estrógenos (E_2) y oxitocina, por consiguiente inhibe la secreción de prostaglandina F 2α (PGF 2α), previene la regresión del CL hasta el parto, manteniéndose la secreción de P4, la cual es esencial para mantener la gestación (Spencer y Bazer, 2002). Es imprescindible que en el momento previo al RMP se produzca una adecuada concentración de P4 luteal y de INF- τ en el endometrio, como parte de la interacción recíproca entre el concepto, el útero y el ovario (Bridges *et al.*, 2013). La importancia de la P4 se debe a que su presencia induce la expresión de genes en el epitelio luminal y glandular endometrial que codifican a los factores de crecimiento, de adhesión y de migración, provocando una disminución de la motilidad uterina y la remodelación del endometrio para la implantación embrionaria (Spencer y Bazer, 2002). Además, varios de estos genes son estimulados por la acción de las prostaglandinas (PGs), el INF- τ y el cortisol, provocando cambios en los componentes del fluido histotrófico del lumen uterino. Estas secreciones intervienen en los procesos críticos de la gestación, como son la elongación y el desarrollo del embrión, la receptividad uterina, la producción de señales en el RMP, así como la implantación, placentación y la modulación del sistema inmune materno (Spencer, 2013). Por lo tanto, la acción conjunta del INF- τ y la P4 es la que impide el desencadenamiento del mecanismo luteolítico, además de estimular la remodelación endometrial e intervenir en el proceso de la implantación embrionaria (Binelli *et al.*, 2001).

Las observaciones experimentales indican que el período de mayor vulnerabilidad para el embrión ovino es la fase previa a la implantación, condicionada por varios factores exógenos, como los nutricionales, sanitarios y ambientales. El RMP dependerá de una adecuada co-modulación entre la P4, el INF- τ , los E_2 y la oxitocina, además de la expresión de los diversos receptores uterinos específicos. Toda alteración en la señalización celular o molecular podrá desencadenar la mortalidad embrionaria (Bridges *et al.*, 2013).

MORTALIDAD EMBRIONARIA

La mortalidad embrionaria se presenta entre la fecundación y el fin del período embrionario de diferenciación,

día 35 de gestación (Fernández Abella, 1993). La mayoría de las pérdidas embrionarias en los ovinos se produce en las primeras tres semanas de preñez, estimándose que la falla en el proceso de la fertilización se presenta aproximadamente en el 10% de los ovocitos (Wilmot *et al.*, 1986). Se considera que la mortandad en esta etapa es del 20 al 40% (Nancarrow, 1994). El 70–80% de estas pérdidas ocurre entre los días 8 a 16 PF. Wilkins (1991) manifestó que las pérdidas posteriores al día 30 de gestación serían muy bajas (1 al 4%). Las pérdidas gestacionales o fallas en la fertilización ocurridas entre el día 0 a 17 de gestación en ovejas Merino en la Patagonia norte fueron del 17,6% y las pérdidas de preñez desde el día 17 hasta el parto menores al 4% (Bruno Galarraga *et al.*, 2014).

Cabe mencionar que la fertilización y el adecuado desarrollo embrionario están supeditados a varios factores como la maduración folicular preovulatoria, la calidad ovocitaria, las concentraciones de E_2 , de gonadotrofinas y de P4 previas y posteriores a la ovulación, la vida media luteal y la funcionalidad de los receptores luteales para la hormona luteinizante (LH) (Bridges *et al.*, 2013). A su vez, el desarrollo embrionario también estará condicionado por la presencia de defectos intrínsecos del embrión o por un inadecuado ambiente uterino para establecer la gestación, debido a una asincronía entre el desarrollo del embrión y el estado fisiológico uterino o bien a una incapacidad materna para responder adecuadamente a las señales embrionarias en el RMP. En resumen, el establecimiento y mantenimiento de la preñez están supeditados a una serie de eventos endocrinológicos, fisiológicos e inmunológicos durante la etapa temprana que son críticos para la sobrevivencia del embrión (Spencer y Bazer, 2002).

ESTRATEGIAS PARA DISMINUIR LA MORTALIDAD EMBRIONARIA EN OVINOS

Sobre lo expuesto, se han realizado una serie de investigaciones a nivel mundial en los ovinos, utilizando diversas estrategias hormonales terapéuticas, con el objetivo fundamental de aumentar las concentraciones de P4 y poder reducir las pérdidas embrionarias con la finalidad de incrementar la baja eficiencia reproductiva de las majadas.

Una de las estrategias ha sido la administración de P4 para aumentar su concentración plasmática (Kleemann *et al.*, 1994; Nephew *et al.*, 1994; Satterfield *et al.*, 2006) o el uso de hormonas para promover la formación de CL accesorios (Thatcher *et al.*, 2001; Cam y Kuran, 2004; Khan *et al.*, 2007). También se ha utilizado la administración de interferón recombinado bovino (Meyer *et al.*, 1995) o inhibidores de la síntesis de PGs (Torres *et al.*, 2013) que cumplen la función de suprimir el mecanismo luteolítico.

En general, los resultados de las diversas investigaciones han sido variables, contradictorios o no concluyentes. Esto podría atribuirse a una variedad de factores, como las distintas dosis y el momento del ciclo estral en que fueron suministradas, además de el potencial biológico de cada fármaco. Diversas variables como la raza y el biotipo productivo de

los animales, la edad, el manejo y la época del año, también pudieron condicionar los resultados de los tratamientos.

TRATAMIENTOS CON SUPLEMENTACIÓN DE PROGESTERONA

Se reconoce que la P4 provee un medio uterino adecuado para el crecimiento y desarrollo embrionario. Por lo tanto, es posible suponer que al aplicar fuentes exógenas de P4 previo a la implantación del embrión, podría modificar el ambiente uterino y así lograr un efecto más favorable para el desarrollo y la viabilidad del embrión (Spencer, 2013).

La suplementación de P4 en los ovinos puede realizarse mediante la aplicación de dispositivos intravaginales o vía intramuscular. Se ha demostrado que los tratamientos con progestágenos en el período previo a la implantación embrionaria provocan un mayor crecimiento del blastocisto en el día 9 PF en los ovinos (Satterfield *et al.*, 2006) y un aumento del tamaño del embrión bovino en el día 14 PF (Carter *et al.*, 2008). Además, se reportó que en los ovinos se produce un incremento de las proteínas en el fluido uterino relacionadas con la adhesión, el crecimiento y la diferenciación celular embrionaria como son las catepsinas, la osteopontina y la galectina (Satterfield *et al.*, 2006).

Asimismo, se han evidenciado distintos resultados sobre el crecimiento embrionario según el momento de la aplicación de los tratamientos con P4. En ovejas tratadas con progestágeno en los días 1 a 3 o 1 a 6 después del servicio se observó un incremento en el peso y la longitud cráneo caudal fetal en el día 74 de gestación (Kleemann *et al.*, 1994). Por el contrario, ovejas tratadas con P4 en el día 11 postservicio, si bien aumentaron las concentraciones plasmáticas de P4, no registraron diferencias en el tamaño del embrión (Nephew *et al.*, 1994). Por lo tanto, se considera que se deberán analizar el efecto y el momento más oportuno para aplicar los tratamientos con P4 durante el período previo o en el momento de la implantación para así incrementar la posibilidad de la sobrevivencia embrionaria y favorecer el desarrollo fetal.

TRATAMIENTOS CON hCG o GnRH

Otras estrategias para disminuir la mortalidad embrionaria serían a través del incremento en la producción de P4 mediante tratamientos con gonadotrofinas u hormonas que generen su liberación. Se basan en provocar una estimulación y sincronización del crecimiento folicular, inducir la ovulación de los folículos de mayor diámetro con ovocitos competentes y la posterior formación de uno o varios CL funcionales. El fundamento fisiológico se demuestra en la posibilidad de inducir la ovulación de los folículos que se presentan en ondas de crecimiento durante los primeros días PF, a fin de generar CL accesorios que puedan incrementar las concentraciones de P4 endócrina (Thatcher *et al.*, 2001).

La presencia conjunta de CL gestacionales y accesorios se puede lograr a través de la administración de hormonas que induzcan la ovulación como la hormona liberadora de

gonadotropinas (GnRH) o la gonadotropina coriónica humana (hCG). En bovinos y ovinos su aplicación también compensaría una posible insuficiencia luteal, incrementaría las concentraciones de P4 (Beck *et al.*, 1996; Cam *et al.*, 2002), estimularía el desarrollo del embrión (Thatcher *et al.*, 2001) y amplificaría la señal embrionaria para el establecimiento de la preñez (Nephew *et al.*, 1994).

Efecto de la aplicación de la GnRH sobre la eficiencia reproductiva

La GnRH estimula la síntesis y secreción de las hormonas folículo estimulante (FSH) y LH. Ambas regulan la secreción de E₂, la ovulación, el desarrollo del CL, la secreción de P4 e intervienen en la ovógenesis y foliculogénesis. En el ganado bovino se ha observado que la buserelina (análogo de la GnRH) produce una reducción de las concentraciones plasmáticas de E₂ que retrasan el desarrollo de los receptores endometriales de oxitocina. Por ende, se inhibe la liberación de PGF2α y se induciría una “luteoesta-

sis” que le permitiría al embrión un mayor tiempo para producir y liberar IFN-τ; favoreciendo su futura implantación (Newcombe y Peters, 2014). También se ha observado que la administración de GnRH en el momento del servicio puede incrementar la prolificidad en los ovinos (Türk *et al.*, 2008). La respuesta estaría condicionada por el número de los folículos con capacidad ovulatoria al momento de su aplicación (Hashem *et al.*, 2014).

La administración de GnRH provoca la formación de CL accesorios que incrementan las concentraciones plasmáticas de P4 y disminuyen las concentraciones de E₂ (Beck *et al.*, 1996; Hashem *et al.*, 2014). Su actividad biológica no solo se produce a nivel hipofisario, estimulando la síntesis de gonadotropinas que actúan, a su vez, sobre las gónadas, sino que al hallarse receptores en los tejidos periféricos (ovario, placenta y glándula mamaria) sugeriría una acción directa sobre estos órganos (Shemesh, 2001).

Hashem *et al.* (2014) aplicaron GnRH en la etapa temprana de la fase luteal (día 7 y 0-7 postcelo) y obtuvieron una

| Autores | n | Raza | Dosis* | DT | P4 | CL acc | % Preñez | ER | Mejora |
|-----------------------------------|-----|--------------------------------|--------|-----------------|----|--------|----------|----|--------|
| Cam <i>et al.</i> , (2002) | 103 | Karayaka x Sakiz. | 4 | 12 | > | Sí | > | Sí | Sí |
| Cam y Kuran (2004) | 45 | Karayaka/Karayaka x Sakiz F2 | 4 | 12 | - | Sí | > | Sí | Sí |
| Kahn <i>et al.</i> , (2007) | 40 | Welsh Halfbred | 4 | 12 | > | Sí | - | Sí | Sí |
| Karaca <i>et al.</i> , (2009) | 25 | Tahirova cross | 10,5 | 0 | - | - | > | Sí | Sí |
| Lashari y Tasawar (2010) | 30 | Lohi | 50 | 0 | > | - | > | Sí | Sí |
| Sirjani <i>et al.</i> , (2011) | 8 | Iranian Afahari | 50 | 0 | > | - | > | Sí | ns |
| Cavalcanti <i>et al.</i> , (2012) | 34 | Sta Inés/Sta Inés x Dorper | 25 | 0 | - | ns | ns | Sí | - |
| Olfati y Moghaddam (2013) | 30 | Arkhar-Merino x Ghezel/Moghani | 12,5 | 0 0, 11 y 13 | - | - | > | Sí | Sí |
| Lashari y Tasawar (2013) | 8 | Lohi | 50 | 12 | > | - | > | Sí | Sí |
| Hashem <i>et al.</i> , (2014) | 11 | Rahmani | 4 | 0 7 0 y 7 | > | Sí | > | Sí | Sí |
| Mirzaei <i>et al.</i> , (2014) | 25 | Mehraban Iran | 4 | 0 | - | - | > | NO | Sí |
| Fernandez <i>et al.</i> , (2015) | 16 | Merino | 4 | 7 | - | - | > | Sí | - |

Tabla 1. Efecto sobre la eficiencia reproductiva luego de la administración de un análogo de la hormona liberadora de gonadotropinas en ovinos.

| Autores | n | Raza | Dosis* | DT | P4 | CL acc | % Preñez | ER | Mejora |
|-------------------------------------|-----|-------------------------------|--------|--------------|--------|--------|----------|----------|----------|
| Kittok <i>et al.</i> , (1983) | 29 | - | 100 | 11, 12, 13 | > | - | > | SÍ | - |
| Nephew <i>et al.</i> , (1994) | 10 | Targhee | 100 | 11.5 | > | - | > | SÍ | SÍ |
| Ishida <i>et al.</i> , (1999) | 12 | Sufflok | 500 | 12 6,9 | > > | - - | ns ns | NO NO | ns ns |
| Fukui <i>et al.</i> , (2001) | 31 | Suffolk /South down | 300 | 3, 4, 5 4 | > | ns | ns | NO | ns |
| Cam y Kuran (2004) | 45 | Karayaka/ Karayaka x Sakiz | 150 | 12 | - | SÍ | > | SÍ | SÍ |
| Catalano <i>et al.</i> , (2006) | 29 | Corrideale | 150 | 0 | - | - | >** | SÍ | ns |
| Kahn <i>et al.</i> , (2007) | 40 | Welsh Halfbred | 200 | 12 | > | SÍ | - | SÍ | SÍ |
| Gómez Brunet <i>et al.</i> , (2007) | 331 | Manchega | 500 | 0 | > | - | ns | SÍ | ns |
| Moeini <i>et al.</i> , (2009) | 127 | Lori, Iran | 200 | 0 12 | ns | - | > | SÍ | SÍ |
| Kahn <i>et al.</i> , (2009) | 100 | Welsh Halfbred | 200 | 12 | - | SÍ | ns | SÍ | SÍ |
| Lankford <i>et al.</i> (2010) | 30 | Suffolk | 200 | 4, 7, 10 | > | SÍ | - | SÍ | SÍ |
| Moeini <i>et al.</i> , (2013) | 127 | Lori, Iran | 250 | 0 12 | > | - | > | SÍ | SÍ |
| Mirzaei <i>et al.</i> , (2014) | 25 | Mehraban Iran | 250 | 0 | - | - | > | SÍ | SÍ |
| Castro <i>et al.</i> , (2015) | 7 | Santa Inés | 250 | 7 | - | SÍ | - | NO | - |
| Fernandez <i>et al.</i> , (2015) | 16 | Merino | 300 | 7 | - | - | > | SÍ | - |

Tabla 2. Efecto sobre la eficiencia reproductiva luego de la administración de la gonadotropina coriónica humana en ovinos.

Ref.: n: número de ovejas utilizadas por tratamiento; *dosis: UI para hCG y μ g para GnRH; DT: días de tratamientos hormonales con respecto al celo o servicio; ns: sin diferencias significativas; P4, concentración plasmática de progesterona; CL acc, cuerpo lúteo accesorio; ER, época reproductiva. La columna "mejora" se refiere a los resultados: PVn de los corderos, tasa de ovulación, parición o prolificidad, peso de los fetos o embriones y distintos parámetros medidos en placenta y útero (número de cotiledones, peso de la placenta y útero, ancho y largo del saco amniótico) luego de la necropsia.

disminución de las pérdidas fetales luego del día 40 PF, pero no encontraron diferencias en la tasa de ovulación como tampoco lo observaron Cavalcanti *et al.* (2012). A su vez, cuando se aplicó la hormona en la fase luteal intermedia (12 días postservicio), Mac Millan *et al.* (1986) informaron un aumento en la tasa de preñez. Cam *et al.* (2002) coincidieron con los resultados del estudio anterior y a su vez determinaron un aumento en la longitud cráneo caudal de los fetos a los 45 días de preñez, pero que no se correlacionó con un aumento posterior en el peso vivo al nacimiento (PVn) de los corderos. Lashari y Tasawar (2013) contabilizaron un

mayor número de carúnculas, un aumento en las dimensiones del saco amniótico y de la longitud cráneo-caudal de los embriones de 25 días de edad gestacional (tabla 1). Se menciona que la aplicación de GnRH al momento del celo puede incrementar el PVn de los corderos, tanto en pariciones simples como dobles (Lashari y Tasawar, 2010). Por el contrario, en dos trabajos posteriores no se evidenciaron aumentos del PVn de los corderos (Sirjani *et al.*, 2011; Olfafti y Moghaddam, 2013). Posiblemente estas diferencias se pueden deber a las distintas condiciones experimentales en que se realizaron los ensayos.

Efecto de la aplicación de la hCG sobre la eficiencia reproductiva

La hCG es una hormona sintetizada por el embrión humano a partir de los días 7 u 8 PF. Su acción biológica es similar a la LH y promueve la producción de P4 por parte del tejido luteal, interactúa con los receptores de LH del CL e interviene en su mantenimiento (Maillo *et al.*, 2014). La administración de hCG en las vacas cuando se aplica en la fase luteal incrementa el volumen, la vida media del CL y la síntesis de P4, además induce la ovulación y promueve la formación de CL accesorios (Stevenson *et al.*, 2007).

La aplicación de la hCG en ovejas al momento del estro aumenta la prolificidad (Khan *et al.*, 2009; Moeini *et al.*, 2009), la fertilidad, la tasa de concepción (Fernández *et al.*, 2015) y el PVn de los corderos (Moeini *et al.*, 2013). Sin embargo, en otros estudios experimentales, en los tratamientos con hCG no se halló un incremento en la tasa de preñez ni en la prolificidad (Gómez-Brunet *et al.*, 2007; Fukui *et al.*, 2001).

En la fase luteal temprana (3-9 días postcelo) la administración de hCG produce un aumento en la prolificidad (Lankford *et al.*, 2010; Castro *et al.*, 2015). Los tratamientos con hCG en la fase luteal intermedia (12 días postcelo) incrementaron el peso del CL, el largo del concepto y la concentración de INF- τ (Nephew *et al.*, 1994). Sin embargo, estos incrementos no se relacionaron con un aumento posterior del PVn de los corderos (Ishida *et al.*, 1999; Khan *et al.*, 2009) (tabla 2).

Los tratamientos realizados con hCG tuvieron un mejor efecto luteotrófico con respecto a los tratamientos con GnRH (Cam y Kuran, 2004; Khan *et al.*, 2007; Mirzaei *et al.*, 2014). Esto podría deberse a diferencias en la farmacodinámica de estas dos hormonas que producirían un CL con distintas capacidades esteroidogénicas (Schmitt *et al.*, 1996). La administración de hCG promueve la diferenciación de las células foliculares en células luteales, así como una mayor transformación de células luteales pequeñas a grandes (Farin *et al.*, 1988) provocando un aumento del área del tejido luteal (Castro *et al.*, 2015). Además, la hCG tiene una mayor vida media debido a su estructura química y alta glicosilación posibilitando un efecto prolongado sobre el CL. Las concentraciones plasmáticas de P4 son dependientes de la capacidad del tejido esteroidogénico para sintetizar esta hormona. Por lo tanto, el número y el tamaño de las células luteales influyen en su producción (Maillo *et al.*, 2014).

Cabe consignar que otros trabajos experimentales realizados en ovinos no hallaron diferencias significativas entre los tratamientos con GnRH o hCG al considerar la prolificidad (Gómez Brunet *et al.*, 2007), la tasa de ovulación (Cavalcanti *et al.*, 2012) y el porcentaje de preñez (Ishida *et al.*, 1999).

CONCLUSIONES

La mortalidad embrionaria es un proceso complejo y multifactorial. Eventos fisiológicos tales como la biología

de la gestación, el RMP y los procesos luteotróficos y luteolíticos han sido analizados por diversos investigadores a nivel mundial. Los antecedentes bibliográficos expuestos demuestran en su mayoría la existencia de efectos positivos de los tratamientos hormonales sobre los parámetros reproductivos, tanto en el período previo o en el momento de la implantación embrionaria.

En general, los tratamientos hormonales se basan en la aplicación estratégica de fármacos para obtener un control endócrino sostenido de P4, inhibir el sistema de producción de PGF2 α o bien estimular al concepto en su capacidad antiluteolítica.

En esta revisión bibliográfica se presentan evidencias que la administración de GnRH o hCG posinseminación o postservicio estimularía la función del CL o induciría la formación de CL accesorios con un aumento en la síntesis y la secreción de P4, lo que permitiría una mayor supervivencia embrionaria. Será necesario que se realice un mayor número de evaluaciones de los tratamientos con hCG o GnRH para determinar su eficiencia en el porcentaje de preñez y la prolificidad en los diferentes sistemas de producción ovina. Complementariamente sería necesario evaluar el efecto de las estrategias terapéuticas sobre el número de CL accesorios, el posible efecto sobre el crecimiento y el desarrollo embrionario o fetal, así como su incidencia en el PVn de los corderos.

El desarrollo y utilización de tratamientos hormonales durante la gestación temprana con el objetivo de disminuir las pérdidas embrionarias y fetales proporcionaría un incremento en la eficiencia reproductiva de la majada y por ende lograría una mayor rentabilidad en la producción ovina.

A su vez, se debe considerar la posibilidad de evaluar la eficiencia de estos tratamientos hormonales en conjunto con la aplicación de otras biotecnologías modernas, como la transferencia de embriones, tanto producidos *in vivo* como *in vitro*.

BIBLIOGRAFÍA

- BECK, N.; JONES, M.; DAVIES, B.; MANN, G.; PETERS, A. 1996. The effect of GnRH analogue (buserelin) treatment on day 12 post-mating on ovarian structure and plasma progesterone and oestradiol concentration in ewes. *Anim Sci* 63, 407-412.
- BINELLI, M.; SUBRAMANIAM, P.; DIAZ, T.; JOHNSON, G.; HANSEN, T. 2001. Bovine interferon-t stimulates the Janus kinase-signal transducer and activator of transcription pathway in bovine endometrial epithelial cells. *Biol Reprod* 64, 654-665.
- BRIDGES, G.; DAY, M.; GEARY, T.; CRUPPE, L. 2013. Triennial Reproduction Symposium: deficiencies in the uterine environment and failure to support embryonic development. *J. Anim Sci* 91, 3002-3013.
- BRUNO GALARRAGA, M. CUETO, M.; GIBBONS, A.; ACCAS-TELLO, N.; DE LA SOTA, R.; LACAU, I. 2014. Caracterización de las pérdidas de gestación en ovejas Merino en condiciones de cría extensiva. 37.º Congreso de la Asoc. Arg Prod Anim 34, Supl. 1
- CAM, M.; KURAN, M.; YILDIZ, S.; SELCUK, E. 2002. Fetal growth and reproductive performance in ewes administered GnRH agonist on day 12 post-mating. *Anim. Reprod* 72, 73-82.

- CAM, M.; KURAN, M. 2004. Effects of a single injection of hCG or GnRH agonist on day 12 post-mating on fetal growth and reproductive performance of sheep. *Anim Reprod Sci* 80, 81-90.
- CASTRO, A.; ARASHIRO, E.; ZAMBRINI, F.; GUIMARÃES, A.; ESTEVEZ, L.; FONSECA, J. 2015. Effect of hCG administration on accessory corpus luteum formation and area in estrous induced nulliparous Santa Inês ewes. *Anim. Reprod* 21, 148.
- CATALANO, R.; GONZÁLEZ, C.; TERUEL, M.; CABODEVILA, J.; CALLEJAS, S. 2006. Respuesta reproductiva de la oveja a la administración de gonadotropina coriónica humana en el momento del servicio. *Rev Vet* 17, 94-97.
- CAVALCANTI, A.; BRANDÃO, F.; NOGUEIRA, L.; FONSECA, J. 2012. Effects of GnRH administration on ovulation and fertility in ewes subjected to estrous synchronization. *Rev Bras de Zoot* 41, 1412-1418.
- FARIN, C.; MOELLER, C.; MAYAN, H.; GAMBONI, F.; SAWYER, H.; NISWENDER, G. 1988. Effect of luteinizing hormone and human chorionic gonadotrophin on cell populations in the ovine corpus luteum. *Biol. Reprod* 38, 413-421.
- FERNÁNDEZ ABELLA, D. 1993. Principios de fisiología reproductiva ovina. Universidad de la República. Eds. Hemisferio sur. Cap. 8-9.
- FERNANDEZ, J.; BRUNO GALARRAGA, M.; CUETO, M.; GIBBONS, A. 2015. Efecto de la aplicación de tratamientos hormonales postinseminación sobre la tasa de preñez en el ovino. *Curso de actualización en producción ovina. EEA INTA Bariloche*, pp. 83-85.
- FUKUI, Y.; ITAGAKI, R.; ISHIDA, N.; OKADA, M. 2001. Effect of different hCG treatments on fertility of estrus-induced and artificially inseminated ewes during the non-breeding season. *J. Reprod. Dev.* 47, 189-195.
- GÓMEZ-BRUNET, A.; SANTIAGO-MORENO, J.; MONTORO, V.; GARDE, J.; PONS, P.; GONZALEZ-BULNES, A.; LÓPEZ-SEBASTIÁN, A. 2007. Reproductive performance and progesterone secretion in estrus-induced Manchega ewes treated with hCG at the time of AI. *Small Rum. Res* 71, 117-122.
- HASHEM, N.; EL-AZRAK, K.; EL-DIN, A.; TAHA, T.; SALEM M. 2014. Effect of GnRH treatment on ovarian activity and reproductive performance of low-prolific Rahmani ewes. *Theriogenology* 83, 192-198.
- ISHIDA, N.; OKADA, M.; SEBATA, K.; MINATO, M.; FUKUI, Y. 1999. Effect of GnRH and hCG treatments for enhancing corpus luteum function to increase lambing rate of ewes artificially inseminated during the non-breeding season. *J. Reprod. Dev* 45, 73-79.
- KARACA, F.; ATAMAN, M.; COYAN, K. 2009. Synchronization of estrus with short-and long-term progestagen treatments and the use of GnRH prior to short-term progestagen treatment in ewes. *Small Rum. Res* 81, 185-188.
- KHAN, T.; BECK, N.; KHALID, M. 2007. The effects of GnRH analogue (buserelin) or hCG (Chorulon) on day 12 of pregnancy on ovarian function plasma hormone concentrations conceptus growth and placentation in ewes and ewe lambs. *Anim. Reprod. Sci* 102, 247-257.
- KHAN, T.; BECK, N.; KHALID, M. 2009. The effect of hCG treatment on day 12 post-mating on ovarian function and reproductive performance of ewes and ewe lambs. *Anim. Reprod. Sci* 116, 162-168.
- KITTOK, R.; STELLFLUG, J.; LOWRY, S. 1983. Enhanced progesterone and pregnancy rate after gonadotropin administration in lactating ewes. *J. Anim. Sci.* 56,652-655.
- KLEEMANN, D.; WALKER, S.; SEAMARK, R. 1994. Enhanced fetal growth in sheep administered progesterone during the first three days of pregnancy. *J. Reprod. Fertil* 102, 411-417.
- LANKFORD, L.; YATES, D.; HALALSHEH, R.; BLACK, P.; HALLFORD, D.; ROSS, T. 2010. Effects of human chorionic gonadotropin on serum progesterone concentrations, embryonic survival, and lambing rates in ewes. *Western Section, American Society of Animal Science* 61, 153-157.
- LASHARI, M.; TASAWAR, Z. 2010. The effect of GnRH given on day of mating on ovarian function and reproductive performance in Lohi sheep. *J. Pak. Vet.* 30, 29-33.
- LASHARI, M.; TASAWAR, Z. 2013. The effect of GnRH (Dalmarelin) given on Day 12 post-mating on ovarian function and embryo development in Lohi sheep at southern. Punjab, Pakistan *Life* 11, 165-170.
- MACMILLAN, W.; KNIGHT, T.; MACMILLAN, K. 1986. Effects of gonadotrophin releasing hormone (buserelin) on sheep fertility. *Proc. NZ Soc. Anim. Prod.* 47, 161-163.
- MAILLO, V.; DUFFY, P.; O'HARA, L.; DE FRUTOS, C.; KELLY, A.; LONERGAN, P.; RIZOS, D. 2014. Effect of hCG administration during corpus luteum establishment on subsequent corpus luteum development and circulating progesterone concentrations in beef heifers. *Reprod Fertil and Dev* 26, 367-374.
- MEYER, M.; HANSEN, P.; THATCHER, W.; DROST, M.; BADINGA, L.; ROBERTS, M.; LI, J.; OTT, T.; BAZER, F. 1995. Extension of corpus luteum life span and reduction of uterine secretion of prostaglandin F_{2α} of cows in response to recombinant interferon-tau. *J. Dairy Sci.* 78, 1921-1931.
- MIRZAEI, A.; REZAEI, M.; ASADI, J. 2014. Reproductive Performance after hCG or GnRH administration of long-term progestagen treatment of fat failed ewes during seasonal anoestrus. *J. Fac. Vet. Med. Istanbul Univ* 40, 176-182.
- MOEINI, M.; ALIPOUR, F.; MOGHADAM, A. 2009. The effect of human chorionic gonadotropin on the reproduction performance in Lory sheep synchronized with different doses of pregnant mare serum gonadotrophin outside the breeding season. *Asian J. Anim. Vet Adv* 4, 9-15.
- MOEINI, M.; ALIPOUR, F.; SANJABI, M. 2013. Efficacy of CIDR or FGA Sponges with hCG Treatments on the Conception Rate and Prolificacy in Lori Ewes Out of the Breeding Season. *Iranian J. of Applied Anim. Sci.* 3, 521-525.
- MOOR, R.; ROWSON, L. 1996. The corpus luteum of the sheep; functional relationship between the embryo and corpus luteum. *J. Endocr.* 34, 233-239.
- NANCARROW, C. 1994. Embryonic mortality in the ewe and doe. En: ZAVY, M.T.; GEISART, R.D. (Eds.), *Embryonic Mortality in Domestic Species*. CRC Press, Londres. pp. 79-97.
- NEPHEW, K.; CÁRDENAS, H.; MCCLURE, K.; OTT, T.; BAZER, F.; POPE, W. 1994. Effects of administration of human chorionic gonadotropin or progesterone before maternal recognition of pregnancy on blastocyst development and pregnancy in sheep. *J. Anim. Sci* 72, 453-458.
- NEWCOMBE, J.; PETERS, A. 2014. The buserelin enigma; How does treatment with this GnRH analogue decrease embryo mortality? *J. Vet. Sci. Tech.* 5, 2157-7579 151.
- OLFATI, A.; MOGHADDAM, G. 2013. Effects of GnRH agonist (cinnarelin) on Reproductive performance in synchronized Iranian crossbred ewes during the breedings season. *Slovak J. Anim. Sci. (Slovak Republic)* 46, 1-6.
- RIAZ, H.; SATTAR, A.; ARSHAD, M.; AHMA, N. 2012. Effect of synchronization protocols and GnRH treatment on the reproductive performance in goats. *Small Rum. Res.* 104, 151-155.
- SATTERFIELD, M.; BAZER, F.; SPENCER, T. 2006. Progesterone regulation of preimplantation conceptus growth and galectin 15 (LGALS15) in the ovine uterus. *Bio. Reprod.* 75, 289-296.

- SCHMITT, E.; DIAZ, T.; BARROS, C.; DE LA SOTA, R.; DROST, M.; FREDRIKSSON, E.; STAPLES, C.; THORNER, R.; THATCHER, W. 1996. Differential response of the luteal phase and fertility in cattle following ovulation of the first-wave follicle with human chorionic gonadotropin or an agonist of gonadotropin-releasing hormone. *J. Anim. Sci.* 74, 1074-1083.
- SHEMESH, M. 2001. Actions of gonadotrophins on the uterus. *Reproduction* 121, 835-842.
- SHORT, R. 1969. Implantation and the maternal recognition of pregnancy. *Foetal Autonomy* 2, 31.
- SIRJANI, M.; SHAHIR, M.; KOHRAM, H.; SHAHNEH, A. 2011. Effect of gonadotropin-releasing hormone (GnRH) treatment on multiple births in Afshari ewes. *African J. Biotech.* 10, 12358-12362.
- SPENCER, T.; BAZER, F. 2002. Biology of progesterone action during pregnancy recognition and maintenance of pregnancy. *Frontiers in bioscience: a journal and virtual library* 7, 1879-98.
- SPENCER, T. 2013. Early pregnancy: Concepts, challenges, and potential solutions. *Anim. Frontiers* 3, 48-55.
- STEVENSON, J.; TENHOUSE, D.; PORTALUPPI, M.; LLOYD, A.; EBORN, D.; KACUBA, S.; DE JARNETTE, J. 2007. Interventions after artificial insemination: conception rates, pregnancy survival, and ovarian responses to gonadotropin-releasing hormone, human chorionic gonadotropin, and progesterone. *J. Dairy Sci.* 90, 331-340.
- THATCHER, W.; MOREIRA, F.; SANTOS, J.; MATTOS, R.; LOPES, F.; PANCARCI, S.; RISCO, C. 2001. Effects of hormonal treatments on reproductive performance and embryo production. *Theriogenology* 55, 75-89.
- TORRES, A.; CHAGAS E SILVA, J.; DINIZ, P.; LOPES-DA-COSTA, L. 2013. Evaluation of treatments with hCG and carprofen at embryo transfer in a demi-embryo and recipient virgin heifer model. *Animal* 7, 1317-1322.
- TÜRK, G.; GÜR, S.; SÖNMEZ, M.; BOZKURT, T.; AKSU, E.; AKSOY, H. 2008. Effect of exogenous GnRH at the time of artificial insemination on reproductive performance of Awassi ewes synchronized with progestagen-PMSG-PGF2 α combination. *Reprod. Dom. Anim.* 43, 308-313.
- WILKINS, J. 1991. Contribution of embryo loss to reproductive performance in Merino ewes. Ph.D. Tesis, University of Western, Australia.
- WILMUT, I.; SALES, D.; ASHWORTH, C. 1986. Maternal and embryonic factors associated with prenatal loss in mammals. *J. Reprod. Fertil* 76, 851-864.

Bienestar animal en bovinos de leche: selección de indicadores vinculados a la salud y producción

MARTÍNEZ, G. M.^{1*}; SUÁREZ, V. H.²; GHEZZI, M. D.³

RESUMEN

El bienestar animal ha sido definido por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) como el término amplio que describe la manera en que los individuos se enfrentan con el ambiente y que incluye su sanidad, sus percepciones, su estado anímico y otros efectos positivos o negativos que influyen sobre los mecanismos físicos y psíquicos del animal. Durante años se tuvo como objetivo principal dentro de los programas de mejora genética en rodeos lecheros el aumento en la producción de leche por individuo; posteriormente se trabajó en compatibilizar ese incremento en el rinde con una mayor eficiencia en la conversión alimenticia. A lo largo de este período todo el sistema productivo se fue transformando de manera tal de ofrecerle a esos animales de alto mérito genético el ambiente necesario para que consiguiesen expresar su potencial. Sin embargo, este aumento en la producción trajo consigo consecuencias negativas vinculadas a la intensificación. Al trabajar con animales de alto mérito genético el equilibrio en cuanto a su salud parece ser frágil. En este sentido, varios autores han reportado que este tipo de individuos tienen incrementados los riesgos de sufrir mastitis, trastornos podales, trastornos en la reproducción y otros eventos conocidos como enfermedades de la producción (hipomagnesemia, hipocalcemia, entre otras) en comparación con animales con un mérito genético medio o bajo. Todos estos factores a los que se encuentra expuesta la vaca de alta producción favorecen la disminución en la vida útil de las vacas lecheras. El desafío de la producción lechera actual ha tomado un rumbo claro, llevar adelante programas de gestión asociados a un manejo adecuado de los animales de elevado mérito genético, de manera tal de combinar altas producciones en las mejores condiciones posibles de bienestar animal. En los últimos 15 años el estudio de variables útiles para evaluar el bienestar animal a nivel rodeo ha aumentado considerablemente, llegando en la actualidad a una lista de indicadores lo suficientemente documentados como para ser incluidos en los protocolos de bienestar animal. Sin embargo, los protocolos propuestos hasta el presente en la práctica son costosos y difíciles de implementar, por lo tanto, se han comenzado a revisar. Entre los indicadores evaluados existe un gran consenso en la fiabilidad del uso de medidas basadas directamente en el animal, como por ejemplo la condición corporal, las enfermedades podales, las mastitis y otras más generales como las tasas de infertilidad y de mortalidad presentes en los registros de los tambos que ameritan ser estudiadas bajo nuestras condiciones de producción. El objetivo de la presente revisión es acercar a los productores y técnicos la importancia que reviste la detección a tiempo de ciertos trastornos de salud de las vacas lecheras ligados estrechamente a su producción y bienestar.

Palabras clave: indicadores, bienestar animal, rodeo lechero, productividad.

¹INTA EEA Salta (RN 68 km 172, Cerrillos, Salta, Argentina).

²INTA IIACS, AISA, sede EEA Salta.

³UNICEN, Facultad de Cs. Veterinarias.

*Correo electrónico: martinez.gabriela@inta.gob.ar

ABSTRACT

Animal welfare has been defined by the World Organization for Animal Health (OIE) as the broad term used to describe how an animal is coping with the conditions of its environment, including animal health, perceptions, comfort, and other positive or negative effects influencing physical and psychic mechanism. For many years, genetic improvement programs in dairy herds aimed at increased milk production per individual; later, efforts were focused on making such yield increase compatible with a higher efficiency in food conversion. Throughout that period, all the productive system was transformed in such a way as to provide those animals of high genetic merit with the necessary environment to express their potential. However, this increase in production had negative effects related to intensification. The health equilibrium of animals with high genetic merit seems fragile. Accordingly, several authors have reported that this type of individuals have increased risks of suffering from mastitis, foot lesions and reproduction disorders and other events known as production-related diseases (e.g., hypomagnesemia, hypocalcemia) with respect to animals with low or medium genetic merit. All these factors affecting high-production cows favor the reduction in their productive life. The challenge in current milk production has taken a clear direction: establishing management programs associated with animals of high genetic merit so as to combine high production under the best possible animal welfare conditions. The study of useful variables for evaluating animal welfare in dairy herds has increased considerably in the last years, and a number of indicators are now available which are well documented for being included in animal welfare protocols. However, the protocols that have been proposed and applied until now are costly and difficult to implement, and are starting to be evaluated. There is consensus in the reliability of measurements based directly on the animal as useful indicators, such as body condition, foot diseases, mastitis and other more general indicators, such as infertility and mortality rates obtained from records of dairy farms that can be studied under our production conditions. The aim of the present review was to show livestock producers and technicians the importance of early detection of some health problems of dairy cows closely associated with production and welfare.

Keywords: animal health, productivity, dairy cattle, welfare assessment.

INTRODUCCIÓN

El bienestar animal (BA) ha sido definido por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) como el término amplio que describe la manera en que los individuos se enfrentan con el ambiente y que incluye su sanidad, sus percepciones, su estado anímico y otros efectos positivos o negativos que influyen sobre los mecanismos físicos y psíquicos del animal (OIE, 2004). Si bien el bienestar animal como disciplina es un conocimiento bastante moderno, no lo es así su concepto y preocupación. La preocupación por el bienestar es tan antigua como la ganadería; posiblemente la razón sea que, desde un principio, el hombre necesitó evitar alimentarse de animales enfermos y rehuir a que el animal muera antes de ser utilizado como alimento. Incluso se afirma que el bienestar animal fue la base de la domesticación porque sin esta condición los animales no habrían permanecido junto al hombre (Price, 1984). Muchos autores (Mellor y Bayvel, 2004; McInerney, 2004, Rojas *et al.*, 2005) coinciden en vincular al bienestar animal con la ética, entendiéndose a esta como la decisión de hacer el bien, conociendo la diferencia entre el bien y el mal. Blasco (2006) considera que a primera vista la ética parece variar con el tiempo ya que evidencia que la sensibilidad hacia los animales ha ido cambiando a lo largo de la historia; a su vez, sugiere que la ética puede estar influenciada en función al lugar ya que propone que no resultaría lo mismo establecer normas éticas desde un país desarrollado que

desde un país en vías de desarrollo en el que las preocupaciones sobre el bienestar humano pueden ser prioritarias.

Se ha demostrado en diferentes estudios llevados a cabo internacionalmente que no solo la ética, sino también los beneficios económicos que logran los productores por aplicar protocolos de bienestar animal han hecho crecer el interés por la temática (Esslemont 1990; Warnick *et al.*, 2001; McInerney, 2004). En los rodeos lecheros, la condición corporal como herramienta de monitoreo de la nutrición y la salud de los animales a lo largo de las diferentes etapas productivas, el control y la prevención de problemas podales, la detección, control y profilaxis de mastitis han demostrado ser el núcleo de los diferentes protocolos que actualmente se encuentran vigentes en los tambos donde el bienestar animal, ya sea por concientización del productor o por demanda de la industria, está presente en todas las tareas que se llevan adelante diariamente (FIL-IDF, 2009; Welfare Quality, 2009).

En Argentina, la concientización respecto al bienestar animal es incipiente, de hecho los consumidores no están aún sensibilizados con la temática. Los interesados actualmente en la disciplina son productores que perciben la falta de bienestar ya sea como una reducción en los ingresos por pérdidas en la producción, o bien como una futura exigencia de los mercados internacionales a la que deben dar cumplimiento con el fin de agregar valor a sus productos.

En ese sentido, el país ha adherido a la Declaración Universal de los Derechos de los Animales y al Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA); en el año 2002, creó la Comisión Nacional de BA y comenzó a elaborar documentos pertinentes al BA. También el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y las universidades han comenzado a incluir el BA en sus proyectos de investigación y, en lo que hace a la lechería ya se puede contar con algunos resultados referidos a instalaciones y BA; protocolos y toma de datos preliminares para calificar BA tanto en tambos ovinos y bovinos (Ghiano *et al.*, 2011; Suarez *et al.*, 2013; Suárez y Martínez, 2014). Sin embargo, al momento no existe ningún proyecto general que involucre a la Ciencia y la Técnica con productores, industria y consumidores.

Debido a que la sociedad en general seguirá incrementando sus exigencias con la finalidad de obtener alimentos que se produzcan de manera inocua mediante un "trato ideal" para los animales (Croney y Botheras, 2010), el objetivo de esta revisión es aproximar al lector información referente a indicadores vinculados a la salud y producción, que pueden ser utilizados a campo para la detección a tiempo de ciertos trastornos de salud de las vacas lecheras ligados estrechamente a su producción y bienestar animal.

BIENESTAR ANIMAL: PRODUCTIVIDAD Y RENTABILIDAD

Los programas de selección y mejoramiento genético ligados a la producción de leche durante muchos años han tenido como objetivo principal trabajar en pos del aumento de la producción individual de leche. Si bien la mayoría de los programas implementados alcanzaron grandes logros en materia productiva, han puesto en riesgo otros aspectos importantes que hacen al bienestar animal y a la rentabilidad de la explotación (Webster, 1994; Pryce *et al.*, 1997; Oltenacu y Algers, 2005). Por su parte, Oltenacu y Algers (2005) han reportado que las vacas lecheras que han sido seleccionadas por su alta producción resultan ser particularmente susceptibles al estrés y corren riesgo de sufrir trastornos metabólicos, fisiológicos e inmunológicos. Sin embargo, Trevisi *et al.* (2006) concluyeron que si se lleva adelante un programa de gestión y manejo adecuado de los animales de elevado mérito genético, es posible combinar altas producciones con buenas condiciones de bienestar para los animales. Tal cual como lo sugiere la FAO (2004) en su manual de buenas prácticas en explotaciones lecheras, todos los establecimientos dedicados a la producción de leche deberían ser capaces de combinar la rentabilidad con la responsabilidad de la protección de la salud humana, del bienestar animal y del medio ambiente.

BIENESTAR ANIMAL: LAS 5 LIBERTADES O NECESIDADES

El Consejo de Bienestar para Animales de Granja del Reino Unido FAWC (*Farm Animal Welfare Council*) en el año 1992, basado en los 5 privilegios propuestos en 1965,

determinó normas generales vinculadas al bienestar animal, las cuales se encuentran agrupadas en lo que se conoce actualmente como las "5 libertades-necesidades". Estas libertades, entendidas como necesidades que se les deben suministrar a los animales para lograr su confort biológico, son hoy el pilar fundamental de las políticas de la Unión Europea y del resto del mundo relacionadas con el bienestar de los animales de producción. Las 5 premisas que se pretenden relevar en cualquier protocolo de evaluación de bienestar animal son aquellas referidas al hambre y a la sed, incomodidades y estrés térmico, dolores y enfermedades, contemplando, a su vez, que los animales tengan los medios para expresar un comportamiento normal y estén libres de emociones negativas.

BIENESTAR ANIMAL: EVALUACIÓN

Algunos autores como Fraser *et al.*, (1997), Duncan y Fraser, (1997) y Von Keyserlingk *et al.*, (2009) coinciden en señalar que al evaluar el bienestar animal se deben considerar tres aspectos importantes en los animales: el funcionamiento biológico (salud), la naturalidad de su vida (comportamiento) y su estado afectivo (estado mental). A su vez, sugieren que la sobreposición de estas funciones constituye el estado ideal de bienestar, ya que el éxito de una sola no garantiza que se haya alcanzado un estado de bienestar.

En función de la arista del bienestar animal que se desee evaluar existen una serie de indicadores válidos que pueden ser relevados a campo (Bartussek, 1995; Welfare Quality, 2009). Estos indicadores tienen como característica común que pueden ser medidos científicamente y son independientes de cualquier valoración moral. Los indicadores para considerar dentro de los sistemas de producción de leche pueden ser agrupados en 2 categorías: aquellos basados en el animal y aquellos basados en el ambiente; algunos ejemplos se presentan a continuación (tabla 1).

INDICADORES PRÁCTICOS DE BA Y MEDIDAS BASADAS EN LOS ANIMALES

En los últimos 15 años el estudio de variables útiles para evaluar el bienestar animal a nivel rodeo ha aumentado considerablemente, llegando en la actualidad a una lista de indicadores lo suficientemente documentados como para ser incluidos en los protocolos de bienestar animal (Whay *et al.*, 2003; Winckler *et al.*, 2003; 2007). Entre estas variables existe un gran consenso en utilizar medidas basadas directamente en el animal tales como los trastornos podales, la condición corporal, entre otras, a pesar de las variaciones que existen entre tambos debido a múltiples factores (Veissier y Evans, 2007; Whay *et al.*, 2003). Sin embargo, los protocolos de evaluación del bienestar animal en el tambo en la práctica llevan tiempo, son costosos y difíciles de implementar a lo largo del tiempo y, más aún en una región con gran número de tambos. La realidad, en

| | Indicador | Principio | Criterio |
|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|---|
| Basado en el animal | Condición Corporal | Alimentación Salud | Ausencia de hambre prolongada |
| | Limpieza de los animales | Alojamiento | Confort en relación con el descanso e higiene |
| | Tos | Salud | Ausencia de enfermedad. |
| | Alteraciones tegumentarias | Salud | Ausencia de enfermedad. |
| | Descarga nasal y/u ocular y/o vulvar | Salud | Ausencia de enfermedad. |
| | Respiración agitada | Salud | Ausencia de enfermedad. |
| | Locomoción (cojeras) | Salud | Ausencia de enfermedad. |
| | Mastitis | Salud | Ausencia de enfermedad. |
| | Mortalidad | Salud | Ausencia de enfermedad. |
| | Distancia de fuga | Comportamiento | Interacción positiva humano-animal. |
| Basado en el ambiente | Provisión de agua | Alimentación | Ausencia de sed prolongada. |
| | Limpieza de agua | Alimentación | Ausencia de sed prolongada. |
| | Comedero | Alimentación | Ausencia de hambre prolongada. |
| | Ventilación del corral | Alojamiento | Confort en relación con el descanso. |
| | Cama | Alojamiento | Confort en relación con el descanso. |
| | Densidad de animales | Alojamiento | Facilidad de movimiento. |
| | Instalaciones | Salud | Ausencia de dolor o heridas causadas por prácticas de manejo. |
| | Acceso a la pastura | Comportamiento | Expresión adecuada de otras conductas. |

Tabla 1. Ejemplo de indicadores basados en el animal y el ambiente: su vinculación con los principios y criterios con el que se corresponde su evaluación.

Welfare Quality, 2009

general, muestra que los protocolos de calificación del BA deben tender a ser menos onerosos, llevar menos tiempo, ser seguros y fáciles de evaluar (Winckler *et al.*, 2003; De Vries *et al.*, 2013). Esto podría ser llevado a cabo a partir:

- del estudio y validación en nuestros sistemas lecheros de solo algunos indicadores animales o parámetros (fácil y seguros de evaluar);
- de la utilización de algunos indicadores animales de BA que puedan ser tomados de la base de datos de los programas de gestión (de producción, de reproducción, de salud, de mortalidad, entre otros) que los tambos usan en nuestro país para registrar su actividad (PRO Tambo Master; Dirsá; INTAmbo) (De Vries *et al.*, 2014; Otten *et al.*, 2014).

Si es bien sabido que la ausencia de enfermedad no necesariamente sugiere un nivel óptimo del bienestar de los animales, queda claro que la presencia de alguna o algunas enfermedades, por lo general, conllevan un estatus de bienestar insuficiente (Webster, 2005). Dentro de los indicadores de salud más relevantes en cuanto al bienestar animal, de relativamente fácil medición a campo y que generalmente pueden ser tomados de la base de datos de los tambos se destacan, entre otros: la condición corporal, las enfermedades podales, las mastitis, los índices y causas de descarte y/o mortandad, los problemas de fertilidad y los índices productivos.

CONDICIÓN CORPORAL

La malnutrición de los animales influencia la aparición de enfermedades, especialmente aquellas relacionadas con desórdenes metabólicos y problemas al parto que, a su vez, afecta negativamente a la ovulación y a la tasa de fertilidad (Roche *et al.*, 2009). El propósito de incluir a la condición corporal dentro de una evaluación rápida de bienestar animal a campo es identificar aquellos animales que presentan algún grado de reserva corporal extrema, ya que un animal tanto con un escaso como excesivo nivel de reservas corporales se encuentra asociado con mayores riesgos de sufrir enfermedades (Leach *et al.*, 2009). La condición corporal y el bienestar animal forman una relación compleja sobre la que influyen factores tan diversos como el mérito genético, la alimentación, y el sistema de producción fundamentalmente (Fisher y Mellor, 2008). En este sentido, Roche *et al.*, (2009) y Matthews *et al.*, (2012) sugieren que la estimación subjetiva de las reservas corporales en los bovinos de leche puede contribuir a evaluar el estatus de bienestar animal de un individuo, siempre y cuando la interpretación de la puntuación asignada a cada animal se haga dentro de un contexto más global en el que se consideren aspectos tanto productivos, sanitarios y de manejo. De esta manera, fue propuesto utilizar la evaluación de la condición corporal como una herramienta de monitoreo a campo tendiente a la detección de problemas vinculados a una posible re-

ducción del grado de bienestar de los animales (Roche *et al.*, 2009; Matthews *et al.*, 2012).

AFECCIONES PODALES

Este tipo de afecciones son ampliamente reconocidas como las de mayor incidencia sobre el bienestar en vacas de tambo, dado el dolor que conllevan y las consecuentes alteraciones tanto a nivel productivo, reproductivo y de comportamiento animal (Von Keyserlingk *et al.*, 2009).

El 90% de las cojeras involucran al pie bovino y se encuentran relacionadas con enfermedades como la laminitis, ulceración de la suela, enfermedad de la línea blanca y dermatitis digital entre las más importantes (Shearer, 1998; Tadich, *et al.*, 2005; Olechnowicz y Jaskowski, 2011). Resulta oportuno mencionar que las enfermedades podales pueden ser consecuencia tanto de trastornos propios de los animales, como son por ejemplo los trastornos nutricionales como así también de una infraestructura deficiente de los establecimientos; ya sea relativo a caminos, corrales o sala de ordeño (Olechnowicz y Jaskowski, 2011). En una encuesta realizada en tambos del Valle de Lerma (Salta), donde se visitaron 19 tambos (40% del total de emplazados) y se observaron entre 30 y 60 vacas, los autores (Suarez *et al.*, 2015) registraron un promedio de 12 a 18% de prevalencia de problemas podales en las vacas lecheras, cuando se toma como máximo porcentaje el 8% de prevalencia para calificar a un tambo como de baja prevalencia de cojeras, tomando como vacas positivas aquellas observadas con los grados de cojera 3, 4 y 5 de acuerdo a Sprecher *et al.*, (1997).

Un estudio de cohorte retrospectivo en más de 900 tambos con alta prevalencia de cojera ($\geq 16\%$) presentaban un 2,9% de probabilidades más altas de mortalidad en vacas lecheras en comparación con tambos con baja prevalencia de cojeras (McConnel *et al.*, 2008) ya que las vacas con cojeras graves fueron usualmente sacrificadas.

Es importante destacar que las vacas con cojeras crónicas, por lo general, comprometen su performance tanto productiva como reproductiva. Al permanecer una mayor parte del tiempo echadas en comparación con vacas sin afecciones podales pierden peso como resultado de un menor consumo de alimentos, a la vez que disminuyen la producción de leche entre 20 a 50% (Rehbun *et al.*, 1980; Enting *et al.*, 1997; Warnick *et al.*, 2001; Hernández *et al.*, 2005). Datos del norte de la provincia de Buenos Aires, obtenidos a través del programa Claves (2009) que estudió las enfermedades de las vacas en el período de transición (últimos 21 días antes del parto y los primeros 21 días posparto), han revelado que las pérdidas de leche a lo largo de los 90 días posparto por trastornos podales pueden llegar a ser de 562 L/animal, siendo esta la de mayor impacto entre las patologías que afectan a la vaca lechera en este momento de su ciclo productivo. En relación con problemas reproductivos, estos individuos representan un problema para el operario que realiza la detección de celo, ya que como consecuencia del estrés crónico que le produce una

patología como la cojera clínica, se produce una reducción en la concentración de progesterona antes del celo, lo cual hace que exista un débil comportamiento sexual (Collick *et al.*, 1989; Walker *et al.*, 2008a; Walker *et al.*, 2008b). A su vez, Whay *et al.*, (1997) han demostrado que las cojeras causadas por úlceras plantares y por la denominada enfermedad de la línea blanca producen un estado de hiperalgesia, en el cual el umbral de dolor en animales con este tipo de patologías disminuye respecto a los animales sanos.

MASTITIS

Las mastitis tanto clínicas como subclínicas son las patologías más frecuentes en las vacas lecheras a lo largo de todo el mundo. Afectan el bienestar de las vacas y causan efectos negativos sobre la producción y composición de la leche (De Graves y Fetrow, 1993; Hortet y Seegers, 1998). También entre otros efectos adversos de las mastitis, se observan las penalidades impuestas por la industria debido al aumento del conteo de células somáticas así como las pérdidas económicas por los tiempos de retirada de la leche durante y después de los tratamientos antibióticos, por los costos de los tratamientos y la mano de obra adicional. Por un lado, mediante una encuesta realizada en 19 tambos ubicados en el Valle de Lerma en Salta (Suarez *et al.*, 2015) se destacó que en promedio el 67% de las vacas presentaron mastitis subclínicas. Por otro lado, el relevamiento ya comentado del programa Claves (2009) revela que en la categoría vaca en transición, las mastitis clínicas traen como consecuencia una disminución en el rendimiento lácteo de alrededor de los 435 L/animal durante los 3 primeros meses de lactancia.

Las inflamaciones que causan las mastitis son dolorosas y, por lo tanto, están estrechamente asociadas al bienestar de las vacas. Tanto es así que, aunque menos estudiados, se podría mencionar que por los efectos negativos, por ejemplo, se presenta una menor longevidad en las vacas (Claves, 2009). También algunos estudios han encontrado una asociación entre la mastitis y heridas clínicas e hinchazones a nivel del tarso (Sogstadet *et al.*, 2006) o con ciertas condiciones de manejo (Nyman *et al.*, 2009).

Por un lado, Bartlett *et al.* (1992) encontraron que el índice de saneamiento ambiental basado en la cantidad de estiércol de la vaca y en su entorno fue un predictor de la aparición de mastitis coliforme. Ward *et al.* (2002) observaron en un estudio realizado en cuatro tambos que la menor incidencia de la mastitis se produjo en donde las vacas estaban más limpias y las camas eran más satisfactorias. Por otro lado, Sant'Anna y Paranhos da Costa, (2011) también comprobaron que al menor grado de suciedad de las vacas presentaron menor recuento de células somáticas al compararlas con las sucias y muy sucias.

La presencia de barro constituye un problema serio de bienestar animal, afectando la higiene de los animales, causando estrés y constituyendo un factor predisponente, aumentando la incidencia de mastitis clínica y, por consecuencia, elevando la cantidad de vacas tratadas (Bartlett *et*

al., 1992). Cuando los caminos que transitan las vacas no poseen un diseño adecuado, luego de la época de lluvias prolongadas, se forma barro abundante, lo cual las predispone a patologías podales y mastitis (Lagger, 2006).

INFERTILIDAD

A pesar de que la infertilidad constituye un tema complejo, multicausal y que no siempre está ligado al bienestar de las vacas, puede ser utilizada como un indicador indirecto de pobre bienestar ya que es uno de los principales motivos de descarte prematuro de los animales (Lucy, 2001). La fertilidad puede ser influenciada por la condición corporal, trastornos metabólicos, balances energéticos negativos, presencia de enfermedades, manejos generales y reproductivos ineficientes de las vaquillonas y de las vacas secas y, en lactancia, por estrés crónico y por causas de un nivel genético creciente. Muchas de estas causas tienen que ver con el buen manejo nutritivo, sanitario y general del rodeo y con el bienestar de las vacas. Los problemas reproductivos, como ser vacas con muchos servicios, en anestros permanentes o recurrentes son en Inglaterra la principal causa de descarte (Esslemont y Kossaibati, 1997; Whitaker *et al.*, 2000).

Estos problemas llevan a que se alarguen las lactancias de las vacas, afectando la producción total del tambo ya que su producción diaria no aumenta con ningún manejo alimenticio favorable. Un rodeo con lactancias promedio que supera los 250 días en leche es un rodeo ineficiente (Nebel y McGilliard, 1993), por lo que se propone que el registro de días en leche de un tambo sería una buena medida indirecta de bienestar animal.

MORTALIDAD

A pesar de la enorme importancia que tiene la tasa de mortalidad o de sacrificios obligados en la economía del tambo, la literatura sobre la mortalidad y sus causas son relativamente limitada, aceptándose como normal cifras que oscilan entre 1% a 6% por año o por lactancia (Thomsen y Houe, 2006). En la encuesta llevada a cabo en el 40% de los tambos del Valle de Lerma (Suarez *et al.*, 2015), se registró una tasa de mortalidad media anual en los rodeos del 13%. Entre las causas de muertes o sacrificios obligados más comunes se encuentran los accidentes traumáticos, trastornos de parto, trastornos digestivos, trastornos del aparato locomotor, trastornos metabólicos y desórdenes de las mamas (Stevenson y Lean, 1998; Thomsen *et al.*, 2004; Thomsen y Houe, 2006).

Menos aún se ha estudiado la relevancia del uso de la mortalidad como una medida de bienestar animal en el tambo. Algunos pocos estudios muestran datos de la asociación entre mortalidad y otros efectos adversos en la producción de leche. Un estudio sueco en 55 tambos mostró que la mortalidad junto con dos indicadores de fertilidad, de abortos, de mastitis y de enfermedades relacionadas a la dieta tenían una sensibilidad del 96% y una especificidad del 56% para

su correcta clasificación como rodeos con problemas de bienestar (Nyman *et al.*, 2011). Un estudio danés realizado en 40 tambos evaluó el desempeño del registro de datos predictores de rodeos lecheros con alta prevalencia de problemas podales, identificando a la tasa de mortalidad como un predictor significativo (Otten *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES

De lo expuesto en la presente revisión y de la importancia que a nivel mundial está adquiriendo el BA y de las implicancias para nuestro futuro comercio exterior se desprende que es necesario su estudio a nivel local. Esto comprendería investigar y validar los indicadores y las formas prácticas, seguras y no onerosas, para poder calificar el BA e involucraría comprometer a la industria en esta temática y poder avanzar en consolidar una estrategia que permita avanzar en el BA de nuestra lechería.

BIBLIOGRAFÍA

- BARTLETT, P.C.; MILLER, G.Y.; LANC, S.E.; HEIDER, L.E. 1992. Managerial determinants of intramammary coliform and environmental Streptococci infections in Ohio dairy herds. *J. Dairy Sci.* 75:1241-1252.
- BLACO, A. 2006. Ética y bienestar animal. 8th World Congress on Genetics Applied to the Livestock Production, Belo Horizonte, Brasil.
- BARTUSSEK, H. 1995. Animal needs index for cattle, TGI 35 L. Federal Research Centre for Alpine Agriculture, Gumpenstein, Austria.
- CLAVES. 2009. Organización y análisis de un sistema de registros de enfermedades del periparto en vacas lecheras: su incidencia e impacto económico sobre las empresas. Convenio de asistencia técnica institucional INTA–Elanco–AACREA, pp. 1–25.
- COLLICK, D.W.; WARD, W.R.; DOBSON, H. 1989. Associations between types of lameness and fertility. *Veterinary Record*, 125: 103–106.
- CRONEY, C.C.; BOTHERAS, N.A. 2010. Animal welfare, ethics and the U.S. dairy industry maintaining a social license to operate. Tri-State Dairy Nutrition Conference. (Disponible: [http://tristatedairy.osu.edu/Proceedings %202010/Croney% 20paper.pdf](http://tristatedairy.osu.edu/Proceedings%202010/Croney%20paper.pdf) verificado 16 de noviembre de 2014).
- DE GRAVES, F.J.; FETROW, J. 1993. Economics of mastitis and mastitis control. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 9, 21–34.
- DE VRIES, M.; ENGEL, B.; DEN UIJL, I.; VAN SCHAIK, G.; DIJKSTRA, T.; DE BOER, I. J. M.; BOKKERS, E.A.M. 2013. Assessment time of the Welfare Quality® protocol for dairy cattle. *Anim. Welf.*, 22: 85–93.
- DE VRIES, M.; BOKKERS, E.A.; VAN SCHAIK, G.; ENGEL, B.; DIJKSTRA, T.; DE BOER, I.J. 2014. Exploring the value of routinely collected herd data for estimating dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science.* 97(2):715–30.
- DUNCAN, I.J.H.; FRASER, D. 1997. Understanding animal welfare. *Animal Welfare*, M.C. Appleby, y B.O. Hughes, eds., CABI Publishing, Wallingfor, pp. 19–31.
- ENTING, H.; KOUIJ, D.; DIJKHUIZEN, A.A.; HUIRNE, R.B.M.; NOORDHUIZEN-STASSEN, E.N. 1997. Economic losses due to clinical lameness in dairy cattle. *Livestock Production Science* 49, 259–267.

- ESSELMONT, R.J. 1990. The costs of lameness in dairy herds. Proceedings of the XIth International Symposium on Diseases of the Ruminant Digit. Liverpool, Reino Unido, pp. 237–251.
- ESSELMONT, R.J.; KOSSAIBATI, M.A. 1997. Culling in 50 dairy herds in England. *Veterinary Record*, 140: 36–39.
- FAO. 2004. Manual de buenas prácticas en explotaciones lecheras. (Disponible: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/y5224s/y5224s00.pdf> verificado: 15 de diciembre de 2014).
- FAWC. 1992. Updates the five freedoms *Veterinary Record* 17: 357.
- FIL-IDF. 2009. Guía para el bienestar animal en la producción lechera de la Federación Internacional de Lechería–2008. *Rev. Sci. Tech. Off. int. Epiz.* 28 (3): 1183–1191.
- FISHER, M.W.; MELLOR, D.J. 2008. Developing a systematic strategy incorporating ethical, animal welfare and practice principles to guide the genetic improvement of dairy cattle. *N. Z. Vet. J.* 56: 100–106.
- FRASER, D.; WEARY, D.M.; PAJOR, E.A.; MILLIGAN, B.N. 1997. A Scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. *Anim. Welf.* 6: 187–205.
- GHIANO, J.E.J.; GARCIA, K.E.; GASTALDI, L. B.; DOMINGUEZ, J.; SOSA, N.; MASSONI, F.; FERREIRA, M.; TAVERNA, M.A. 2011. Manejo del estrés calórico en el tambo. Alternativas de sombras. *Ficha técnica* 17, (disponible: www.inta.gov.ar/lecheria verificado: 09 de enero de 2015).
- HERNANDEZ, J.A.; GARBARINO, E.J.; SHEARER, J.K.; RISCO, C.A.; THATCHER, W. W. 2005. Comparison of milk yield in dairy cows with different degrees of lameness. *J. American Veterinary Medical Association* 227, 1292–1296.
- HORTET, P.; SEEGERS, H. 1998. Calculated milk production losses associated with elevated somatic cell counts in dairy cows: review and critical discussion, *Vet. Res.* 29, 497–510.
- LAGGER, J.R. 2006. Animal Welfare Strategies to prevent lameness. *Scottish Agriculture College-Bush State Edinburgh-Scotland-GB.*
- LEACH, K.A.; KNIERIM, U.; WHAY, H.R. 2009. Condition scoring for dairy and beef cattle and veal calves. *Welfare quality report n.º 11.* Editado por FORKMAN, B.; KEELING, L.
- LUCY, M.C. 2001. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end? *J. Dairy Sci.* 84:1277–1293.
- MCINERNEY, J. 2004. Animal welfare, economics and policy. (Disponible: <http://archive.defra.gov.uk/evidence/economics/foodfarm/reports/documents/animalwelfare.pdf> verificado: 16 de diciembre de 2015).
- MATTHEWS, L.R.; CAMERON, C.; SHEAHAN, A.J.; KOLVER, E.S.; ROCHE, J.R. 2012. Associations among dairy cow body condition and welfare-associated behavioral traits. *J. Dairy Sci.* 95: 2595–4889.
- MELLOR, D.J.; BAYVEL, A.C.D. 2004. The application of legislation, scientific guidelines and codified standards to advancing animal welfare. En: *Global Conference on Animal Welfare: an OIE initiative.* Febrero 23–25, París, Francia; 2004, pp. 249–256.
- MCCONNELL, C.S.; LOMBARD, J.E.; WAGNER, B.A.; GARRY, F.B. 2008. Evaluation of factors associated with increased dairy cow mortality on United States dairy operations. *J. Dairy Sci.* 91:1423–1432.
- NEBEL, R.L.; MCGILLIARD, M.L. 1993. Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:3257–68.
- NYMAN, A.K.; EMANUELSON, U.; GUSTAFSSON, A.H.; PERSOIN WALLER, K. 2009. Management practices associated with udder health of first-parity dairy cows in early lactation. *Preventive veterinary medicine* 88, 138–49.
- NYMAN, A.K.; LINBERG, A.; SANDGREN, C.H. 2011. Can pre-collected register data be used to identify dairy herds with good cattle welfare? *Acta Veterinaria Scandinavica*, 53 (Suppl. 1): S8.
- OIE. The OIE's achievements and objectives in animal welfare. (Disponible: http://www.oie.int/eng/bien_etre/en_introduction.htm verificado: 03 de diciembre de 2014).
- OIE. 2004. Bienestar animal. (Disponible: <http://www.oie.int/es/bienestar-animal/el-bienestar-animal-de-un-vistazo/> verificado: 03 de diciembre de 2015).
- OLECHNOWICZ, J.; JASKOWSKI, J.M. 2011. Behaviour of lame cows: a review. *Veterinarni Medicina* 56: 581–588.
- OLTENACU, P.A.; ALGERS, B. 2005. Selection for increased production and the welfare of dairy cows: are new breeding goals needed? *Ambio.* 34: 4–5.
- OTTEN, N.D.; TOFT, N.; HOUE, H.; THOMSEN, P.; SØRENSEN, J.T. 2012. True Prevalence Estimation in an On-Farm Welfare Assessment Scheme – How to Deal with Misclassification. *Personal communication.* University of Copenhagen, Dinamarca.
- OTTEN, N.D.; NIELSEN, L.R.; THOMSEN, P.T.; HOUE, H. 2014. Register-based predictors of violations of animal welfare legislation in dairy herds. *Animal.* Dec. 8(12):1963–70.
- PRICE, E.O. 1984. Behavioral aspects of animal domestication. *Quarterly Review of Biology* 59: 1–32.
- PRYCE, J.E.; VEERKAMP R.F.; THOMPSON, R.; HILL, W.G.; SIMM, G. 1997. Genetic aspects of common health disorders and measures of fertility in Holstein Friesian dairy cattle. *Animal Science*, 65: 353–360.
- REHBUN, W.C.; PAYNE, R.M.; KING, J.M.; WOLFE, M.; BEGG, S.N. 1980. Interdigital papillomatosis in dairy cattle. *JAVMA* 177, 437–440.
- ROCHE, J.R.; FRIGGENS, N.C.; KAY, J.K.; FISHER, M.W.; STAFFORD, K.J.; BERRY, D.P. 2009. Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.* 92: 5769–5801.
- ROJAS, H.; STUARDO, L.; BENAVIDES, D. 2005. Políticas y prácticas de bienestar animal en los países de América: estudio preliminar. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 4 (2): 549–565.
- SANT'ANNA, A.C.; PARANHOS DA COSTA, M.J.R. 2011. The relationship between dairy cow hygiene and somatic cell count in milk. *J. Dairy Sci.* 94:3835–3844.
- SHEARER, J.K. 1998. Lameness in dairy cattle: consequences and causes. *The Bovine Practitioner* 32, 79–84. SOGSTADET, Å.M.; OSTERÅS, O.; FJELDAAS, T. 2006. Bovine Claw and Limb Disorders Related to Reproductive Performance and Production Diseases. *J. Dairy Sci.* 89, 2519–2528.
- SPRECHER, D.J.; HOSTETLER, D.E.; KANEENE, J.B. 1997. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology* 47:1179.
- STEVENSON, M.A.; LEAN, I.J. 1998. Descriptive epidemiological study on culling and deaths in eight dairy herds. *Australian Veterinary Journal* 76, 482–488.
- SUAREZ, V.H.; Busetti, M.R.; GAVELLA, J. 2013. Propuesta para calificar bienestar animal en lechería ovina. *Vet Arg. N.º 302/ Junio, 1-19.* (Disponible: <http://www.veterinariargentina.com/> verificado: 15 de enero de 2015).
- SUÁREZ, V.H.; MARTÍNEZ G.M. 2014. Observaciones preliminares para calificar bienestar animal en lechería bovina. *Resúmenes 37.º Congreso Argentino de Prod. Animal (AAPA)*, 20–22 de octubre de 2014, CABA. SA 25, p. 31.
- SUAREZ, V.H.; MICHELOUD, J.F.; MARTÍNEZ, G.M.; BERTONI, E.A.; NEUMANN, R.D. 2015. Presencia de enfermedades y

- problemas sanitarios en los tambos del Valle de Lerma, Salta. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol. 35 Supl. 1: 63-82, p. 75.
- TADICH, N.; HETTICH, E.; VAN SCHAİK, G. 2005. Prevalencia de cojera en vacas de 50 rebaños lecheros del sur de Chile. *Arch. Med. Vet.* 37, 29–36.
- THOMSEN, P.T.; KJELDSSEN, A.M.; SØRENSEN, J.T.; HOUE, H. 2004. Mortality (including euthanasia) among Danish dairy cows (1990-2001). *Preventive veterinary medicine* 62, 19–33.
- THOMSEN, P.T.; HOUE, H. 2006. Dairy cow mortality. A review. *The Veterinary quarterly* 28, 122–9.
- TREVISI, E.; BIONAZ, M.; PICCIOLI-CAPPELLI, F.; BERTONI, G. 2006. The management of intensive dairy farms can be improved for better welfare and milk yield. *Livest. Prod. Sci.*, 103: 231–236.
- VEISSIER, I.; EVANS, A. 2007. Rationale behind the welfare quality assessment of animal welfare. *Assuring Animal Welfare: From Societal Concerns to Implementation, Second Welfare Quality Conference Stakeholder. 2-3 Mayo, 2002, Berlín, Alemania*, pp. 9–12.
- VON KEYSERLINGK, M.A.G.; RUSHEN, J.; DE PASILLE, A.M.; WEARY, D.M. 2009. The welfare of dairy cattle-key concepts and the role of science. *J. Dairy Sci.* 94: 4101–4111.
- WALKER, S.L.; SMITH, R.F.; JONES, D.N.; ROUTLY, J.E.; DOBSON, H. 2008a. Chronic stress, hormone profiles and estrus intensity in dairy cattle. *Hormones and Behavior* 53, 493–501.
- WALKER, S.L.; SMITH, R.F.; ROUTLY, J.E.; JONES, D.N.; MORRIS, M.J.; DOBSON, H. 2008b. Lameness, activity time-budgets and estrus expression in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 91, 4552–4559.
- WARD, W.R.; HUGHES, J.W.; FAULL, W.B.; CRIPPS, P.J.; SUTHERLAND, J.P.; SUTHERST, J.E. 2002. Observational study of temperature, moisture, pH and bacteria in straw bedding, and fecal consistency, cleanliness and mastitis in cows in four dairy herds. *Veterinary Record*, 151:199–206.
- WARNICK, L.D.; JANSSEN, D.; GUARD, C.L.; GROHN, Y.T. 2001. The effect of lameness on milk production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 1988–1997.
- WEBSTER, J. 1994. *Animal Welfare: A cool eye towards eden*. Blackwell Science, Oxford, Reino Unido.
- WEBSTER J. 2005. *Animal Welfare: Limping Towards Eden*. Blackwell Publishing.
- WELFARE QUALITY. 2009. *Welfare Quality assessment protocol for cattle*. Welfare quality consortium, Lelystad, Países Bajos. (Disponible: <http://www.welfarequality.net/> verificado: 10 de diciembre de 2014).
- WHAY, H.R.; WATERMAN, A.E.; WEBSTER, A.J.F. 1997. Association between locomotion, claw lesions and nociceptive threshold in dairy heifers during the peri-partum period. *Veterinary Journal* 154, 155–161.
- WHAY, H.R.; MAIN, D.; GREEN, L.; WEBSTER, A.J.F. 2003. Assessment of the welfare of dairy cattle using animal-based measurements: direct observations and investigation of farm records. *Veterinary Record*, 153: 197–202.
- WHITAKER, D.A.; KELLY, J.M.; SMITH, S. 2000. Disposal and disease rates in 340 British dairy herds. *Veterinary Record*, 146: 363-367.
- WINCKLER, C.; CAPDEVILLE, J.; GEBRESENBET, G.; HØRNING B.; ROIHA U.; TOSI, M.; WAIBLINGER, S. 2003. Selection of parameters for on-farm welfare assessment protocols in cattle and buffalo. *Anim. Welf.* 2003, 12:619–624.
- WINCKLER, C.; BAUMGARTNER, J.; WAIBLINGER, S. 2007. Proceedings of the 3rd International Workshop on the Assessment of Animal Welfare at Farm and Group Level. *Anim. Welf.* 16(2).

Estudios preliminares de la perla de la vid *Margarodes vitis* (hemiptera: margarodidae) en viñedos de La Consulta, Mendoza, Argentina

GONZALEZ, M.F.¹; CASCIANI, J.C.²; PAREJA, M.²; PEINADO, H.H.³; PRIOR, C.⁴

RESUMEN

La perla de la vid, *Margarodes vitis* (Philippi), es un insecto subterráneo que se alimenta de las raíces de *Vitis vinifera*. Los daños se manifiestan como un decaimiento progresivo causando la muerte de la planta. El estudio de la distribución espacial de los insectos brinda información fundamental para implementar programas de Manejo Integrado de Plagas. El objetivo del trabajo fue determinar el ciclo de vida, la relación síntomas en las plantas-número de insectos/kg suelo y la distribución espacial del insecto. Se realizaron muestreos quincenales en La Consulta, Mendoza desde setiembre de 2012 a marzo de 2013. Las muestras se procesaron en laboratorio registrándose el número de quistes/1000 g de suelo. Se observaron hembras y huevos, pero no ninfas de primer estadio, desde fines de noviembre hasta principios de enero. Se usaron varios índices de dispersión. También se estimaron los coeficientes a y b de la Ley Potencial de Taylor y α y β de la Regresión de Iwao. *M. vitis* siempre presentó una distribución agregada. El análisis del coeficiente de correlación de Spearman mostró una relación significativa ($P < 0,0001$) entre el número de quistes y la escala de daños. Esta información permitirá desarrollar planes de muestreo y estrategias de control.

Palabras clave: ciclo de vida, distribución espacial, Ley Potencial de Taylor, coeficiente de Spearman, Regresión de Iwao.

ABSTRACT

The ground pearl, *Margarodes vitis* (Philippi), is a subterranean sucking plant insect that feeds on the roots of *Vitis vinifera*. Damages are shown as a progressive decline, causing the death of the plant. Study of insect spatial patterns provides critical information to implement an Integrated Pest Management program. The aim of this study was to determine the lifecycle, symptoms related plants insect-number / kg soil and spatial pattern of the insect. Twice a month samplings were carried out, between September 2012 to March 2013 in La Consulta, Mendoza. The samples were processed in laboratory and the number of cysts / 1000 g soil was registered. Females and eggs, but not first instar nymphs were observed from late November to early January. Several dispersion indexes were applied. The a and b coefficients of Taylor's Power Law and α and β of the Iwao's

¹INTA, CICVyA, IMyZA. Nicolás Repetto y De Los Reseros s/n. (1686).Hurlingham. Buenos Aires.
Correo electrónico: gonzalez.marcela@inta.gov.ar

²INTA, EEA Mendoza. San Martín 3853. Drummond. (5507). Luján de Cuyo. Mendoza.
Correo electrónico: casciani.juan@inta.gov.ar ; pareja.mariano@inta.gov.ar

³CDV INTA EEA La Consulta. Ex Ruta 40 Km 96 (5567), La Consulta, San Carlos, Mendoza.
Correo electrónico: peinadomanzur.h@inta.gov.ar

⁴IES N.º 9-015 VALLE DE UCO. San Martín y Ciro Guíñazú, La Consulta, San Carlos, Mendoza.
Correo electrónico: claudioprior2011@hotmail.com

Regression coefficients were also estimated. Always, *M. vitis* showed an aggregate pattern. An analysis of Spearman's correlation coefficient showed that significant differences ($P < 0.0001$) occurred between number of cysts and damage scale. This information is useful to develop sampling plans and control strategies.

Keywords: population dynamics, spatial pattern; Taylor's Power Law, Spearman's coefficient; Iwao's Regression.

INTRODUCCIÓN

La perla de la vid, *Margarodes vitis* (Philippi, 1884) (Hemiptera: Margarodidae), es un insecto subterráneo que se alimenta de las raíces de *Vitis vinifera*. Tiene una distribución neotropical, registrándose en Uruguay, Venezuela, Ecuador, Paraguay y Brasil (Rio Grande do Sul) (Marín León, 1968; Artigas, 1996). En Argentina se detecta por primera vez a fines del siglo XIX, en la provincia de Entre Ríos (Mayet, 1897). Posteriormente fue mencionada para Mendoza (Santa Rosa, San Rafael), Río Negro, Buenos Aires (Bahía Blanca), Córdoba (Colonia Caroya), Misiones, Corrientes, Catamarca, San Juan y La Rioja (Marín León, 1968; Artigas, 1996). Es una especie polífaga y su principal hospedero es la vid, pero además se la encuentra en plantas silvestres o malezas pertenecientes a varias familias. Ruiz Leal (1954) cita como malezas hospederas, a *Baccharis sp* "chilcas", *Convolvulus arvensis* "correhuela" y a *Psila spartioides* "pichana" en Mendoza. La reproducción de este margaródido es partenogenética con el primer estadio móvil que busca hospederos potenciales sobre los cuales se fija para alimentarse. El periodo de huevo a adulto dura 3 años (Gonzalez, 1983). Al penetrar una raíz con su estilete, la ninfa comienza a envolverse en un quiste amarillento alcanzando al cabo de un año el segundo estadio y el tercero al año siguiente. Este último tiene forma esférica y color pardo rojizo, pudiendo permanecer y sobrevivir varios años en esta etapa (Foldi, 2005). Todos los estados son subterráneos, encontrándose usualmente entre los 20 y 60 cm de profundidad, pudiendo llegar hasta los 120 cm. El accionar de las ninfas y hembras producen un decaimiento progresivo que termina con la muerte de las plantas. Los síntomas en vides infestadas son similares en gran medida a los de la filoxera *Viteus vitifoliae* (Fitch) con una disminución gradual del vigor que se agrava con el tiempo, los brotes se hacen cada vez más cortos y delgados, con hojas más pequeñas. La planta se torna improductiva, un brazo o más mueren y finalmente la planta completa perece (Botton *et al.*, 2010). Las raíces se presentan débiles, en escasa cantidad, ennegrecidas, con la capa cortical desprendida y con los quistes adheridos, sin nudosidades ni agallas. El daño en el viñedo generalmente comienza en parches que se agrandan gradualmente, probablemente debido a la lenta migración de las ninfas y las hembras adultas en el suelo (Marín León, 1968, De Klerk, 1980). El insecto se dispersa mediante el agua de riego, los instrumentos de labranza y el transporte de plantas infestadas a viñedos libres de *M. vitis*. La perla de la vid prefiere hábitats con suelo arenoso y con menor frecuencia de riego (Quintanilla, 1946).

La dispersión de una población o distribución del insecto en el espacio es de considerable importancia ecológica (Southwood, 1978). Su conocimiento permite mayor eficiencia en el diseño de programas de muestreo, la selección de métodos de análisis de datos, la estimación de tamaños poblacionales y el estudio de las relaciones predador-presa, huésped-parásito. Esta información es de fundamental importancia al momento de implementar programas de manejo de plagas que afectan a los cultivos (Tannure *et al.*, 2002-2005 y Crespo-Herrera *et al.*, 2012). Dado que la estabilidad en las poblaciones de insectos solo se presenta en forma teórica, los muestreos de campo ocasionalmente producen distribuciones consistentes porque son afectados erráticamente por factores como depredación, parasitismo, pérdida de hospedero, mortalidad física por lluvias, deshidratación por vientos, insolación, etc. En la práctica lo que puede medirse en un programa de muestreo es la media y la varianza de las variables en estudio de la población, las cuales se pueden combinar de varias formas para producir coeficientes o índices de agregación, como apoyo conceptual para el manejo de datos. A tal fin, se puede definir que una población se distribuirá al azar cuando cualquier lugar del espacio tiene la misma probabilidad de ser ocupado por un individuo de la población, sin que esta ocupación afecte la ubicación de otros individuos pertenecientes a la misma población. La distribución espacial será agregada en aquellos casos en los cuales la presencia de un individuo genera una mayor probabilidad de encontrar en las cercanías otros de la misma población. Cuando los individuos son encontrados siguiendo un patrón regular, de manera tal que localizar un ejemplar disminuye la probabilidad de encontrar otro en las cercanías la distribución es uniforme (Badii *et al.*, 2011, Vivas y Noltz, 2011). En Mendoza, la última cita sobre estudios de *M. vitis* data de 1954 (Ruiz Leal). En 2012, debido a los daños detectados por el Centro de Desarrollo Vitícola en viñedos de San Carlos se iniciaron investigaciones. El objetivo del presente trabajo es obtener información acerca del ciclo de vida, la relación síntomas en las plantas-número de insectos/kg suelo y la distribución espacial de la perla de la vid.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en dos fincas con viñedos de cultivar Malbec conducidos en espaldero, ubicadas en la localidad de La Consulta, San Carlos, Mendoza desde setiembre de 2012 a marzo de 2013. La finca I (33° 43' 36.12" S 69° 07' 49.49" O, elevación: 1026 m s. n. m.) tenía 8 ha con

plantas de 14 años, espaciadas a 2,5 m x 1,4 m, sobre un suelo franco-arenoso. La finca II (33° 43' 10.94" S 69° 03' 63" O, elevación: 953 m s. n. m.) tenía un área de estudio de 1 ha con vides de 10 años y una distancia de plantación de 2,2 m x 1,2 m sobre un suelo franco. En ambas fincas el riego era superficial por surcos con turno de riego cada 10 días.

1. Ciclo de vida a campo

Se efectuaron muestreos quincenales en ambas fincas. Para ello se tomaron 10 plantas que presentaban los síntomas de ataque de *M. vitis* por finca. Con una pala se descartaron los primeros 10 cm de tierra y se tomó aproximadamente 1 kg de suelo por planta cercano a la raíz, entre los 30 y 70 cm de profundidad. Se colocaron en bolsas de polietileno con una capacidad de 2 kg. En laboratorio se pesaron las muestras en una balanza portátil Scout Pro de Ohaus. Se procedió a pasar el suelo por un tamiz de 0,65 mm para luego disgregar, con la ayuda de un chorro de agua, los restos de tierra y quistes que quedaban sobre dicho tamiz. Se contaron número de hembras y quistes. Se calculó el número de quistes/1000 g de suelo para ser usado como variable de estudio.

2. Relación síntomas en las plantas-número de insectos/kg suelo

Para determinar la correlación entre los síntomas visuales del accionar de la plaga y el número de quistes/1000 g de suelo se monitoreó en la finca I una parcela de 1 ha. Para ello se tomaron muestras cada 10 metros por hilera y se anotó según escala, el daño que presentaba la planta (tabla 1, figura 1). Se registraron en total 30 hileras y se procesaron de igual forma que las anteriores en laboratorio. La correlación se analizó mediante el coeficiente de regresión no lineal de Spearman, el cual es un estimador no paramétrico, con el grado de daño como variable ordinal.

| Grado de daño | Sintomatología |
|---------------|---|
| 0 | Planta normal, buen desarrollo vegetativo |
| 1 | Planta de mediano desarrollo vegetativo, no alcanza el último alambre, entrenudos cortos, floración deficiente, escasa fructificación. |
| 2 | Planta con escaso desarrollo vegetativo, no alcanza el primer alambre, entrenudos cortos, sin fructificación, hojas pequeñas, sin borde foliar, sarmientos de menor diámetro. |
| 3 | Planta muerta, falla |

Tabla 1. Escala visual para estimar el daño ocasionado en plantas por la perla de la vid (*Margarodes vitis*)

Para obtener un plano general de incidencia del daño ocasionado por la perla de la vid, se monitoreó la misma parcela planta por planta, tomando como referencia la escala de síntomas anteriormente mencionada.

3. Distribución espacial

El índice de dispersión (ID) se utilizó como primera aproximación para evaluar el grado de agregación de la población. Con la media y varianza del número de quistes/1000 g de suelo se calcularon diferentes índices (tabla 2).

El índice de Green (C_x), debido a su poca dependencia de la densidad media y del tamaño de la muestra, es un buen indicador del patrón espacial con valores positivos indicando distribuciones contagiosas (Cabrera *et al.*, 2003). Otro parámetro influenciado por el tamaño de la muestra y la unidad de muestreo es el "k" de la distribución binomial negativa, pero es sensible al tipo de hábitat y al estado de desarrollo de la población. Sus valores son inversos al



Figura 1. Fotos del nivel de daño y sintomatología (para cada foto de izquierda a derecha el grado de daño es: 0, 1, 2 y 3 respectivamente).

| Índice | Fórmula | Referencia |
|--|---|---------------------------|
| Dispersión | $I_d = S^2/\bar{X}$ | Andreawartha y Birch 1954 |
| Morisita | $I_\delta = \frac{\sum n_i (n_i - 1)}{n (n - 1)} N$ | Morisita, 1959 |
| Green | $C_x = \frac{(S^2/\bar{X}) - 1}{\sum x - 1}$ | Green, 1966 |
| Media de agregación de Lloyd "mean crowding" | $m^x = \bar{X} + (\frac{S^2}{\bar{X}} - 1)$ | Lloyd, 1967 |
| Lloyd o "patchiness" | $L = m^*/\bar{X}$ | Lloyd, 1967 |
| Binomial negativa "k" | $k = \bar{X}^2/S^2 - 1$ | Southwood, 1978 |
| Lexis | $Lex = \sqrt{S^2/\bar{x}}$ | Fisher, 1930 |
| Charlier | $Ch = 100 * \sqrt{(S^2 - \bar{x})/\bar{x}}$ | Fisher, 1930 |
| Ley de Potencia de Taylor "b" | $S^2 = a\bar{x}^b$ | Taylor, 1961 |
| Regresión de Iwao "β" | $m^* = \alpha + \beta\bar{X}$ | Iwao, 1968 |

Tabla 2. Índices de dispersión utilizados para el estudio de la distribución espacial de *M. vitis*.

índice de Morisita, que es más eficaz al no depender del tamaño y de la densidad media (Elliot, 1977). Lloyd ideó un índice de agregación m^* (mean crowding) muy apropiado para formas móviles, pero muy influenciado por la densidad media. Esto se solucionó dividiendo el índice por la media, obteniendo el índice de Lloyd (L), que tiene resultados idénticos a los de Morisita (De los Santos *et al.*, 1982).

Los valores numéricos de I_δ de Morisita (1959), b de Taylor (1961) y β de Iwao (1968) mayor, menor o igual a la unidad, indican dispersión espacial de tipo agregada, uniforme, o Poisson, respectivamente (Badii *et al.*, 2004). Los datos fueron transformados mediante el $\ln(x+1)$ debido a que algunos valores eran igual a cero ($X=0$) para cumplir con los requisitos de ANOVA de normalidad, homogeneidad de varianza e independencia.

Se utilizó, como prueba de significación para el ID, el valor del estadígrafo.

$$d = \sqrt{2 ID (N-1)} - \sqrt{2 (N-1) - 1}$$

Si $|d| < 1,96$, se tiene un patrón aleatorio; si $|d| < -1,96$, se tiene un patrón regular; y si $|d| > 1,96$, el patrón es agregado (Badii *et al.*, 2004). La significación estadística de la desviación del índice de Morisita con respecto a la unidad se probó mediante una prueba de F, en la cual:

$$F_c = \frac{I_\delta (n-1) + N-n}{N-1}$$

El valor de F_c fue comparado con el Cuadro de F con $N-1$ grados de libertad para el numerador e infinito para el denominador (Vivas y Notz, 2011).

La distribución binomial negativa es un modelo matemático que permite describir patrones agregados. Si los datos son ajustados a esta distribución, su parámetro k constituye una medida de dispersión; valores de k pequeños indican agregación y valores grandes ($k > 8$), una distribución de Poisson o aleatoria (Cabrera *et al.*, 2003). Para obtener el parámetro k de la binomial negativa se calcularon las distribuciones de frecuencias y se compararon mediante la prueba con las frecuencias teóricas de este modelo probabilístico por medio de la prueba de chi cuadrado.

Los parámetros de las regresiones de Taylor y de Iwao y la correlación de Spearman se estimaron mediante el paquete estadístico INFOTAT (Di Rienzo *et al.*, 2008). La significación estadística de b y β para determinar si ambos coeficientes eran diferentes de uno, se realizó calculando los intervalos de confianza del 95%. La bondad de ajuste de cada regresión se evaluó por medio del coeficiente de determinación R^2 . Se utilizó el programa Excel 2010 (Microsoft Office 2010) para el desarrollo de las fórmulas implícitas en el cálculo de los diversos índices.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Ciclo de vida a campo

Desde septiembre a marzo se observaron quistes. Se encontraron hembras en el periodo comprendido entre el 20 de noviembre y el 19 de diciembre en la finca I, en un bajo porcentaje respecto al número de quistes. En la finca II se extendió por más tiempo, desde el 27 de noviembre al 3 de enero. Ruiz Leal (1954) observó en Mendoza que las hembras aparecen entre el 14 y 23 de noviembre. Marín León (1969) determinó en Chile que dichas hembras emergen a fines de octubre, observándose a campo hasta fines de diciembre, coincidiendo la finalización con lo registrado en este estudio. En esta investigación el periodo de postura comenzó a fines de noviembre y se extendió hasta principios de enero en ambas fincas. El número de posturas osciló entre 25 y 130 huevos por hembra, muy bajo respecto de otros registros. La etapa de ovoposición difiere con Lataste (1941) quien determinó que en Mendoza era desde el 19 de diciembre hasta el 25 de enero. Tampoco concuerdan con Ruiz Leal que registró un periodo de postura entre el 13 de diciembre y el 3 de febrero. No se observaron ninfas de I estadio, lo que sugiere una mejora en la técnica de extracción para determinar

| Índice de Dispersión (ID) | Índice de Morisita (I \bar{d}) | Índice de Green (Cx) | Media de agregación de Lloyd (m*) | Índice de Lloyd (L) | Binomial negativa (K) | Índice de Lexis (Lex) | Índice de Charlier (ch) |
|---------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| 26,1 | 6,5 | 25,1 | 29,6 | 6,5 | 0,19 | 5,1 | 235,5 |

Tabla 3. Valores de los índices de dispersión de *Margarodes vitis*. Septiembre de 2012 a marzo de 2013. La Consulta, San Carlos, Mendoza.

el momento oportuno de control, ya que no hay coincidencias con estudios de ciclo anteriormente realizados por otros investigadores.

2. Relación síntomas en las plantas-número de insectos/kg suelo

El análisis del coeficiente de correlación de Spearman mostró una relación significativa ($r_s=0,78$; $P<0,0001$, $n=270$) entre el número de quistes/1000 g de suelo y la escala de síntomas de daño. La validación de esta correlación permitiría hacer diagnósticos rápidos y disminuir el número de muestreo. También ayudaría en forma expeditiva a tomar la decisión de realizar los tratamientos de control.

3. Distribución espacial

Todos los índices muestran una disposición espacial de la población de forma agregada. En la tabla 3 se observa que la población presenta un valor elevado para ese índice ($ID=26,1$; $d=95,3$) mostrando un patrón contagioso. Algunos autores (Badii *et al.*, 2004; De los Santos *et al.*, 1982) plantean que este índice y el de Lexis presentan un grave inconveniente ya que dependen directamente del número de individuos. El coeficiente de Charlier es independiente del número total de individuos capturados y del valor medio de su abundancia, pero no del tamaño de la muestra. En este estudio se han mantenido prácticamente las mismas unidades de muestreo por lo que este coeficiente es un buen indicador del nivel de agregación de la perla de la vid.

Tanto el parámetro “b” de Taylor como el “ β ” de Iwao indican que la población de *M. vitis* presenta una dispersión agregada (tabla 4). En el índice de Iwao “ α ” se define como índice básico de contagio y representa, por cada individuo en la muestra, cuántos se espera que convivan con él, en este caso $\alpha>0$, por lo que los organismos tienden a agruparse o formar colonias.

La distribución de frecuencias obtenidas para los quistes de *M. vitis*/1000 g de suelo se ajustó a la binomial negativa $K=0,19$; $x=4,52$; $p=0,0624$, indicando también un patrón agregado.

El diagrama de frecuencias relativas (figura 2) muestra que el 86% de las muestras tiene como media 3,89 quistes de *Margarodes vitis* cada 1000 g de suelo muestreado, que el 6% posee casi 12 quistes y que el 2% de las plantas tienen una media de 58 quistes de perla de la vid/1000 g de suelo.

Para facilitar la interpretación de los valores de los índices calculados se presenta la figura 3 de distribución o incidencia de la plaga.

Se pueden observar espacios completos con plantas muertas en la parte media de algunas hileras, como así también en la zona de entrada del agua de riego. Se observó un aparente contagio en forma transversal a las hileras, que posiblemente se deba al accionar de los elementos de labranza y a diferencias en la textura de suelo.

CONCLUSIONES

En las condiciones de La Consulta, Mendoza, el patrón de disposición espacial de *Margarodes vitis* en el cultivo de la vid es contagioso. Es necesario continuar los estudios acerca de su biología, mejorando el método de extracción de quistes y visualización de las ninfas de 1 estadio. Este ensayo preliminar servirá de base para establecer pautas de manejo integrado para el control de la plaga como es el mejoramiento de la textura del suelo a través de coberturas vegetales, abono orgánico, etc. La aplicación de productos fitosanitarios se realizaría solo en los focos de agregación de la plaga y en los momentos oportunos de salida de hembras (inicios de noviembre) y de ninfas de 1 estadio evitando, de esta manera, posibles problemas de residuos a cosecha y minimizando el impacto de la aplicación en el ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. MSc. Francisco R. La Rossa por sus comentarios y correcciones. A Norma Pieralisi (INTA EEA Men-

| Índice | Parámetros | Patrón |
|--------|----------------------------|----------|
| Taylor | b | 1,955 |
| | a | 0,48 |
| | R2 | 0,85 |
| | Probabilidad (b=1) | P<0,0001 |
| Iwao | β | 1,35 |
| | α | 0,34 |
| | R2 | 0,66 |
| | Probabilidad ($\beta=1$) | P<0,0001 |

Tabla 4. Valores de los índices de la Ley del Poder de Taylor y de la Regresión de Iwao para *Margarodes vitis*. Septiembre de 2012 a marzo de 2013. La Consulta, San Carlos, Mendoza.

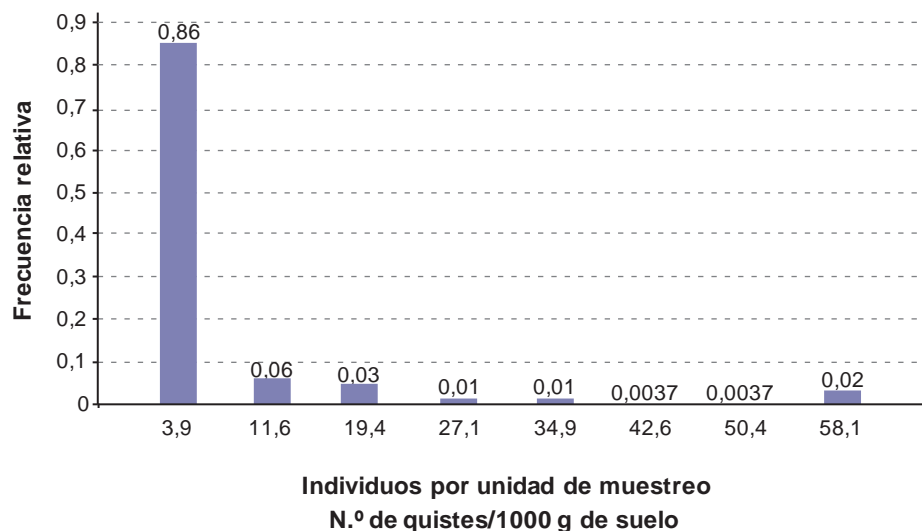


Figura 2. Diagrama de frecuencias relativas del número de quistes de *Margarodes vitis* por kilogramo de suelo. Septiembre de 2012 a marzo de 2013. La Consulta, San Carlos, Mendoza.

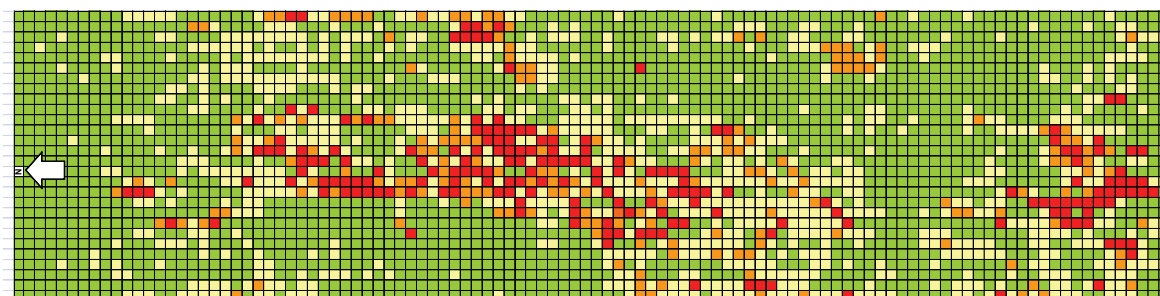


Figura 3. Representación visual del daño de la perla de la vid en una parcela de *Vitis vinifera* cv Malbec (ver tabla 1) en la Consulta, San Carlos, Mendoza.

doza) y a la Lic. Lorena La Fuente (INTA, IMyZA) por sus aportes en la búsqueda bibliográfica.

BIBLIOGRAFÍA

- ARTIGAS, J. 1996. Entomología Económica. Ed. Universidad de Concepción. Chile. 763-766.
- BADII, M.H.; LÓPEZ PÉREZ, F.; QUIRÓZ, H.; PAZHAKH, A.R. 2004. Muestreo como un requisito fundamental en las ciencias experimentales. (Sampling as a basic requirement in experimental sciences). *Innovaciones de Negocios* 1: 33-53.
- BADII, M.H.; GUILLEN, A.; CERNA, E.; LANDEROS, J. 2011. Dispersión espacial: El requisito esencial para el muestreo. *Daena International J. Of Good Conscience*. 6(1): 40-71.
- BOTTON, M.; TEIXEIRA, I.; BAVARESCO, A.; PASTORI, P.L. 2010. Use of soil insecticide to control the Brazilian ground Pearl (Hemiptera: Margarodidae) in vineyards. *Revista Colombiana de Entomología* 36: 20-24.
- CABRERA, A.; SURÍS, M.; GUERRA, W. 2003. Aplicación de diferentes índices de agregación en el análisis del patrón espacial de *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) en papa. *Rev. Protección Veg.* Vol. 18 N.º 3: 200-210.
- DE LOS SANTOS, A.; MONTES, C.; RAMIREZ DÍAZ, L. 1982. Modelos espaciales de algunas poblaciones de coleópteros terrestres en dos sistemas del bajo Guadalquivir. *Mediterránea Ser. Biol.* N.º 6: 65-92.
- DE KLERK, C.A. 1980. Biology of *Margarodes vredendalensis* De Klerk (Coccoidea: Margarodidae) in South Africa. *S. Afr. J. Vitic.* Vol 1. N.º 1. 47-58.
- 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.
- ELLIOT, J.M. 1977. Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates (2nd ed.). *Fresh. Biol. Assoc. Sci., Pub.* N.º 25, p. 156.
- FOLDI, I. 2005. Ground Pearls: a generic revision of the Margarodidae *sensu stricto* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 41 (1): 81-125.
- GONZALEZ, R. 1983. Margarodes de la vid. En: Manejo de plagas de la vid. *Ciencias Agrícolas* N.º 10. Universidad de Chile, pp. 27-35.

- GREEN, R.H. 1966. Measurement of non-randomness in spatial distributions. *Res. Popul. Ecol.*, 8: 1-7.
- IWAO, S. 1968. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations. *Res. Pol. Ecol.*, 10: 1-20.
- LLOYD, M. 1967. Mean crowding. *J. Anim. Ecol.*, 36: 1-30.
- MARÍN LEÓN, M.A. 1968. Investigaciones biológicas sobre el *Margarodes* de la vid *Margarodes vitis* (Phil.) (Homoptera: Coccoidea). Tesis presentada para obtener el grado de Licenciado en Agronomía (Departamento de Fruticultura y Enología). Facultad de Agronomía. Universidad de Chile, p. 171.
- MAYET, V. 1897. La cochinilla en las viñas de Chile (*Margarodes vitis* Giard). *Anales de la Sociedad Científica Argentina*. Entrega IV. Tomo XLIV. 241-259. (<http://archive.org/stream/analesdelasocie13argegoog#page/n262/mode/2up> verificado: 05 de agosto de 2013).
- MINISTERIO DE ECONOMÍA, OBRAS PÚBLICAS Y RIEGO. 1941. *Margarodes vitium*, Giard. *Boletín Agrícola*. Tomo IX: 514-528. Mendoza.
- MORISITA, M. 1959. Measuring the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E. Biol.*, 2: 215-235.
- QUINTANILLA, R. 1946. *Zoología Agrícola*. Editorial Librería Ateneo. Argentina, pp. 300-303.
- RUIZ LEAL, A. 1954. Materiales para la biología de *Margarodes vitium* Giard (Homop. Sternorrhincha) parásito radicular de la vid en Mendoza. *Boletín N.º 8*. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. 53-85.
- SOUTHWOOD, T.R.E. 1978. *Ecological methods, with particular reference to the study insect populations* (2nd ed.). Chapman and Hall, p. 524.
- TANNURE, C.; MAZZA, S.; GIMÉNEZ, L. Modelos para caracterizar los patrones de distribución espacial de *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae), en el cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum*). (Disponible: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2002/05-Agrarias/A-034.pdf> verificado: 12 de noviembre de 2013).
- TAYLOR, L.R. 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature* 189: 732-735.
- VIVAS, L.E.; NOTZ, A. 2011. Distribución espacial en poblaciones de *Oebalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) en el cultivo de arroz en Calabozo, Estado Guárico, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola* 11 (1): 109-125.

Cuantificación espectrofotométrica de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en distintos berries nativos del Cono Sur de América

LILLO, A.¹; CARVAJAL-CAICONTE, F.¹; NUÑEZ, D.^{1,2}; BALBOA, N.¹; ALVEAR ZAMORA, M.¹

RESUMEN

El objetivo de este trabajo consistió en determinar distintos tipos de fenoles en algunos berries nativos del Cono Sur y el arándano por métodos espectrofotométricos y su relación con la actividad antioxidante. Para esto se realizaron los análisis de fenoles totales, flavonas y flavonoles totales, proantocianidinas totales, antocianinas totales, ácidos fenólicos totales, taninos totales y la actividad antioxidante por los métodos de DPPH⁺ y ABTS^{•+}, en extractos de *Ugni molinae*, *Aristotelia chilensis*, *Berberis darwinii*, *Luma apiculata* y *Vaccinium corymbosum*. El berry que obtuvo la mayor concentración de fenoles totales, antocianinas totales y proantocianidinas totales fue *A. chilensis*, además, fue el de mayor poder antioxidante. Mientras que *V. corymbosum* fue el de menor concentración de fenoles totales, flavonas y flavonoles totales, y taninos totales, con una actividad antioxidante muy por debajo a los berries nativos del Cono Sur. Los berries analizados presentan variaciones en el contenido de los distintos fenoles estudiados.

Palabras clave: flavonoides, actividad antioxidante, taninos.

ABSTRACT

The objective of this work was to identify different types of phenols in ethanol extracts of some berries native to the Southern Cone of South America and blueberry by spectrophotometric methods and their relationship to antioxidant activity. For this analysis of Total Phenols, Total Flavones and Flavonols, Total Proanthocyanidins, Total Anthocyanins, Total Phenolic Acids, Total Tannins and antioxidant activity by the method of DPPH⁺ and ABTS^{•+}, in extracts of *Ugni molinae*, *Aristotelia chilensis*, *Berberis darwinii*, *Luma apiculata* and *Vaccinium corymbosum*. The berry that had the highest concentration of Total Phenols, Total Anthocyanins and Total Proanthocyanidins was *A. chilensis*, being also, the highest antioxidant power. While *V. corymbosum* was the lowest concentration of Total Phenols, Total Flavones and Flavonols, and Total Tannins, with antioxidant activity well below berries native to the Southern Cone. The berries have analyzed variations in the content of different phenols studied.

Keywords: flavonoids, antioxidant activity, tannins.

¹Laboratorio de Bioquímica de Suelo, Universidad de La Frontera, Av. Francisco Salazar 01145. Casilla 54-D. Temuco-Chile.

²Laboratorio de Investigación en Biotecnología Animal, Universidad de La Frontera, Temuco- Chile.

Correo electrónico: marysol.alvear@ufrontera.cl

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de antioxidantes naturales obtenidos de frutos nativos, dentro de los cuales se encuentran los berries, es de interés a nivel mundial (Fredes, 2009). Diversos investigadores han atribuido que las propiedades de los fenoles contribuyen a prevenir enfermedades crónicas de alta incidencia, como el cáncer y enfermedades cardiovasculares. Por lo que existe gran interés por parte de la industria alimentaria en incorporarlos como nutraceuticos (Nevue *et al.*, 2010; Rothwell *et al.*, 2013) para la prevención de estas enfermedades. Chile y Argentina poseen una alta variedad de berries de origen nativo y algunos de ellos endémicos, centrándose en especies de las familias Myrtaceae, Berberidaceae y Elaeocarpaceae, distribuyéndose en el sur de estos países andinos. Además, en las últimas décadas el cultivo de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) ha aumentado considerablemente, contando con más de 12.000 hectáreas plantadas (Latorre *et al.*, 2013) en Chile y 3.500 hectáreas en Argentina (Kirschbaum, 2011). Los berries contienen alta concentración de compuestos bioactivos como polifenoles, incluyendo antocianinas, ácidos fenólicos, taninos, carotenoides, vitamina A, C, E, ácido fólico y minerales como el calcio, selenio y zinc (Bunea *et al.*, 2011). Los fenoles son metabolitos secundarios ampliamente distribuidos en los vegetales, estos compuestos cumplen diversas funciones en las plantas, tales como la asimilación de nutrientes, la síntesis proteica, la actividad enzimática, la fotosíntesis, la alelopatía y la protección ante patógenos y radiación UV (Stalikas, 2007; Khoddami *et al.*, 2013).

La estructura química de los compuestos fenólicos consiste en al menos un anillo aromático con un grupo variable de grupos hidroxilos, que determinan su capacidad antioxidante (Balasundram *et al.*, 2006; Khoddami *et al.*, 2013), ya que estos grupos ceden electrones o átomos de hidrógeno neutralizando los radicales. El grupo más importante de compuestos fenólicos en los berries son los flavonoides, que consisten principalmente en antocianidinas, flavonoles, proantocianidinas (taninos condensados), flavonas y sus glicósidos. Todos ellos comparten el mismo esqueleto básico, el núcleo flavan, que consta de dos anillos aromáticos (anillo A y B) con seis átomos de carbono interconectados por un heterociclo incluyendo tres átomos de carbono (anillo C) (Stalikas, 2007; Wang, 2007). En una especie vegetal única, docenas de diferentes flavonoides pueden estar presente y algunos de estos se conjugan con diversos azúcares (Wang, 2007). Los distintos tipos de flavonoides se diferencian por la variación en el número y la disposición de los grupos hidroxilo, así como de la naturaleza y grado de alquilación y glicosilación de estos grupos (Rice-Evans *et al.*, 1996). También existen en los berries una gran cantidad de fenoles distintos a los flavonoides, como los taninos hidrolizables, ácidos fenólicos (hidroxibenzoicos e hidroxicinámicos), ligninas, entre otros (Kähkönen *et al.*, 1999; Ramírez *et al.*, 2015; Ruiz *et al.*, 2015).

Debido a la alta variabilidad de compuestos fenólicos de los berries, es necesaria la evaluación previa del contenido de los distintos metabolitos secundarios, y una de las meto-

dologías más utilizadas es el análisis espectrofotométrico, el cual es rápido, preciso, fácil de usar y de bajo costo, lo que permite disponer de valores cuantitativos en poco tiempo. Con lo anteriormente mencionado, el objetivo de nuestro estudio es caracterizar distintos tipos de compuestos fenólicos de algunos berries nativos del Cono Sur y de arándano por métodos espectrofotométricos y su actividad antioxidante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras vegetales

Las muestras de frutos de maqui (*Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz.; Elaeocarpaceae), murta (*Ugni Molinae* Turcz.; Myrtaceae), arrayán (*Luma Apiculata* (DC.) Burret.; Myrtaceae), michay (*Berberis darwinii* Hook.; Berberidaceae) y arándano (*Vaccinium corymbosum* L.; Ericaceae) fueron recolectados entre febrero y abril del año 2014 en la provincia de Cautín, Novena Región de La Araucanía, Chile. Posteriormente fueron lavadas con agua destilada y secadas a 30 ± 2 °C por 72 horas, y se trituraron para su posterior maceración.

Preparación de extractos etanólicos

Se utilizó como solvente etanol al 99.9% (grado analítico, Merck). Los extractos se formularon con una relación de 10 g de materia seca en 100 mL de solvente, se maceró durante 7 días con agitación constante y ausencia de luz. Luego se filtró en papel Whatman N.º 2 y posteriormente el solvente fue eliminado por rotaevaporación utilizando un equipo BÜCHI R-210, hasta sequedad a 40 °C, luego se dejó en desecador con sulfato de cobre para extraer la humedad de las muestras. La formulación de los extractos fue con disoluciones al 5% p/v en etanol al 70% v/v. Finalmente se filtró en papel Whatman N.º 40 y se guardó en frascos ámbar a 4 °C hasta su posterior evaluación. Se obtuvieron 5 extractos por cada especie recolectada.

Contenido de fenoles totales

El análisis de fenoles totales se realizó por espectrofotometría, basándose en una reacción colorimétrica de óxido-reducción según Curifuta *et al.* (2012) con algunas modificaciones. A 50 µL de extracto se le agregaron 2 mL de agua destilada, 250 µL de reactivo Folin-Ciocalteu (grado analítico, Merck), 1 mL de Na₂CO₃ al 10% p/v y se enrasó a 5 mL con agua destilada. Se midió a una longitud de onda de 765 nm después de 1 hora a temperatura ambiente y en ausencia de la luz. Se realizó una curva de calibración con ácido gálico (grado analítico, Sigma-Aldrich) entre 0 a 1000 mg/L. El contenido de polifenoles totales se expresó en mg EAG g⁻¹ de MS (mg equivalentes de ácido gálico por gramo de materia seca).

Contenido de flavonas y flavonoles totales

Se determinó mediante un análisis espectrofotométrico basado en la formación de un complejo coloreado entre los

iones de Al (III) y los grupos carbonilo e hidroxilo del flavonoide según lo descrito por Cimpoi *et al.* (2011) con algunas modificaciones. A 50 μL de extracto se agregó 100 μL de AlCl_3 al 5% p/v en etanol, 100 μL de acetato de sodio 1 M y se enrasó a 5 mL con metanol (grado analítico, Merck). Se midió a una longitud de onda de 425 nm después de 30 minutos en ausencia de luz. Se realizó una curva de calibración con quercetina (grado analítico, Sigma-Aldrich) entre 0 a 1000 mg/L. El contenido de flavonas y flavonoles se expresó en mg EQ g^{-1} de MS (mg equivalentes de quercetina por gramo de materia seca).

Contenido de ácidos fenólicos totales

Se determinó según metodología de Matkowski *et al.* (2008) con algunas modificaciones. El método se basó en la reacción de los ácidos hidroxicinámicos en medio ácido con el reactivo de Arnou, que presenta una coloración amarilla que cambia a naranja en medio alcalino. A 50 μL de muestra, se agregó 1 mL de HCl 0,5 M, 1 mL de reactivo de Arnou (10 g de NaNO_2 y 10 g de Na_2Mo_4 en 100 mL de agua destilada), 1 mL de NaOH 1M y se enrasó a 5 mL con agua destilada. Se midió a una longitud de onda de 520 nm después de 30 minutos en ausencia de luz. Se realizó una curva de calibración con ácido cafeico (grado analítico, Sigma-Aldrich) de 0 a 1000 mg/L. El contenido de ácidos fenólicos se expresó en mg EAC g^{-1} de MS (mg equivalentes de ácido cafeico por gramo de materia seca).

Contenido de proantocianidinas totales

El análisis estima el grado de polimerización de una proantocianidina en medio ácido. Se determinó por el método descrito por Price *et al.* (1978) con algunas modificaciones. Se tomaron 20 μL del extracto, se agregaron 180 μL de metanol y se agitó, luego se agregó 1,2 mL de vainillina (grado analítico, Merck) al 4% p/v en metanol, (grado analítico, Merck). Finalmente se agregaron 600 μL de HCl concentrado y protegido de la luz por 30 minutos, se midió a una longitud de onda de 500 nm. Se realizó una curva de calibración con (+)-catequina de 0 a 2000 mg/L. El contenido se expresó en mg ECT g^{-1} de MS (mg equivalentes de catequina por gramo de materia seca).

Contenido antocianinas totales

Se determinó por medio de diferencias de pH (Martínez-Cruz *et al.*, 2011) con algunas modificaciones. Este es un método espectrofotométrico que se basa en la transformación estructural de las antocianinas que ocurre por el cambio de pH (pH 1 coloreadas y pH 4,5 incoloras). Se preparó una solución pH 1 de KCl 0,1 M y una solución tampón pH 4,5 de acetato de sodio-ácido acético 0,1 M. Se prepararon cuatro muestras de 100 μL de extracto y se adicionó a dos de ellas 900 μL de buffer pH 1 y a las dos restantes se adicionó 900 μL de buffer pH 4,5. Se midió la absorbancia a dos longitudes de onda a 520 nm y 700 nm. La concentración se calculó utilizando la siguiente fórmula:

Ecuación 1

$$\text{antocianinas totales} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{A \times \text{PM} \times 1000}{\epsilon \times l} \times \text{FD}$$

Donde A = (Abs 520 nm – Abs 700 nm) pH 1 – (Abs 520 nm – Abs 700 nm) pH 4,5; PM = Peso molecular de cianidina-3-glucósido: 449,2 g/mol; FD = factor de dilución; l = longitud de paso de celda en cm; ϵ = 26900 L cm^{-1} mg^{-1} , coeficiente de extinción molar para cianidina-3-glucósido; 1000 = factor de conversión de g a mg.

La concentración de antocianinas en el extracto se expresa en mg EC3G g^{-1} de MS (mg equivalentes de cianidina-3-glucósido por gramo de materia seca).

Taninos totales (hidrolizables y condensados)

Se determinó por medio de la precipitación de taninos con fracción V de seroalbúmina de bovino SAB (Calbio-Chem) según el método descrito por Ricco *et al.* (2011). La cuantificación consistió en la diferencia entre los polifenoles totales de la muestra y los polifenoles totales del sobrenadante luego de ser precipitado. A 1 mL de extracto se le añadió 1 mL de solución de seroalbúmina de bovino (tampón acetato de sodio-ácido acético 0,2 M a pH 5,0; NaCl 0,17 M; 1 mg/mL de fracción V de SAB). Luego se agitó y esperó 15 min a temperatura ambiente y se centrifugó a 3000 \times g por 10 min. Finalmente se extrajo 50 μL del sobrenadante y se realizó el ensayo para polifenoles totales. Los resultados de la diferencia son expresados en mg EAG g^{-1} de MS.

Actividad antioxidante DPPH

Se determinó por medio del método del radical libre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo, grado analítico, Merck) propuesto por Brand-Williams *et al.* (1995) con algunas modificaciones. A 0,1 mL del extracto (cada extracto a una concentración de 10 mg/mL) se añadió 3,9 ml de solución metanólica de DPPH⁺ (1×10^{-5} mg/L), se preparó un blanco con metanol en vez de muestra, finalmente la mezcla se agitó y se dejó en oscuridad durante 30 min. La absorbancia de la mezcla se midió a una longitud de onda de 515 nm. El resultado se expresó como porcentaje de inhibición de DPPH⁺ con la siguiente fórmula:

Ecuación 2

$$\% \text{ inhibición} = \left[1 - \frac{\text{AB}}{\text{AE}} \right] \times 100$$

Donde AB es la absorbancia de la muestra y AE es la absorbancia del blanco.

Para la determinación de IC_{50} del radical DPPH⁺, se utilizó una curva de 2-20 mg/mL de muestra, determinando el IC_{50} a partir del gráfico de porcentaje de inhibición versus la concentración de la muestra, definido como la cantidad de la muestra (mg/mL de muestra) necesaria para obtener un 50% de inhibición del radical DPPH⁺. Los análisis de IC_{50} del radical DPPH⁺ se realizaron por triplicado.

Actividad antioxidante ABTS

Se determinó por medio del método del radical libre propuesto por Ozgen *et al.* (2006). Se utilizó reactivo ABTS (ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico), grado analítico Merck), mezclando persulfato de potasio 2,45 mM y ABTS 7 mM en agua, se dejó reposar durante 16 horas. El radical ABTS^{•+} se ajusta con tampón acetato de sodio-ácido acético (20 mM a pH 4,5) hasta obtener una absorbancia de $0,700 \pm 0,01$ a una longitud de onda de 734 nm. Finalmente se agregó 0,1 mL de extracto (cada extracto a una concentración de 25 mg/mL) y se añadieron 3 mL de ABTS^{•+} además de un blanco sin muestra, se dejó en oscuridad por 30 min y se midió la absorbancia a una longitud de onda de 734 nm. El resultado se expresó como porcentaje de inhibición de ABTS^{•+} utilizando la ecuación 2.

Para el IC₅₀ de ABTS^{•+} se utilizó una curva de 10-50 mg/mL de muestra, se determinó el IC₅₀ a partir del gráfico de porcentaje de inhibición versus la concentración de la muestra, definido como la cantidad de la muestra (mg/mL de muestra) necesaria para obtener un 50% de inhibición del radical ABTS^{•+}. Los análisis de IC₅₀ de ABTS^{•+} se realizaron en triplicado.

Estandarización de datos

Los datos de los distintos tipos de polifenoles se estandarizaron por la siguiente fórmula:

Ecuación 3

$$\text{mg/g} = \frac{\text{eq} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times \text{L}}{\text{g}} \times \text{FD}$$

Donde eq (mg/L) = concentración por equivalente de la curva; L = volumen del extracto final en litro; g = masa soluto del extracto final en gramos y FD = factor de dilución.

Análisis estadístico

Para determinar si existen diferencias significativas entre las muestras en cada uno de los análisis, se realizó un

ANDEVA de un factor y posteriormente un test de comparación múltiple de Tukey con un nivel de significancia del 95% para determinar diferencias de las medias entre los distintos berries analizados en cada uno de los polifenoles analizados y la actividad antioxidante, usando 25 repeticiones para cada análisis. Para determinar la relación entre cada una de las variables analizadas se determinó el coeficiente de correlación de Pearson. Se realizó un test no paramétrico de Kruskal-Wallis, con un nivel de significancia del 95% para observar diferencias en IC₅₀ de DPPH^{•+} y ABTS^{•+} entre los distintos berries. Para el análisis estadístico se utilizó el programa Statgraphic Plus 5.1.

RESULTADOS

Los distintos análisis de polifenoles evaluados en cada uno de los berries (tabla 1) muestran un importante contenido de metabolitos secundarios en las especies nativas. *Aristolelia chilensis* es el berry analizado con mayor contenido de polifenoles totales, seguido y, con valores similares *L. apiculata* y *U. molinae*; en el caso de la especie introducida, *V. corymbosum* presenta el contenido más bajo de todos. Para los flavonoides del tipo flavonas y flavonoles totales, *A. chilensis* es el mayor estadísticamente ($P < 0,05$) seguido de *U. molinae*. El contenido de antocianinas totales es uno de los análisis más comunes para este tipo de extracto en berries, y donde claramente *A. chilensis* obtuvo el mayor contenido, diferenciándose significativamente de los otros berries analizados. Situación similar a lo anterior se manifiesta en proantocianidinas totales, destacando también *B. darwinii* para este tipo de flavonoides. Los ácidos fenólicos totales fueron mayores en *B. darwinii* mostrando diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) respecto a todos los demás berries evaluados; misma situación para taninos totales seguido por *U. molinae*.

Por una parte, el poder antioxidante de los berries evaluados (tabla 2) indican que el mayor porcentaje de inhibición del radical DPPH^{•+} corresponde a *A. chilensis*, siendo significativamente mayor estadísticamente ($P < 0,05$). Por otra parte, *V. corymbosum* presentó el menor poder antioxidante. En tanto para el IC₅₀ en DPPH^{•+}, *A. chilensis* necesita una concentración aproximada de 3,70 mg/mL, donde *U. molinae*, *B.*

| | Polifenoles | Flavonas y | Antocianinas | Proantocianidinas | Ácidos | Taninos |
|----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| | Totales ^A | Flavonoles ^B | Totales ^C | Totales ^D | Fenólicos ^E | Totales ^A |
| <i>U. molinae</i> | 28,8 ± 0,82b | 6,15 ± 0,20b | 0,076 ± 0,014e | 6,25 ± 0,38e | 7,13 ± 0,19b | 9,34 ± 0,49b |
| <i>A. chilensis</i> | 41,7 ± 1,06a | 7,64 ± 0,33a | 3,41 ± 0,022a | 21,46 ± 1,08a | 5,99 ± 0,17c | 1,34 ± 0,25d |
| <i>B. darwinii</i> | 22,6 ± 0,70c | 3,13 ± 0,19c | 0,043 ± 0,055d | 17,08 ± 0,83b | 15,87 ± 0,30a | 10,57 ± 0,61a |
| <i>L. apiculata</i> | 29,3 ± 1,06b | 3,31 ± 0,30c | 0,18 ± 0,011c | 9,46 ± 0,52c | 7,10 ± 0,18b | 1,92 ± 0,52c |
| <i>V. corymbosum</i> | 13,9 ± 0,55d | 1,82 ± 0,25d | 0,20 ± 0,010b | 7,00 ± 0,40d | 7,25 ± 0,17b | 0,59 ± 0,18e |

Tabla 1. Resultados de los distintos fenoles en los frutos de berries evaluados

^Amg EAG g⁻¹ de MS; ^Bmg EQ g⁻¹ de MS; ^Cmg EC3G g⁻¹ de MS; ^Dmg ECT g⁻¹ de MS; ^Emg EAC g⁻¹ de MS.

Los valores representan las medias y su desviación estándar. Distintas letras indican diferencia estadística ($P < 0,05$).

darwinii y *L. apiculata* necesitan aproximadamente el doble de concentración y *V. corymbosum* el cuádruple en comparación a *A. chilensis*. En tanto para el ABTS⁺, el porcentaje de inhibición por parte de *A. chilensis* es muy alto, mostrando una alta sensibilidad con este método, siendo estadísticamente mayor a los demás berries evaluados; mientras *V. corymbosum* mostró un efecto inhibitorio muy por debajo en comparación con los berries nativos de Chile y Argentina.

Los coeficientes de correlación de Pearson (tabla 3) muestran en general altas relaciones positivas entre los parámetros analizados. Los polifenoles totales presentan una relación positiva con casi todos los tipos de polifenoles evaluados y está fuertemente relacionada con DPPH⁺ y ABTS⁺. Los ácidos fenólicos, por su parte, presentaron una relación negativa con polifenoles totales y con algunos flavonoides. Los taninos totales y ácidos fenólicos no tuvieron relación con ambos tipos de actividad antioxidante.

DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos, *A. chilensis* muestra una amplia diferencia en el contenido de distintos tipos de polifenoles, en especial en antocianinas totales (antocianidi-

nas unidas a una molécula de azúcar) y proantocianidinas totales, que son los flavonoides más importante en este tipo de frutos y que le dan la pigmentación a los berries entre rojo y azul y otras características organolépticas (Giusti y Jing, 2007; Lorrain *et al.*, 2013). Es así como Schreckinger *et al.* (2010) encontraron una alta cantidad de proantocianidinas en *A. chilensis*, estando la mayoría de estos en forma de dímeros (56%) y trímeros (14%), y Céspedes *et al.* (2010) encontraron catequinas y epicatequinas en extractos de este berry. Además, *A. chilensis* es la que obtuvo el mayor poder antioxidante observado por su acción de inhibir los radicales de DPPH⁺ y ABTS⁺, actividad otorgada principalmente por el contenido de antocianinas totales al estar altamente correlacionada con ABTS⁺ ($r = 0,84$; $P < 0,001$), necesitando una muy baja concentración de extracto para obtener el IC₅₀. También su contenido de flavonas y flavonoles es alto para este berry, donde Fuentes *et al.* (2015) encontraron rutina y quercetina.

Los frutos de *U. molinae* presentan una alta concentración de flavonas y flavonoles totales, con menores contenido de antocianinas totales y proantocianidinas totales, dada la naturaleza de este berry al ser en su interior (endocarpio y mesocarpio) de un color blanquecino. Los flavonoles más comunes encontrados en berries son la quercetina y la miricetina (Rice-Evans *et al.*, 1996), y que están en alta

| | DPPH ⁺ | DPPH ⁺ IC ₅₀ | ABTS ⁺ | ABTS ⁺ IC ₅₀ |
|----------------------|-------------------|------------------------------------|-------------------|------------------------------------|
| | (%) | (mg mL ⁻¹) | (%) | (mg mL ⁻¹) |
| <i>U. molinae</i> | 52,8 ± 0,77b | 6,97 ± 0,09b | 49,6 ± 1,27b | 21,2 ± 0,23b |
| <i>A. chilensis</i> | 77,7 ± 0,78a | 3,70 ± 0,08a | 97,6 ± 0,94a | 12,2 ± 0,11a |
| <i>B. darwinii</i> | 52,2 ± 0,78c | 7,10 ± 0,09b | 37,4 ± 1,56d | 26,4 ± 0,23d |
| <i>L. apiculata</i> | 49,3 ± 0,70d | 8,08 ± 0,11c | 44,1 ± 0,86c | 24,0 ± 0,22c |
| <i>V. corymbosum</i> | 26,4 ± 0,94e | 15,40 ± 0,12d | 4,6 ± 0,55e | 42,0 ± 0,26e |

Tabla 2. Poder antioxidante en frutos de berries

Los valores representan las medias y su desviación estándar. Distintas letras indican diferencia estadística ($P < 0,05$).

| | Polifenoles | Flavonas | Antocianinas | Proantocianidinas | Ácidos | Taninos | DPPH |
|-----------------------|-------------|------------|--------------|-------------------|-----------|---------|---------|
| | Totales | Flavonoles | | | Fenólicos | Totales | |
| Flavonas y Flavonoles | 0,88*** | | | | | | |
| Antocianinas | 0,78*** | 0,73*** | | | | | |
| Proantocianidinas | 0,60*** | 0,45*** | 0,74*** | | | | |
| Ácidos Fenólicos | -0,35*** | -0,38*** | -0,40*** | 0,25*** | | | |
| Taninos Totales | ns | ns | -0,44*** | ns | 0,69*** | | |
| DPPH | 0,95*** | 0,87*** | 0,78*** | 0,76*** | ns | ns | |
| ABTS | 0,97*** | 0,91*** | 0,84*** | 0,70*** | -0,26** | ns | 0,98*** |

Tabla 3. Correlación de Pearson entre los distintos fenoles analizados y su actividad antioxidante

*: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$; ns: no significativo.

concentración en *U. molinae* (Junqueira-Gonçalves *et al.*, 2015; Ramírez *et al.*, 2015); también presenta una alta concentración de ácidos fenólicos y taninos totales. Los dos frutos anteriores son altamente consumidos en el sur de Chile, en los últimos años también se han incorporado especies del género *Berberis*; en nuestro estudio *B. darwinii* mostró niveles muy altos de proantocianidinas totales, aunque no así de antocianinas totales, que fueron muy bajos para este berry; centrándose su contenido de fenoles en taninos totales y particularmente en ácidos fenólicos, que es la especie de mayor contenido en este tipo de fenoles analizados. Otro berry endémico de Chile y Argentina estudiado recientemente es *L. apiculata*, con importantes contenidos de fenoles totales y ácidos fenólicos. Ramírez *et al.*, (2015) encontró nueve tipos de antocianinas en *L. apiculata*, flavonoides que dan el color característico de este fruto. Para el caso de *V. corymbosum* el nivel de fenoles totales fue estadísticamente menor ($P < 0,05$) en comparación con los berries chilenos, destacando solo en su contenido de antocianinas totales, pero aún muy inferior a *A. chilensis*; y, además, posee una baja actividad antioxidante tanto en DPPH⁺ y ABTS⁺, necesitando altas concentraciones para la obtención de IC₅₀.

La medición de fenoles totales es la metodología más usada para una cuantificación rápida para distintos tipos de extractos de origen vegetal, mostrando una alta afinidad con otras mediciones de flavonoides, en especial con flavonas y flavonoles totales ($r=0,88$; $P < 0,001$) y antocianinas totales ($r=0,78$; $P < 0,001$); y está en relación directa con la actividad antioxidante en los extractos de berries. En el caso de las proantocianidinas, estas son moléculas de alto peso molecular compuestas por subunidades de flavan-3-ol (catequina, epicatequina, epigallocatequina) (Isaza, 2007), y están presentes en muchos vegetales, como en berries, en manzanas y en corteza de pinos (Khoddamiet *et al.*, 2013). El método colorimétrico utilizado para las proantocianidinas con vainillina en medio ácido puede proporcionar información sobre el grado de polimerización y el patrón de hidroxilación y estereoquímica de las subunidades flavan-3-ol, no obstante, en esta reacción puede haber una sobreestimación de proantocianidinas totales (Khoddamiet *et al.*, 2013), condición que se puede observar con *B. darwinii*, teniendo concentraciones muy elevadas abarcando casi la totalidad de sus fenoles totales. El contenido de antocianinas totales se correlacionan con las proantocianidinas totales en los berries analizados ($r=0,74$; $P < 0,001$), encontrándose estos flavonoides en muchos berries (Schreckinger *et al.*, 2010).

La reacción colorimétrica para flavonas y flavonoles totales pudiese estar sobreestimando su valor en el caso de *A. chilensis* debido a la reacción con AlCl₃, reacción de color amarillo, pero que en esta especie fue de tonalidad azulada, posiblemente debido al alto contenido de antocianinas que interfieren en la lectura de la reacción. Algunos autores (Bunea *et al.*, 2011; Zapata *et al.*, 2013) añaden en esta reacción NaNO₂ y NaOH obteniendo una reacción colorimétrica rojo-naranja (510 nm) para estabilizar el color de los pigmentos; sin embargo, Peğal y Pyszynska (2014) no recomiendan este procedimiento por sobreestimar los

valores de flavonas y flavonoles debido a que el NaNO₂ y NaOH reaccionan con los ácidos fenólicos y otros tipos de flavonoides presentes en los vegetales.

Los ácidos fenólicos también están presentes en los berries, entre los más comunes están ácido cafeíco y ácido clorogénico, que han sido reportados en *U. molinae* (Junqueira-Gonçalves *et al.*, 2015; Ramírez *et al.*, 2015), los que poseen un alto poder antioxidante. Los ácidos fenólicos totales se encuentran relacionados con los taninos totales (taninos hidrolizables), dado que el ácido elágico es un dímero del ácido gálico. Aunque la metodología de taninos totales considera la precipitación de taninos condensados como de taninos hidrolizables, posiblemente la precipitación de taninos por la fracción V de la seroalbúmina de bovino esté más relacionada a la precipitación de taninos hidrolizables (unidades de ácido gálico o elágico unidos a carbohidratos), al no existir una correlación positiva entre el contenido de proantocianidinas totales y taninos totales en nuestro estudio.

CONCLUSIONES

La cuantificación espectrofotométrica de los distintos compuestos fenólicos evaluados demuestra la variedad que puede presentar cada tipo de berry en la concentración de estos compuestos, entregando una caracterización química temprana que permite comparaciones cuantitativas, en forma rápida y a bajo costo, de distintos berries.

Aristotelia chilensis es quien presenta las mayores concentraciones de fenoles totales, antocianinas totales y proantocianidinas totales, y el que presenta mayor poder antioxidante, siendo varias veces mayor a *Vaccinium corymbosum*.

Todos los berries nativos del Cono Sur de América estudiados presentan altos contenidos de los compuestos fenólicos y alta capacidad antioxidante comparados con *Vaccinium corymbosum* L, indicando la importancia y potencial que posee la flora nativa en el sector silvo-agrario.

El análisis de flavonas y flavonoles totales con AlCl₃ no es recomendable para *Aristotelia Chilensis* debido a su alto contenido de pigmentos que interfieren en la reacción.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la ayuda financiera otorgada a través del Proyecto FAPERJ/UFRO 2015 FPJ 15-0010 Chile-Brasil y Becas Doctorales CONICYT folios N.º 21140816 y N.º 21120557.

BIBLIOGRAFÍA

- BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chem* 99, 191–203.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci Technol Int* 28(1), 25–30.

- BUNEA, A.; RUGINĂ, D.A.; PINTEA, A.M.; SCONȚA, Z.; BUNEA, C.I.; SOCACIU, C. 2011. Comparative polyphenolic content and antioxidant activities of some wild and cultivated blueberries from Romania. *Not Bot Horti Agrobo* 39(2), 70–76.
- CÉSPEDES, C.; VALDEZ-MORALES, M.; AVILA, J.G.; EL-HAFIDI, M.; ALARCÓN, J.; PAREDES-LÓPEZ, O. 2010. Phytochemical profile and the antioxidant activity of Chilean wild black-berry fruits, *Aristotelia chilensis* (Mol) Stuntz (Elaeocarpaceae). *Food Chem.* 119, 886–895.
- CIMPOIU, C.; CRISTEA, M.; HOSU, A.; SANDRU, M.; SESERMAN, L. 2011. Antioxidant activity prediction and classification of some teas using neutral networks. *Food Chem.* 127, 1333–1328.
- CURIFUTA, M.; VIDAL, J.; SÁNCHEZ-VENEGAS, J.; CONTRERAS, A.; SALAZAR, L.; ALVEAR, M. 2012. The *in vitro* antifungal evaluation of a commercial extract of Chilean propolis against six fungi of agricultural importance. *Cien. Inv. Agr.* 39(2), 347–359.
- FREDES, C. 2009. Antioxidantes en berries nativos chilenos. *Bol. Latinoam. Caribe Plant Med. Aromat.* 8(6), 469–478.
- FUENTES, O.; CÉSPEDES, C.; SEPÚLVEDA, R. 2015. *Aristotelia chilensis*, rutin and quercetin ameliorates acute vascular endothelial dysfunction in rat thoracic aorta exposed to oxidative stress. *Bol. Latinoam. Caribe Plant Med. Aromat.* 14(1), 11–20.
- GIUSTI, M.; JING, P. 2007. Natural pigments of berries: functionality and application, p. 105–146. En ZHAO, Y.: *Berry fruit: value-added products for health promotion*. Ed. Taylor & Francis Group, Nueva York, EE. UU., p. 444.
- ISAZA, J.H. 2007. Taninos o polifenoles vegetales. *Scientia et Technica* 13(33), 13–18.
- JUNQUEIRA-GONÇALVES, M.P.; YÁÑEZ, L.; MORALES, C.; NAVARRO, M.; CONTRERAS, R.A.; ZÚÑIGA, G.E. 2015. Isolation and characterization of phenolic compounds and anthocyanins from Murta (*Ugni molinae* Turcz.) fruits. Assessment of antioxidant and antibacterial activity. *Molecules* 20, 5698–5713.
- KÄHKÖNEN, M.P.; HOPIA, A.I.; VUORELA, H.J.; RAUHA, J.P.; PIHLAJA, K.; KUJALA, T.S.; HEINONEN, M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.* 47, 3954–3962.
- KHODDAMI, A.; WILKES, M.; ROBERTS, T.H. 2013. Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules* 18, 2328–2375.
- KIRSCHBAUM, D. 2011. Cadena arándano en Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina. Disponible: <http://inta.gob.ar/documentos/cadena-arandano-en-argentina>, verificado 17 de julio de 2015).
- LATORRE, B.A.; TORRES, R.; SILVA, T.; EL FAR, K. 2013. Evaluation of the use of wound-protectant fungicides and biological control agents against stem canker (*Neofusicoccum parvum*) of blueberry. *Cien. Inv. Agr.* 40(3), 537–545.
- LORRAIN, B.; KY, I.; PECHAMAT, L.; TEISSEDE, P.L. 2013. Evolution of analysis of polyphenols from grapes, wines, and extracts. *Molecules* 18, 1076–1100.
- MARTÍNEZ-CRUZ, N.; ARÉVALO-NIÑO, K.; VERDE-STAR, M.; RIVAS-MORALES, C.; ORANDAY-CÁRDENAS, A.; NÚÑEZ-GONZÁLEZ, M.; MORALES-RUBIO, M. 2011. Antocianinas y actividad anti radicales libres de *Rubusa denotrichus* Schltdl (zarzamora). *Rev. Mex. Cienc. Farm.* 42(4), 66–71.
- MATKOWSKI, A.; TASARZ, P.; SZYPUŁA, E. 2008. Antioxidant activity of herb extracts from five medicinal plants from Lamiaceae, subfamily Lamioideae. *J Med Plant Res* 2(11), 321–330.
- NEVEU, V.; PEREZ-JIMÉNEZ, J.; VOS, F.; CRESPIY, V.; DU CHAFFAUT, L.; MENNEN, L.; KNOX, C.; EISNER, R.; CRUZ, J.; WISHART, D.; SCALBERT, A. 2010. Phenol-Explorer: an online comprehensive database on polyphenol contents in foods. *Database (Oxford)* 2010, 24.
- OZGEN, M.; REESE, N.; TULIO, A.; SCHEERENS, J.C.; MILLER, A.R. 2006. Modified 2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods. *J. Agric. Food Chem.* 54, 1151–1157.
- PEKAL, A.; PYRZYNSKA, K. 2014. Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay. *Food Anal. Methods* 7, 1776–1782.
- PRICE, M.L.; VAN SCOYOC, S.; BUTLER, L.G. 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J Agric. Food Chem.* 26(5), 1214–1218.
- RAMÍREZ, J.E.; ZAMBRANO, R.; SEPÚLVEDA, B.; KENNELLY, E.J.; SIMIRGIOTIS, M.J. 2015. Anthocyanins and antioxidant capacities of six Chilean berries by HPLC–HR-ESI-ToF-MS. *Food Chem.* 176, 106–114.
- RICE-EVANS, C.; MILLER, N.J.; PAGANGA, G. 1996. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radic. Biol. Med.* 20(7), 933–956.
- RICCO, R.; AGUDELO, I.; GARCÉS, M.; EVELSON, P.; WAGNER, M.; GURNI, A. 2011. Polifenoles y actividad antioxidante en *Equisetum giganteum* L. (Equisetaceae). *Bol. Latinoam. Caribe Plant. Med. Aromat.* 10(4), 325–332.
- ROTHWELL, J.A.; PEREZ-JIMÉNEZ, J.; NEVEU, V.; MEDINA-REMÓN, A.; M'HIRI, N.; GARCÍA-LOBATO, P.; MANACH, C.; KNOX, C.; EISNER, R.; WISHART, D.S.; SCALBERT, A. 2013. Phenol-Explorer 3.0: a major update of the Phenol-Explorer database to incorporate data on the effects of food processing on polyphenol content. *Database (Oxford)*, 70.
- RUIZ, A.; BUSTAMANTE, L.; VERGARA, C.; VON BAER, D.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I.; OBANDO, L.; MARDONES, C. 2015. Hydroxycinnamic acids and flavonols in native edible berries of South Patagonia. *Food Chem.* 167, 84–90.
- SCHRECKINGER, M.E.; WANG, J.; YOUSEF, G.; LILA, M.A.; GONZÁLEZ DE MEJÍA, E. 2010. Antioxidant capacity and *in vitro* inhibition of adipogenesis and inflammation by phenolic extracts of *Vaccinium floribundum* and *Aristotelia chilensis*. *J. Agric. Food Chem.* 58, 8966–8976.
- STALIKAS, S.D. 2007. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *J. Sep. Sci.* 30, 3268–3295.
- WANG, S.Y. 2007. Antioxidant capacity and phenolic content of berry fruits as affected by genotype, preharvest conditions, maturity, and postharvest handling, pp. 147–186. En ZHAO Y.: *Berry fruit: value-added products for health promotion*. Ed. Taylor & Francis Group, Nueva York, EE. UU., p. 444.
- ZAPATA, K.; CORTES, F.B.; ROJANO, B.A. 2013. Polifenoles y actividad antioxidante del fruto de guayaba agria (*Psidium maraca*). *Inf. Tecnol.* 24(5), 103–112.

Curva de dilución e índice de nutrición nitrogenada para *Digitaria eriantha* cv. Irene bajo diferentes regímenes de agua y nitrógeno

FRIGERIO, K.L.¹; BLANCO, E.M.¹; PRIVITELLO, J.M.L.²; PANZA, A.A.²; FRASINELLI, C.A.¹

RESUMEN

Los principales factores ambientales que influyen sobre la productividad de las pasturas son las condiciones de humedad y la disponibilidad de nitrógeno en el suelo. La temperatura también es una de las causas de fluctuación estacional en la producción de biomasa. En *Digitaria* son insuficientes los estudios relacionados con la dinámica de la nutrición con N bajo diferentes niveles de fertilización nitrogenada y condiciones hídricas del suelo. Se propone obtener la curva de dilución nitrogenada teórica y experimentales; estimar el Índice de Nutrición Nitrogenada (INN) y evaluarlo en relación con los Grados Días de Crecimiento (GDC) durante dos ciclos de crecimiento para *Digitaria eriantha* cv. Irene sujeta a condiciones naturales y potenciales de aporte en agua y nitrógeno en primavera-verano. Entre noviembre de 2007 y febrero de 2009, se evaluaron dos niveles de humedad en suelo: condición natural (CN) y capacidad de campo (CC). En CN se aplicaron dos niveles de N: 0 (CN0) y 150 kg.ha⁻¹ (CN150); y en CC 3 niveles de N: 0 (CC0), 150 (CC150) y 300 kg.ha⁻¹ (CC300). Se obtuvo la curva de dilución de N, la concentración crítica y teórica de N, el índice de nutrición nitrogenada, y se estimaron las curvas de acumulación de nitrógeno experimental en relación con los GDC. El aporte de nitrógeno al suelo aumentó la concentración de N en la biomasa para los dos ciclos y las dos estaciones estudiadas. En ambas estaciones las curvas con menores aportes de N (CN0 y CC0) fueron las que produjeron menor biomasa, aun con adecuada disponibilidad hídrica. Sin embargo, con el aporte adecuado de N, el agua pasa a ser el factor limitante (CN150). Los valores menores de INN se obtuvieron en los tratamientos sin aporte de N. La acumulación de nitrógeno se incrementó con el aumento de los grados día tanto en primavera como en verano. Los valores máximos de acumulación se alcanzaron alrededor de los 500 GDC, indistintamente al tratamiento. Para esta especie y en las condiciones ambientales descritas los niveles adecuados de acumulación de nitrógeno en planta dependen de la disponibilidad de N en el suelo. La disponibilidad de N para la planta tiene mayor efecto cuando hay agua disponible en el suelo. La combinación de ambos factores sinergiza sus efectos individuales. En ambas estaciones se alcanzaron valores de acumulación de temperatura suficientes para que la planta pueda obtener un nivel adecuado de nitrógeno, efecto condicionado a la disponibilidad de N y a la humedad en el suelo.

Palabras clave: estación de crecimiento, gramíneas C4, condición hídrica, fertilización nitrogenada.

ABSTRACT

The main environmental factors that influence the productivity of pastures are the water condition and the availability of nitrogen in the soil. Temperature is also cause seasonal fluctuation in biomass production. In Digitaria there are insufficient studies that relate dynamics of nutrition with N under different levels of nitrogen

¹INTA, EEA San Luis, CC 17, 5730, Villa Mercedes, San Luis, Argentina. Correo electrónico: frigerio.karina@inta.gob.ar

²FICA (UNSL), Ruta 55 ext. Norte, 5730, Villa Mercedes (San Luis).

fertilization and soil water condition. It is proposed to obtain the curve of theoretical and experimental nitrogen dilution; estimating the nitrogen nutrition index (INN) and to evaluate the degrees relative to days of growth (GDC), for two cycles of growth *Digitaria eriantha* cv. Irene subject to natural and potential conditions contribution to water and nitrogen in spring and summer. Two soil moisture levels were evaluated: natural condition (CN) and field capacity (CC) between November 2007 and February 2009. Two levels of N input were applied in CN 0 (CN0) y 150 kg.ha⁻¹ (CN150), and three levels of N input were applied en CC 0 (CC0), 150 (CC150) y 300 kg.ha⁻¹ (CC300). Dilution curve, critical and theoretical N concentration, nitrogen nutrition index were obtained. Also, nitrogen accumulation curves related to growing degree days. The input of nitrogen to the soil increased the N concentration in biomass in both cycles and for the two seasons evaluated. In both seasons curves with lower N inputs (CN0 and CC0) were those that produced less biomass, even with sufficient water availability. However, with adequate supply of N, water becomes the limiting factor (CN150). Lower values of INN were obtained in the treatments without any application of N. The accumulation of nitrogen increased with increasing degree days in spring and summer. The maximum value of accumulation is reached around 500 GDC, regardless of treatment. For this species and the environmental conditions described, adequate levels of accumulation of nitrogen in plant dependent on the availability of N in the soil. The availability of N for the plant has more effect when there is water available in the soil. The combination of both factors synergizes their individual effects. In both seasons accumulation values were reached sufficient temperature for the plant to obtain an adequate level of nitrogen, subject to the availability of N and soil moisture effect.

Keywords: growing season, C4 grasses, water condition, nitrogen fertilization.

INTRODUCCIÓN

En los sistemas ganaderos extensivos de producción el complejo de factores edáficos y climáticos condiciona el tipo de especies vegetales que pueden prosperar y el nivel de productividad que alcanzan. La implantación de pasturas perennes es altamente recomendable en los suelos de San Luis, con tendencia a la erosión eólica (Veneciano, 2006) o en situaciones donde se presenta degradación severa del pastizal (Frasinelli y Veneciano, 2014). Las gramíneas perennes estivales (C4, megatérmicas) se adaptan a condiciones de marcada estacionalidad estival de las lluvias, alta intensidad de la radiación solar y al régimen térmico imperante (Veneciano, 2006).

En la región semiárida central de Argentina se introdujo a *Digitaria eriantha* cv. Irene como complemento de estructuras forrajeras conformadas por pastizales naturales y otras megatérmicas introducidas. También se la utiliza como base forrajera en sistemas de producción de carne para contribuir al incremento de la receptividad y diversidad ganadera regional. Es una especie tolerante a sequía, adaptada a ambientes con precipitaciones estivales no menores a 500 mm. Soporta bajas temperaturas, sin embargo, su rebrote puede ser afectado por temperaturas bajo cero y presencia de heladas tardías. Prospera en suelos con bajo contenido de nutrientes y responde positivamente a la fertilización nitrogenada (Veneciano, 2006).

En ambientes templados los principales factores ambientales que influyen sobre la productividad de las pasturas son las condiciones de humedad y la disponibilidad de nitrógeno en el suelo (Lafitte, 2001; Lemaire, 2001). El nitrógeno (N)

se considera como el factor limitante más importante, después del déficit hídrico para la producción de biomasa en ecosistemas naturales (Lemaire *et al.*, 2008). Por un lado, en sistemas de cultivos y pastizales la práctica de la fertilización nitrogenada provee un suministro suficiente de N a las plantas a fin de lograr el rendimiento potencial permitido por las condiciones climáticas existentes (Lemaire *et al.*, 2008). Por otro lado, los efectos de la deficiencia hídrica son difíciles de ser disociados de los efectos correspondientes a la menor disponibilidad de N (Morales, 1998; Lemaire, 2001).

Se sabe que el contenido de N en la planta decae durante el ciclo de crecimiento de los cultivos. Esto es debido a respuestas fisiológicas a situaciones como la posición de las hojas en la canopia y al aumento proporcional de tejidos estructurales y de almacenamiento a medida que transcurre el ciclo del cultivo (Plénet y Lemaire, 2000). Lemaire y Salette (1984a) introducen la idea de la relación entre el nitrógeno consumido por la planta y la materia seca acumulada y establecen una ecuación alométrica que vincula estas dos variables. A partir de esta ecuación se obtiene una curva donde cada punto representa la mínima concentración de N observada en planta para una determinada acumulación de biomasa aérea. Esta curva se denomina de dilución de nitrógeno (CDN). Varios autores indican que cada especie tiene su propia CDN de acuerdo a sus características histológicas y morfológicas (Lemaire y Gastal, 1997, Justes, 1994, Colnenne *et al.*, 1998). Greenwood *et al.* (1990) además determinaron que existen diferencias entre los grupos metabólicos C3 y C4.

Para estudiar el estado de nutrición con nitrógeno se utiliza el índice de nutrición nitrogenada (INN), que relaciona el

contenido de N experimental con el N crítico o teórico que debería contener la biomasa obtenida en una muestra. El INN se define como el contenido de N en la biomasa aérea de una pastura relativo al mínimo contenido de N necesario para maximizar su crecimiento (N crítico, N_c). Este índice constituye una herramienta para determinar deficiencia o exceso de N en un cultivo (Lemaire *et al.*, 2008).

El estado de nutrición nitrogenada de una pastura de gramíneas depende de la disponibilidad de agua del suelo. Para explicar y analizar la nutrición mineral de los cultivos, en este caso nitrogenada, es necesario relacionarlo con la condición hídrica de los suelos (Durand *et al.*, 2010). En *Digitaria* no hay datos aún que describan estados potenciales o intermedios en cuanto a la disponibilidad del recurso hídrico y nitrogenado como de la sinergia entre estas variables.

Se plantea una condición hídrica potencial, es decir, el suelo siempre en capacidad de campo, y se varían los niveles de N. De esta manera, se puede estudiar el efecto por separado de cada una de estas variables, considerando que a mayor aporte de N al suelo se obtiene una mayor acumulación de biomasa y de N en la planta. Se evalúa también, el efecto de los distintos niveles de aporte de N al suelo para un valor fijo de acumulación de biomasa, donde se puede observar una acumulación diferencial de N. Por una parte, también se estudia la acumulación de biomasa y de N en planta en una condición hídrica natural, variando los aportes de N al suelo. De esta manera se obtienen curvas de dilución de nitrógeno experimentales (CDNe) según los tratamientos considerados, que se pueden comparar con una curva de dilución de nitrógeno teórica (CDNt) obtenida a partir de una biomasa teórica que aumenta progresivamente. Por otra parte, la temperatura es una de las causas de fluctuación estacional en la producción de biomasa

(Nascimento y Adese, 2004). El efecto de la temperatura sobre la morfogénesis depende del genotipo de las plantas, que presentan una temperatura base por debajo de la cual se limitan los procesos de crecimiento y desarrollo y posteriormente no se produce actividad fotosintética.

En la zona de Villa Mercedes (San Luis) se han realizado trabajos sobre producción primaria y secundaria en *Digitaria* (Frasinelli y Veneciano, 2014; Veneciano, 2006; Privitello y Gabutti, 2004); son escasos los estudios relacionados con la dinámica de la nutrición con N bajo diferentes niveles de fertilización nitrogenada y condiciones hídricas del suelo.

En el presente trabajo se propone i) obtener la curva de dilución nitrogenada (CDN) teórica y experimental, ii) estimar el índice de nutrición nitrogenada (INN) iii) evaluar la acumulación de N en biomasa en relación con los Grados Días de Crecimiento (GDC), durante dos ciclos de crecimiento de la especie *Digitaria eriantha* cv. Irene sujeta a condiciones naturales y potenciales de aporte en agua y nitrógeno en primavera-verano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio y tratamientos

El ensayo fue conducido en el campo experimental de la EEA INTA San Luis (33° 39' S, 65° 24' W) en la provincia de San Luis, entre noviembre de 2007 y febrero de 2009.

Las características del suelo se presentan en la tabla 1, el cual corresponde a un ustipsamente típico (Serie Cramer) con tamaño de partícula franco gruesa, mineralogía mixta, pH ácido, sin horizonte limitante, siendo una antigua área medanosa rebajada (Peña Zubiato y D'Hiriart, 2000).

| Primavera | | | | |
|-------------|----------|-------------------------------|----------|-------------------------------|
| Ciclo | 2007 | | 2008 | |
| Tratamiento | GDC (°C) | N acum (kg.ha ⁻¹) | GDC (°C) | N acum (kg.ha ⁻¹) |
| CN0 | | 10,4b ± 0,9 | | 12,1c ± 1,7 |
| CN150 | | 39,3b ± 11,3 | | 66,0b ± 16,7 |
| CC0 | 499,8 | 26,9b ± 4,1 | 576,6 | 13,4c ± 4,1 |
| CC150 | | 72,2b ± 1,9 | | 72,0b ± 12,6 |
| CC300 | | 148,6a ± 69,5 | | 112,4a ± 9,6 |
| Verano | | | | |
| ciclo | 2007-08 | | 2008-09 | |
| CN0 | | 13,3c ± 5,7 | | 10,9c ± 2,8 |
| CN150 | | 89,5b ± 1,5 | | 63,6b ± 7,5 |
| CC0 | 548,4 | 17,8c ± 9,3 | 534,5 | 10,7c ± 0,7 |
| CC150 | | 155,9a ± 3,2 | | 91,4b ± 36,7 |
| CC300 | | 173,9a ± 46,0 | | 163,0a ± 2,4 |

Tabla 1. Características del suelo del lugar del ensayo.

| | PRIMAVERA 07 | VERANO 07-08 | PRIMAVERA 08 | VERANO 08-09 |
|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Precipitaciones durante el ciclo (mm) | 169,1 | 234,4 | 240,3 | 172,3 |

Tabla 2. Ocurrencia de precipitaciones durante las estaciones estudiadas.

Datos propios Estación Meteorológica EEA San Luis.

Las precipitaciones durante los ciclos de cultivo estudiados se presentan en la tabla 2.

El ensayo se condujo sobre una pastura de *Digitaria eriantha* Steud. cv. Irene implantada en el año 1998. Las estaciones de crecimiento evaluadas fueron:

- primavera 2007 (23-nov a 23-dic-2007) y 2008 (25-nov a 30-dic-2008).
- verano 2007-08 (2-ene a 28-ene 2008) y 2008-9 (30-dic a 6-feb 2009).

Los tratamientos evaluados reprodujeron dos situaciones extremas: la potencial, con condiciones hídricas del suelo óptimas y máxima disponibilidad de nitrógeno (suelo en capacidad de campo con altos niveles de N agregado); y la condición natural o limitante en cuanto a humedad del suelo y disponibilidad nitrogenada. Además se establecieron tratamientos que representaban un gradiente entre estas dos situaciones. Así, la combinación de distintos niveles de los dos efectos (hídrico y de N) derivó en cinco tratamientos:

- CC 0: capacidad de campo sin agregado de N.
- CC 150: capacidad de campo con 150 kg. N ha⁻¹.
- CC 300: capacidad de campo con 300 kg. N ha⁻¹.
- CN 0: condición hídrica natural sin agregado de N.
- CN 150: condición hídrica natural con 150 kg. N ha⁻¹.

Cada tratamiento contó con dos repeticiones. La combinación CN300 (condición hídrica natural + 300 kg. N ha⁻¹) no se realizó ya que según ensayos previos en la zona, este nivel de fertilizante produce el "quemado" del cultivo debido al escaso aporte hídrico natural. El arreglo experimental fue un diseño anidado (Montgomery, 1991). Se consideró la condición hídrica (CH) como parcela principal y los niveles de N fueron distribuidos dentro de cada nivel de CH.

Para alcanzar la CH óptima se dispuso un sistema de riego por goteo en las parcelas correspondientes. El suelo mantuvo capacidad de campo (CC) por lo que los riegos se realizaron cuando el agua útil disponible descendía al 75%.

La fuente de nitrógeno utilizada fue urea (46% N₂). En todos los tratamientos se aplicó fósforo, como fosfato monocalcico (21% P₂O₅), hasta alcanzar 20 ppm. Nitrógeno y fósforo se aplicaron una sola vez al inicio de cada ciclo de crecimiento, luego del corte de limpieza.

Para determinar el crecimiento desde el inicio del rebrote hasta la meseta de intercepción de la radiación (IR) y obtener registros en secuencia se utilizaron seis parcelas (4 m²) donde cada parcela correspondió a una fecha de corte.

Durante el período de ensayo se registraron la precipitación (PP), la evapotranspiración ambiental (ETP) y la temperatura media diaria (TMD), datos que fueron aportados por la estación agrometeorológica perteneciente a la EEA San Luis. Además periódicamente se determinó la humedad del suelo para realizar los ajustes en el riego.

Variables evaluadas y análisis de datos

Se evaluaron:

Biomasa aérea: en cada unidad de muestreo se realizaron los cortes de material verde para determinar la acumulación de materia seca de biomasa aérea, correspondiente a planta entera (APE, g.m⁻²). Los cortes se efectuaron a partir de una IR de 40-50% hasta alcanzar el 99%. La superficie del marco utilizado para el muestreo fue de 0,25 m². Para determinar la APE se llevaron las muestras de forraje cortado a estufa a 60 °C durante 48 horas, previa separación del material en hoja (H, g.m⁻²) y tallo (T, g.m⁻²).

Intercepción de la radiación: (IR) Se midió con un analizador LICOR LAI 2000 previo al corte de biomasa.

Grados diarios de crecimiento (GDC): con los registros de temperatura media diaria se calcularon los GDC. Para *Digitaria* se consideró una temperatura base de 11 °C. Esta se obtiene de la ecuación: $GDC = (T_{med} - T_b) * n$, donde T_{med} es la temperatura media diaria de un período determinado, T_b es la temperatura basal determinada para cada especie, y n es la cantidad de días del período estudiado. Esta T_b se determinó de acuerdo a lo estudiado para otras especies forrajeras megatérmicas (Da Silva *et al.*, 2012).

Contenido de nitrógeno en hojas (%Nh) y en tallos (%Nt): se estimaron con el método micro Kjeldahl (Bremner, 1965). Con estos valores se estimaron los contenidos de N por superficie (kg.ha⁻¹).

La curva de dilución de N (CDN) se estimó a partir de la ecuación propuesta por Lemaire y Salette (1984 a, b): $N_c = a \cdot BA^{-b}$, donde N_c es el nitrógeno crítico expresado en g.kg⁻¹ y BA es la biomasa aérea en Mg.ha⁻¹, el coeficiente a representa la concentración de N en planta cuando la biomasa del cultivo es 1 Mg.ha⁻¹. El coeficiente b indica la dilución que estima la relación de descenso de la concentración de N cuando se incrementa la biomasa del cultivo. Según estudios previos, la CDN no se puede aplicar a valores bajos de biomasa aérea (<1 Mg.ha⁻¹). En estos casos, la concentración crítica de N tiene un valor constante debido a la pequeña disminución del N crítico con el aumento

de biomasa aérea y la poca competencia por la luz entre plantas aisladas (Lemaire y Gastal, 1997). Los coeficientes *a* y *b* aconsejados para especies forrajeras megatérmicas son 36 y 0.34, respectivamente (Lemaire *et al.*, 2008).

Concentración crítica de N (*N_c*): a partir de la biomasa se calculó para cada tratamiento la CDN obteniendo las curvas de dilución experimentales de cada tratamiento (CD-Nexp). Estas cinco curvas se compararon con una curva de dilución nitrogenada teórica (CDN_t) que se obtuvo a partir de una biomasa teórica que aumenta progresivamente de 1 hasta 20 Mg.ha⁻¹.

Índice de nutrición nitrogenada (INN): se calculó como el cociente entre la concentración de N total de la biomasa acumulada experimental y la concentración de N crítico (*N_c*) que corresponde a la cantidad de biomasa experimental medida en el último corte. Para valores de INN cercanos a 1 se considera un adecuado estado de nutrición nitrogenada, valores menores indican nutrición limitada, y valores mayores a 1 exceso de nutrición (Marino *et al.*, 2004).

Los INN de los tratamientos se analizaron mediante ANOVA y las medias de cada uno de ellos fueron comparadas con test de DGC (alfa=0,05).

A partir de la concentración de N en planta (%N) se elaboraron las curvas de acumulación de Nexp (kg.ha⁻¹) en relación con los GDC, usando la curva de crecimiento de Gompertz (Archontoulis y Miguez, 2013) para su mejor ajuste. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat/P (V. 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Acumulación de N en planta y CDN teórica y experimentales

Al utilizar la ecuación propuesta por Lemaire y Salette (1984 a, b) se obtuvieron las curvas experimentales y teórica para las estaciones primavera y verano, que abarcan el ciclo de crecimiento de *Digitaria* (figura 1 y 2). Los coeficientes *a* y *b* y el coeficiente de determinación de dichas curvas se observan en la tabla 3.

El aporte de nitrógeno al suelo aumentó la concentración de nitrógeno en la biomasa aérea para los dos ciclos y las dos estaciones estudiadas. Los valores más bajos de acumulación de N se encontraron en los tratamientos que no recibieron N, tanto en CN como en CC. En primavera la acumulación varió entre 10,4 y 26,9 kg N.ha⁻¹, mientras que en verano la acumulación osciló entre de 10,6 y 27,8 kg de N.ha⁻¹ (figura 1 y 2). Los valores más altos se encontraron en los tratamientos con 300 kg N.ha⁻¹. Marino *et al.* (2004) obtuvieron CDN muy similares para raigrás anual, donde comparó las curvas con una CDN de referencia, al variar los aportes de N al suelo entre 0 y 250 kg de N.ha⁻¹.

En primavera, las curvas correspondientes a las cinco condiciones evaluadas se ubicaron por debajo de la curva teórica (CDN_t). Las dos situaciones más próximas a la CDN_t correspondieron a las curvas de CC300 y CC150 (figura 1). En verano, CC300 y CC150 superaron en un tramo a la CDN_t. Esto indica que una mayor disponibilidad de N

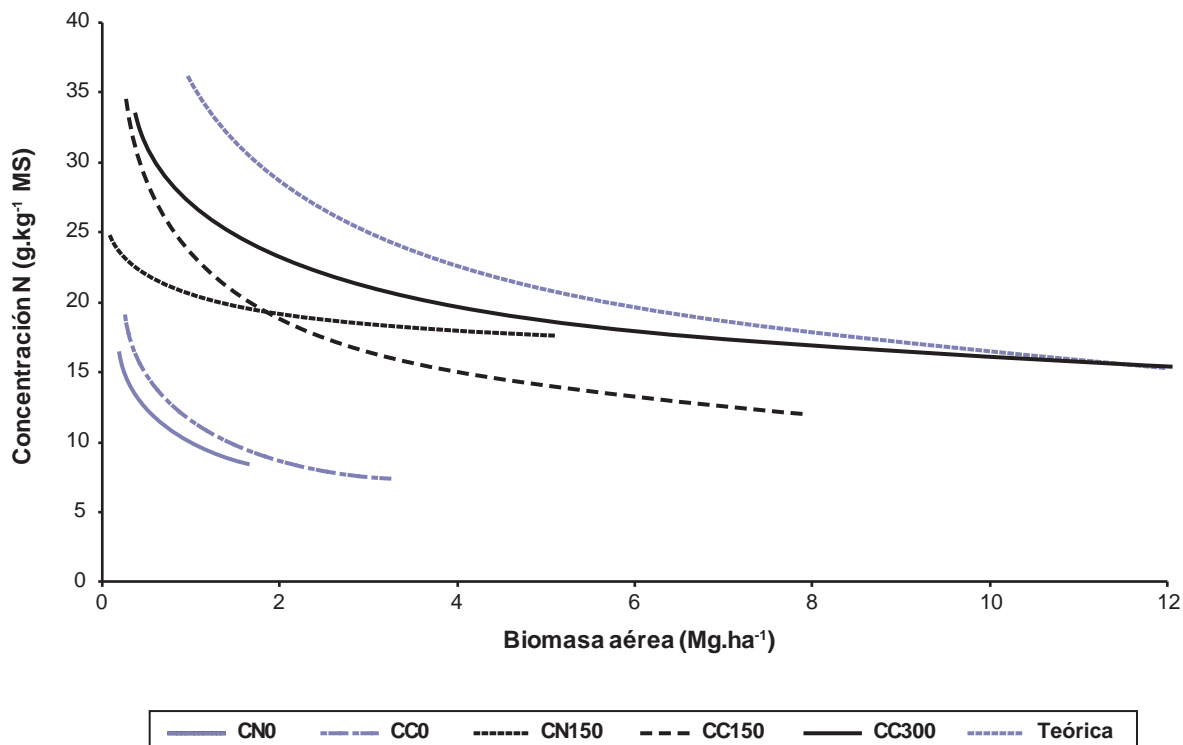


Figura 1. Curvas de dilución de nitrógeno en planta entera para primavera (2007 y 2008).

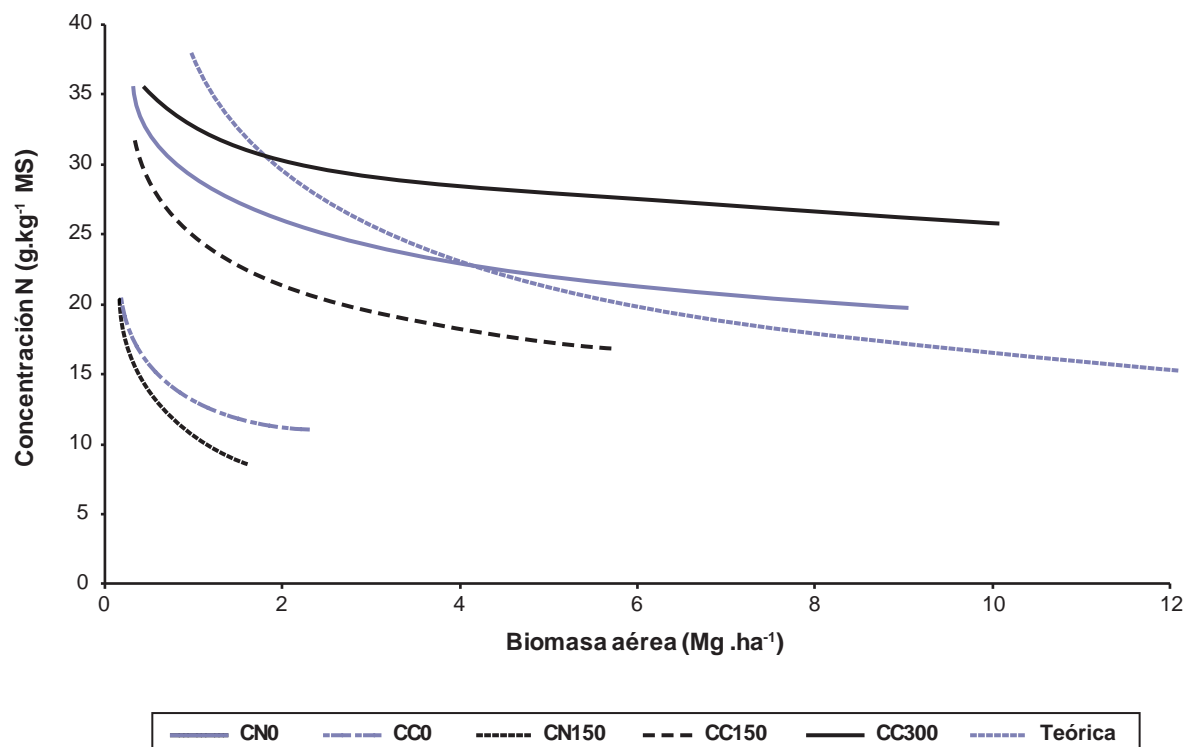


Figura 2. Curvas de dilución de nitrógeno en planta entera para verano (2007-08 y 2008-09).

| Tratamiento | A | b | R ² |
|-------------|-------|--------|----------------|
| Primavera | | | |
| CN0 | 10 | -0,306 | 0,53 |
| CC0 | 11 | -0,367 | 0,48 |
| CN150 | 23 | -0,32 | 0,60 |
| CC150 | 20 | 0,088 | 0,10 |
| CC300 | 27 | 0,225 | 0,54 |
| Verano | | | |
| CN0 | 11 | -0,335 | 0,46 |
| CC0 | 13 | -0,2 | 0,30 |
| CN150 | 24 | -0,205 | 0,33 |
| CC150 | 27,91 | -0,162 | 0,14 |
| CC300 | 31 | -0,092 | 0,12 |

Tabla 3. Coeficientes a y b para las CDN experimentales y coeficiente de determinación de la ecuación de Lemaire y Salette (2008).

en verano sería más aprovechable por la planta que en primavera, ya que la concentración de N en planta aumenta a iguales condiciones de disponibilidad edáfica de N (figura 2). La Digitaria, como toda C4, se comporta con mayor eficiencia en condiciones ambientales propias del verano, como la mayor radiación fotosintéticamente activa. Esta mayor eficiencia se traduce en una mayor acumulación de biomasa y de N que en primavera.

Tanto en primavera como en verano las curvas con menores aportes de N (CN0 y CC0) fueron las que produjeron menor biomasa aérea, aún con adecuada disponibilidad hídrica. Sin embargo, con niveles no limitantes de N el agua pasa a ser el factor limitante (CN150).

Los bajos valores de R² de algunos tratamientos se debieron a la variabilidad encontrada para la acumulación de biomasa dentro de cada uno de esos tratamientos.

Índice de nutrición nitrogenada (INN)

La tabla 4 muestra las diferencias en el INN para las cinco condiciones evaluadas en los cuatro ciclos de crecimiento. El INN varió desde 0,2 a 1,55.

En primavera, para ambos ciclos, los tratamientos estuvieron limitados por N, aunque CC300 se acercó al estado óptimo de nutrición (tabla 4). En el verano de ambos ciclos CC300 no estuvo limitado por N mientras que CN150 alcanzó el óptimo en el primer año; en cambio, en el segundo año estuvo muy por debajo de este (tabla 4). Esto es debido a que los tratamientos CN están más afectados por las condiciones naturales, mientras que los CC tienen valores más estables durante los distintos ciclos.

Por una parte, estos resultados concuerdan con lo esperado para cultivos C4. Ziadi *et al.* (2008) estudiaron la CDN y el INN para maíz en primavera utilizando 6 niveles de fertilización de N e informaron que con fertilizaciones de 20, 40 y 100 kg de N.ha⁻¹ se obtuvieron INN inferiores a 1, pero con aportes de 150 y 200 kg de N.ha⁻¹ se obtuvieron

| Primavera | | | | |
|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|
| ciclo | 2007 | | 2008 | |
| Tratamiento | Biomasa (Mg.ha ⁻¹) | INN | Biomasa (Mg.ha ⁻¹) | INN |
| CN0 | 1,2 | 0,26d ±0,01 | 1,4 | 0,27d ±0,01 |
| CN150 | 1,7 | 0,76c ±0,17 | 0,4 | 0,65c ±0,13 |
| CC0 | 2,8 | 0,39d ±0,01 | 1,7 | 0,27d ±0,02 |
| CC150 | 5,8 | 0,63c ±0,01 | 6,9 | 0,56c ±0,02 |
| CC300 | 9,9 | 0,90c ±0,33 | 7,1 | 0,86b ±0,06 |
| Verano | | | | |
| ciclo | 2007-08 | | 2008-09 | |
| CN0 | 0,8 | 0,45d ±0,13 | 1,4 | 0,25d ±0,04 |
| CN150 | 3,6 | 1,07b ±0,06 | 4,9 | 0,63c ±0,02 |
| CC0 | 1,4 | 0,40d ±0,08 | 1,1 | 0,28d ±0,02 |
| CC150 | 6,7 | 1,23b ±0,06 | 7,1 | 0,69c ±0,11 |
| CC300 | 8,9 | 1,55a ±0,13 | 8,8 | 1,08a ±0,07 |

Tabla 4. Índice de nutrición nitrogenada (INN) para las cuatro estaciones de crecimiento evaluadas (media y desvío estándar) para cada condición.

Letras distintas representan diferencias significativas (test DGC, $p < 0,05$) por ciclo para INN.

valores alrededor de 1. Por otra parte, Li *et al.* (2012) trabajaron en maíz para determinar CDN e INN utilizando 6 niveles de N, de 0 a 350 kg N.ha⁻¹, durante la primavera y encontraron valores de INN superiores a 1 en aplicaciones de 210 y 280 kg de N.ha⁻¹.

Acumulación de N en biomasa aérea y grados diarios de crecimiento (GDC)

Para evaluar la dinámica del N durante el ciclo de crecimiento de *Digitaria eriantha* se relacionó la acumulación de N en biomasa con los GDC. Esta relación puede observarse en las figuras 3 y 4. Las curvas de acumulación de N en planta entera en función de los GDC presentaron mejor ajuste con la función sigmoidea de Gompertz.

La acumulación de nitrógeno se incrementó con la acumulación de temperatura tanto en primavera como en verano, pero no de igual forma. Mientras que los tratamientos sin limitantes de agua y N respondían a la mayor acumulación de temperatura, los tratamientos en condiciones naturales no se mostraban muy afectados por esta variable. En primavera, la acumulación de N fue mayor en el primer año que en el segundo para los tratamientos con aporte de N, y en verano del primer año se observa mayor acumulación de N en los tratamientos sin limitantes de N.

Los valores observados en las curvas son similares en ambas estaciones y ciclos, siendo alrededor de 500 GDC donde se alcanzan los mayores valores de concentración de N. Alrededor de este valor, las curvas alcanzan una meseta, lo que indica una menor tasa de crecimiento a partir de 500 GDC (figura 3 y 4).

La respuesta de *Digitaria* a la acumulación de grados días, según la condición hídrica del suelo, también fue observada en otras gramíneas C4, como lo reportado por Ferri (2011) quien estudió la acumulación de biomasa aérea en relación con la suma térmica y la variabilidad de las precipitaciones en pasto Klein (*Panicum coloratum*), donde la acumulación de MS fue menor en la condición seca que en la condición lluviosa.

En *Digitaria*, la acumulación de GDC también afecta a otras variables morfológicas. Borcosqui y Privitello (2014) relacionaron longitud foliar con GDC y precipitaciones acumuladas, concluyendo que GDC fue el factor que mejor explicó la variación en la longitud foliar.

Los tratamientos que no recibieron aportes de N, CN0 y CC0, no lograron alcanzar niveles suficientes de acumulación nitrogenada en planta.

El tratamiento potencial, C300, alcanzó la más alta acumulación de N. Además se diferenció significativamente del resto de los tratamientos en tres de los cuatro períodos evaluados, primavera 07-08 y 08-09 y en verano 08-09. En verano 07-08, CC300 y CC150 no mostraron diferencias con significancia estadística; en cambio, en el verano 08-09 resultaron diferentes (tabla 5). Estos resultados se debieron a que en el verano 07-08 las precipitaciones fueron más altas que en el siguiente (tabla 2). En el resto de las estaciones, CC150 y CN150, no se diferenciaron estadísticamente, mostrándose como situaciones intermedias entre la potencial y las situaciones con restricciones de N, CC0, o de N y agua, CN0.

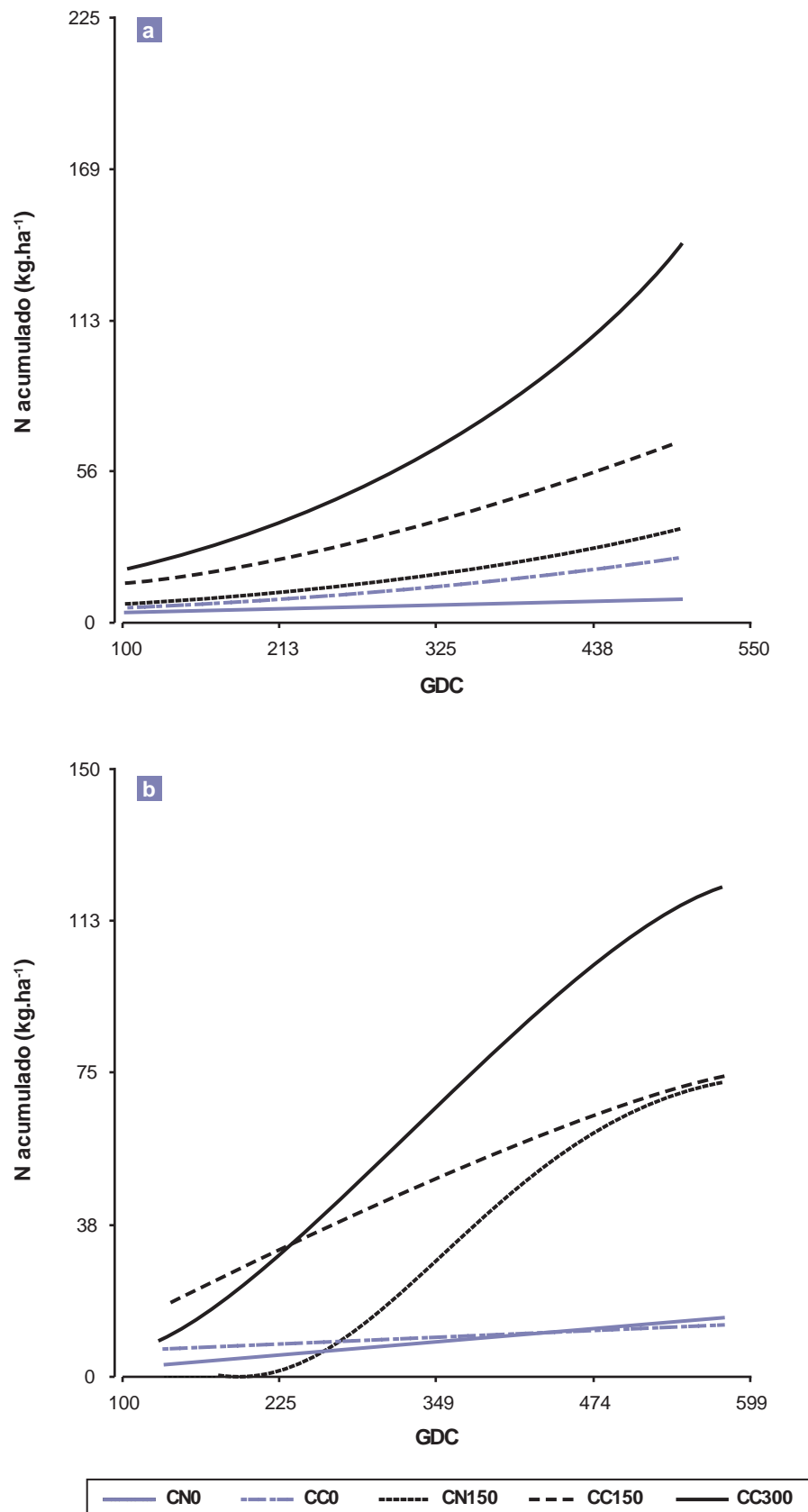


Figura 3. Curvas de acumulación de N en función de la temperatura acumulada (GDC) para primavera 2007 (a) y primavera 2008 (b)

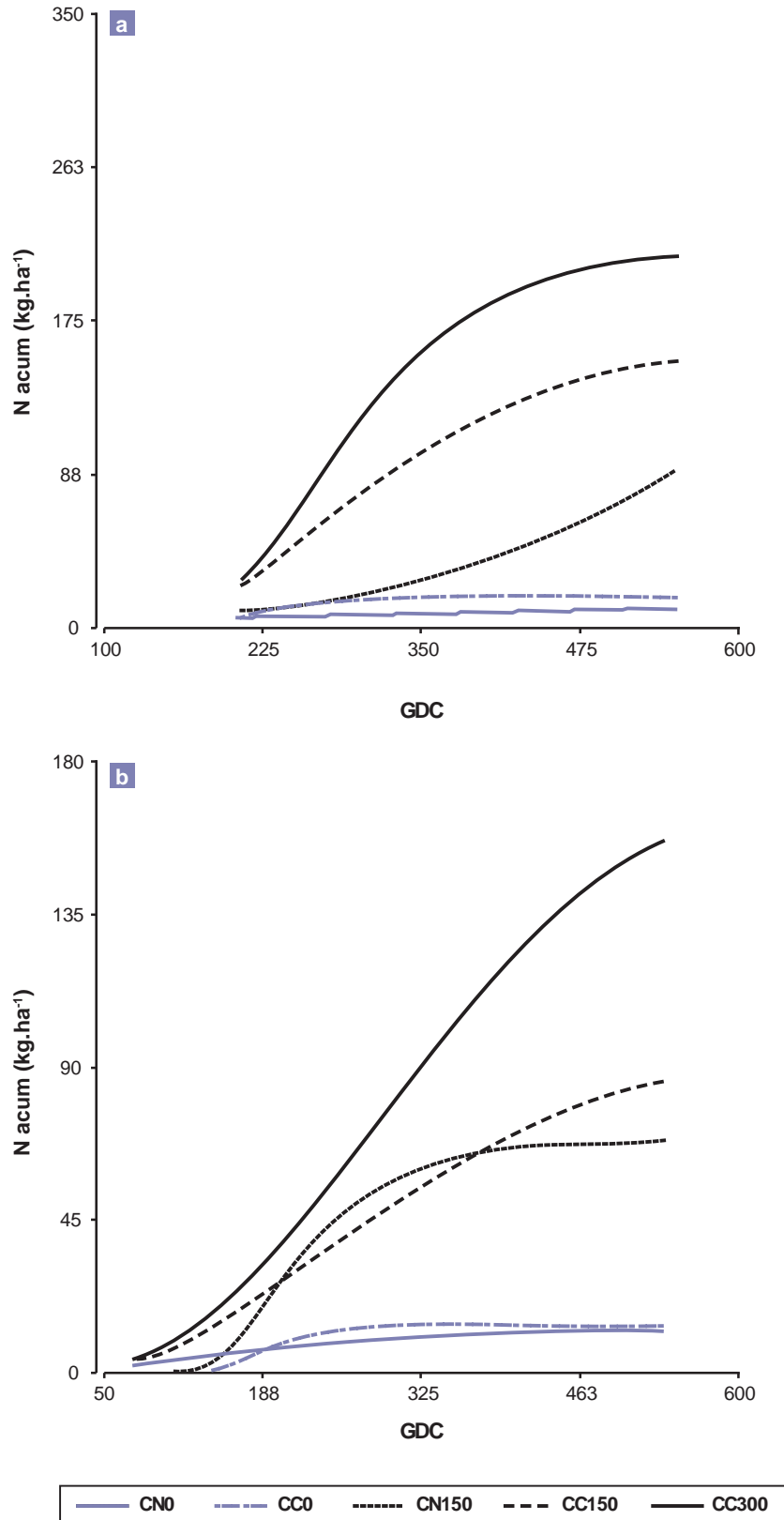


Figura 4.Curvas de acumulación de N en función de la temperatura acumulada (GDC) para verano 2007-08 (a) y verano 2008-09 (b).

| Primavera | | | | |
|-------------|----------|-------------------------------|----------|-------------------------------|
| ciclo | 2007 | | 2008 | |
| Tratamiento | GDC (°C) | N acum (kg.ha ⁻¹) | GDC (°C) | N acum (kg.ha ⁻¹) |
| CN0 | 499,8 | 10,4b ± 0,9 | 576,6 | 12,1c ± 1,7 |
| CN150 | | 39,3b ± 11,3 | | 66,0b ± 16,7 |
| CC0 | | 26,9b ± 4,1 | | 13,4c ± 4,1 |
| CC150 | | 72,2b ± 1,9 | | 72,0b ± 12,6 |
| CC300 | | 148,6a ± 69,5 | | 112,4a ± 9,6 |
| Verano | | | | |
| ciclo | 2007-08 | | 2008-09 | |
| CN0 | 548,4 | 13,3c ± 5,7 | 534,5 | 10,9c ± 2,8 |
| CN150 | | 89,5b ± 1,5 | | 63,6b ± 7,5 |
| CC0 | | 17,8c ± 9,3 | | 10,7c ± 0,7 |
| CC150 | | 155,9a ± 3,2 | | 91,4b ± 36,7 |
| CC300 | | 173,9a ± 46,0 | | 163,0a ± 2,4 |

Tabla 5. Acumulación de nitrógeno en planta (N, kg.ha⁻¹) y grados diarios de crecimiento (GDC, °C) en una pastura de *Digitaria eriantha* en Villa Mercedes, San Luis. Media y desvío estándar para cada ciclo, estación y última fecha de determinación.

Letras distintas representan diferencias significativas (test DGC, p<0,05) por ciclo para Nacum.

CONCLUSIONES

Las curvas de dilución nitrogenada estimadas en este trabajo para *Digitaria eriantha* en San Luis informan acerca del gradiente que ocurre desde una condición natural de disponibilidad hídrica y nitrogenada en el suelo hasta la condición potencial, pasando por situaciones intermedias, y en dos estaciones de crecimiento para representar la influencia del efecto de variables ambientales como precipitación y temperatura.

Además, se estimaron índices de nutrición nitrogenada para esta especie, diferenciando por gradientes de aportes hídricos, nitrogenados y variables ambientales (primavera y verano). Un elevado aporte de nitrógeno provoca la sobre nutrición de la pastura (INN mayores a 1). Se confirma que aportes de N sin adecuada disponibilidad hídrica no provocan aumentos de acumulación de N ni mejoran el INN.

Con respecto a la relación de la acumulación de N con la acumulación de temperatura a través de cada uno de los ciclos de crecimiento, en este trabajo se cuantifican los GDC (500 °C) necesarios para alcanzar la meseta de acumulación de N en planta.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con la financiación del proyecto INTA-AEFP52-26292 "Producción, calidad y manejo sustentables de las pasturas templadas y megatérmicas". Agradecemos a Mónica Agnusdei (EEA INTA Balcarce)

por acompañar el proceso de ejecución de los ensayos, a Verónica Casado (AER INTA Delta) y a Luciana Martínez Calsina (INTA IIACS) por el apoyo brindado.

BIBLIOGRAFÍA

- ARCHONTOULIS, S.V.; MIGUEZ, F.E. 2015. Nonlinear Regression Models and Applications in Agricultural Research. *Agronomy Journal* 105 (2) 786–798.
- BORCOSQUI, A.A.; PRIVITELLO, M.J.L. 2014. Análisis morfo-genético a nivel de macollo de *Digitaria eriantha* Steudel subesp. *eriantha* en el semiárido sanluiseño. Trabajo final. Director: Privitello, M.J.L. Fac. Ing y Cs. Agrop. UNSL.
- BREMNER, J.M. 1965. Total nitrogen. En: Black, C (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy 9. Am. Soc. Agron. Wisconsin, EE. UU.* pp. 1149–1177.
- COLNENNE, C.; MEYNARD, J.M.; REAU, R.; JUSTES, E.; MERRIEN, A. 1998. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter oilseed rape. *Annals of Botany*, 81: 311-317.
- DA SILVA, E.A.; DA SILVA, W.J.; BARRETO, A.C.; BARBOSA DE OLIVEIRA JR., A.; VALENTE PAES, J.M.; MENDES RUAS, J.R.; SÁVIO QUEIROZ, D.M. 2012. Dry matter yield, thermal sum and base temperatures in irrigated tropical forage plants. *R. Bras. Zootec.*, v. 41, n.º 3, pp. 574-582.
- DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZÁLEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C.W. 2012. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- DO NASCIMENTO JR, D. y ADESE, B. 2004. Acumulo de biomasa na pastagem. II Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem, UFV, Vicosá, Brasil.

- DURAND, J.L.; GONZÁLEZ-DUGO, V.; GASTAL, F. 2010. How much do water deficits alter N nutrition status of forage crops? *Nutrient Cycling Agroecosystem* 88: 231–243.
- FERRI, C.M. 2011. Patrones estacionales e interanuales de acumulación de biomasa y proteína bruta en mijo perenne (*Panicum coloratum*), en la región Pampeana semiárida central de Argentina. *Ciencia e investigación agraria*, 38(2):191-198. *Ciencia e investigación agraria*, 38(2):191-198. (Disponible: www.rcia.uc.cl verificado: octubre de 2014).
- FRASINELLI, C.A.; VENECIANO, J.H. (ed). 2014. *Sistemas bovinos sobre gramíneas megatérmicas perennes en San Luis*. Ediciones INTA 2014, pp. 9–10.
- GREENWOD, D.J.; LEMAIRE, G.; GOSSE, G.; CRUZ, P.; DRAYCOTT, A.; NEETESON, J.J. 1990. Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. *Ann. Bot.* 66,425–436.
- JUSTES, E.; MARY, B.; MEINARD, J.M.; MACHET, J.M.; THELIER-HUCHE, L. 1994. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. *Annals of Botany*, 74: 397–407.
- LAFITTE, H.R. 2001. Fisiología del maíz tropical. En: PALIWAL, R.L.; GRANADOS, G.; LAFITTE, H.R.; VIOLIC, A.D. (Ed.) *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*. Núm: X7650 ISBN:9253044578 ISSN: 1014-3041 FAO Plant Production and Protection Series, Versión: 28, (disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s05.htm> verificado: noviembre de 2014).
- LEMAIRE, G.; JEUFFROY, M.H.; GASTAL, F. 2008. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage. Theory and practices for crop N management. *European Journal of Agronomy*, 28, pp. 614–624.
- LEMAIRE, G.; GASTAL, F. 1997. N uptake and distribution in plant canopies. En LEMAIRE, G. (Ed.) *Diagnosis of the nitrogen status in crop*. Springer-Verlag, pp 3–43.
- LEMAIRE, G.; SALETTE, J. 1984. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I. Etude de l'effet du milieu. *Agronomie* 4: 423–430.
- LEMAIRE, G.; SALETTE, J. 1984. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. II. Etude de la variabilité entre genotypes. *Agronomie* 4: 431–436.
- LEMAIRE, G. 2001. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. *Journal International Grassland Congress*, volume 19, pp. 29–37.
- MARINO, M.A.; MAZZANTI, A.; ASSUERO, S.G.; GASTAL, F.; ECHEVERRIA, H.E.; ANDRADE, F. 2004. Nitrogen dilution curves and Nitrogen use efficiency during winter-spring growth of annual Ryegrass. *Agronomy Journal*, 96: 601–607.
- MONTGOMERY, D.C. 1991. *Diseño y análisis de experimentos*. Grupo editorial Iberoamérica S. A. de C. V. pp. 393–408.
- MORALES, A.A. 1998. *Morfogênese e repartição de carbono em Lotus corniculatus L. cv. São Gabriel sob o efeito de restrições hídricas e luminosas*. Tese (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. UFRGS, 1998, p. 74.
- PEÑA ZUBIATE, C.A.; D'HIRIART, A. 2000. *Carta de suelos de la República Argentina*. Hoja Villa Mercedes. Provincia de San Luis. INTA y Gobierno de la Pcia. de San Luis. Escala 1:100000.
- PLÉNET, D.; LEMAIRE, G. 2000. Relationships between dynamics of nitrogen uptake and dry matter accumulation in maize crops. Determination of critical N concentration. *Plant and soil*, 216, pp. 65–82.
- PRIVITELLO, M.J.L.; GABUTTI, E.G. 2004. *Producción y calidad nutricional de forrajeras cultivadas y nativas del semiárido sanluiseño*. ISBN 987-43-7875-1.
- VENECIANO, J.H. 2006. *Gramíneas estivales perennes para ambientes semiáridos: Características y productividad*. Información técnica n.º 171, EEA INTA San Luis, p. 84.
- ZIADI, N.; BRASSARD, M.; BÉLANGER, G.; CAMBORIUS, A.N.; TREMBLAY, N.; NOLIN, M.C. CLAESSENS, A.; PARENT, L.E. 2008. Critical nitrogen curve and nitrogen nutrition index for corn in Eastern Canada. *Agronomy Journal*, 100: 271–276.

Efecto de la restricción hídrica invernal en olivo (*Olea europaea* L.): el potencial hídrico xilemático y la conductancia estomática

IBÁÑEZ, A.A.¹; PARERA, C.¹; TORRES, M.¹

RESUMEN

Durante la aplicación de una restricción hídrica invernal, en las temporadas de 2011 y de 2012, se cuantificaron y relacionaron el estado hídrico del olivo (*Olea europaea* L.) con el contenido de humedad del suelo y la temperatura ambiental. El experimento se realizó en olivos del cv. Arbequina de 10 años de edad implantadas en la EEA San Juan INTA (San Juan, Argentina). Los tratamientos aplicados fueron: T1, riego completo con reposición del 100% de la evapotranspiración de cultivo (ETc) durante todo el ciclo y dos tratamientos con restricción hídrica (21 de junio al 31 de agosto), T2, regado con el 50% ETc y T3, sin riego, para el resto de la temporada los riegos fueron con el 100% de ETc. Se midieron el potencial hídrico xilemático (Ψ_{tallo}), la conductancia estomática (g_s), el contenido de agua extraíble relativa (AER) del suelo y el efecto de la temperatura ambiental.

Los resultados demostraron la factibilidad en la aplicación de restricciones hídricas invernales en la región árida de Argentina con baja disponibilidad de agua durante ese periodo. Las disminuciones en el Ψ_{tallo} y en la g_s dependen del contenido de AER del suelo y de la temperatura ambiental. La aplicación de una restricción hídrica que repone el 50% de la ETc, con una reserva inicial de agua fácilmente aprovechable (AFA) de 40 mm, afecta levemente el estado hídrico del olivo mientras que la aplicación de una restricción total del riego durante el invierno, sin reserva inicial de AFA, afecta severamente el Ψ_{tallo} y la g_s hasta valores extremos -6,80 MPa y 5,67 mmol/m²/s, respectivamente. Los indicadores fisiológicos de Ψ_{tallo} y de g_s del olivo se deben evaluar conjuntamente con el contenido de humedad del suelo.

Palabras claves: *Olea europaea* L., relaciones hídricas, riego deficitario.

ABSTRACT

*During the application of a winter water restriction in the seasons of 2011 and 2012, was quantified and related the water status of olive (*Olea europaea* L.) with soil moisture content and ambient temperature. The experiment was conducted in olive trees cv. Arbequina 10 years old in EEA San Juan INTA (San Juan, Argentina). The treatments were: T1, full irrigation with replacement of 100% of crop evapotranspiration (ETc) throughout the cycle and two treatments with water restriction (21 June to 31 August), T2, irrigated with 50% ETc and T3,*

¹Estación Experimental Agropecuaria San Juan, INTA, Calle 11 y Vidart (5427). Villa Aberastain. Pocito. San Juan. Argentina.
Correo electrónico: ibanez.antonio@inta.gob.ar; parera.carlos@inta.gob.ar

no-irrigation, for the rest of the season with irrigation were 100% ETc. The stem water potential (Ψ_{tallo}), stomatal conductance (g_s), relative extractable water (REW) soil and the effect of ambient temperature were measured.

The results demonstrated the feasibility in implementing winter water restrictions in the arid region of Argentina, with low water availability during that period. The decrease in Ψ_{tallo} and g_s depends on the content REW of soil and ambient temperatures. Applying a water restriction which replaces the 50% ETc, with an initial reserve of easily available water (AFA) of 40 mm, slightly affects the water status of the olive tree; while implementing a full irrigation restriction during the winter, without initial reserve of AFA, severely affects the Ψ_{tallo} and g_s to -6.80 MPa and 5.67 mmol/m²/s, respectively. Irrigation scheduling during the winter using Ψ_{tallo} and g_s must be evaluated together with the soil moisture content.

Keywords: *Olea europaea* L., water relations, deficit irrigation.

INTRODUCCIÓN

El olivo (*Olea europaea* L.) es un frutal mediterráneo cultivado en todo el mundo (Barranco *et al.*, 1998; Connor, 2005; Vossen, 2007; Breton *et al.*, 2009). En Argentina el olivo se cultiva en las provincias del noroeste (La Rioja, Catamarca y Salta), centro-oeste (Mendoza y San Juan) y centro (Córdoba y Buenos Aires), abarcando una superficie de 102.000 ha (Tagarelli, 2011; Searles *et al.*, 2011). San Juan se caracteriza por escasa precipitación anual, inviernos secos, vientos Zonda (viento local seco y caliente), veranos cálidos y suelos heterogéneos de profundidad variable (Poblete *et al.*, 1989 a, 1989 b; Liotta, 1999; Panigatti, 2010); en estas condiciones ambientales adversas la olivicultura se desarrolló basándose en las adaptaciones morfológicas y fisiológicas del olivo (Grammatikopoulos *et al.*, 1994; Lavee, 1996; Dichio *et al.*, 1997; Fernández *et al.*, 1997; Xiloyannis *et al.*, 1999; Ferreyra *et al.*, 2001; Pierantozzi *et al.*, 2013).

En la región del Mediterráneo el olivo se cultiva en secano, sin embargo, la aplicación de riego aumenta el rendimiento en frutos y en aceite (Goldhamer *et al.*, 1999; Alegre *et al.*, 2000; Ferreyra *et al.*, 2001; Ben-Gal *et al.*, 2011). En la región árida de Argentina para obtener una producción rentable es necesaria la aplicación de riego durante todo el ciclo de cultivo; es importante definir estrategias deficitarias de riego para incrementar la eficiencia de uso de agua (English y Raja, 1996; Fereres y Soriano, 2007; Geerts y Raes, 2009). La aplicación de estrategias deficitarias de riego implica el conocimiento previo de las respuestas fisiológicas y productivas del cultivo al déficit hídrico (Sánchez-Blanco y Torrecillas, 1995; Geerts y Raes, 2009; Steduto *et al.*, 2012).

El déficit hídrico es el principal factor ambiental que limita la fotosíntesis de las plantas y el rendimiento de los cultivos (Loreto y Sharkey, 1990; Bongi y Palliotti, 1994; Angelopoulos *et al.*, 1996; Chartzoulakis *et al.*, 1999; Shao *et al.*, 2008; Anjum *et al.*, 2011; Steduto *et al.*, 2012) y más aun en regiones áridas y semiáridas con disponibilidad limitada de agua donde el olivo se adapta favorablemente por su alto grado de tolerancia a la sequía (Lo Gullo y Salleo, 1988; Connor,

2005). Por esta razón el olivo es un árbol modelo donde se pueden realizar estudios morfológicos y fisiológicos en condiciones de estrés hídrico y rehidratación (Perez-Martin *et al.*, 2014) como aquellos donde se relacionan el grado de dependencia entre los indicadores hídricos de la planta, del suelo y de la atmósfera (Fernández *et al.*, 1997; Giorio *et al.*, 1999; Moriana *et al.*, 2002; Rousseaux *et al.*, 2008; Ben-Gal *et al.*, 2009; Masmoudi *et al.*, 2010; Dell'Amico *et al.*, 2012; Flexas *et al.*, 2014; Girón *et al.*, 2015) con la finalidad de mejorar el manejo del cultivo y maximizar su productividad (Hsiao, 1973; Restrepo-Díaz, *et al.*, 2010).

Existen antecedentes importantes sobre las respuestas a nivel fisiológico y productivo del olivo al riego y al déficit hídrico en etapas fenológicas (crecimiento vegetativo y desarrollo reproductivo) con alta actividad metabólica (Proietti y Antognozzi, 1996; Inglese *et al.*, 1996; Dichio *et al.*, 1997, 2003; Giorio *et al.*, 1999; Xiloyannis *et al.*, 1999; Alegre *et al.*, 2000; Ferreyra *et al.*, 2001; Stefanoudaki *et al.*, 2001, 2009; Moriana *et al.*, 2002, 2003; Tognetti *et al.*, 2004, 2005; Selles van Sch *et al.*, 2006; Lavee *et al.*, 2007; Aganchich *et al.*, 2009; Greven *et al.*, 2009; Rousseaux *et al.*, 2009; Correa-Tedesco *et al.*, 2010; Pacheco *et al.*, 2011; Dell'Amico *et al.*, 2012; Cano-Lamadrid *et al.*, 2015; Girón *et al.*, 2015; Rosecrance *et al.*, 2015). Se conoce que un estrés hídrico leve no afecta, fuertemente, las relaciones hídricas (Centritto *et al.*, 2005) ni la capacidad de asimilación de CO₂ del olivo (Aganchich *et al.*, 2009). Sin embargo, a medida que avanza el grado de estrés hídrico se reducen el estado hídrico y el intercambio gaseoso de la hojas (Alegre *et al.*, 2000; Stefanoudaki, *et al.*, 2001) por debajo de valores que causarían la deshidratación y muerte en otros cultivos (Orgaz y Fereres, 1998; Moriana *et al.*, 2002). Estas reducciones en el intercambio gaseoso se deben a limitaciones difusionales y no difusionales (Giorio *et al.*, 1999; Centritto *et al.*, 2003) reguladas por acuaporinas (Perez-Martin *et al.*, 2014). También se ha establecido que la menor sensibilidad al estrés hídrico podría ocurrir entre el endurecimiento de carozo y el inicio de la maduración del fruto (Alegre *et al.*, 1999; Goldhamer, 1999; Moriana *et al.*, 2003; Cano-Lamadrid *et al.*, 2015). Otros estudios inclu-

yen al periodo de acumulación de aceite (Berenguer *et al.*, 2006; Martinelli *et al.*, 2012; Rosecrance *et al.*, 2015) con efectos sobre el rendimiento y la calidad de aceite.

Sin embargo, son pocos los antecedentes relevantes, a nivel mundial, sobre el efecto del estrés hídrico durante la estación invernal (Rousseaux *et al.*, 2008; Rapoport *et al.*, 2012 y Pierantozzi *et al.*, 2013). Estos estudios fueron desarrollados en diferentes condiciones ambientales, en vivero o maceta (Rapoport *et al.*, 2012) y a campo, con periodos de estrés hídrico relativamente corto durante invierno, 20 de julio al 30 de agosto, Rousseaux *et al.* (2008) o relativamente largo y combinando estaciones de invierno-primavera (Pierantozzi *et al.*, 2013) obteniéndose diferentes respuestas fisiológicas, tal como en las relaciones hídricas.

El estado hídrico del olivo durante la estación invernal es de gran importancia debido a que las condiciones ambientales y las prácticas de manejo del cultivo, antes del inicio de brotación de yemas, son factores que interaccionan sobre el proceso de diferenciación de las yemas vegetativas y florales (Lavee, 1996; Andreini *et al.*, 2008; Rapoport *et al.*, 2012; Pierantozzi *et al.*, 2014). Una programación adecuada del riego en las distintas fases del cultivo requiere del conocimiento de la evapotranspiración del cultivo (Allen *et al.*, 2006), del estado de humedad del suelo (Hanson, 2000) y fundamentalmente del estado hídrico de la planta (Moreno *et al.*, 2007; Padilla-Díaz *et al.*, 2015). El potencial hídrico, la conductancia estomática de las hojas, el flujo de savia, la temperatura de canopia, el diámetro de tronco y la presión de turgencia de hojas integran los efectos del contenido de agua en el suelo y de las condiciones ambientales (Fernández *et al.*, 2001, 2011; Fereres y Goldhamer, 2003; Giorio y Giorio, 2003; Jones, 2004; Gil-Pelegrián *et al.*, 2005; Sepulcre-Cantó *et al.*, 2006; Moreno *et al.*, 2007; Pérez-López *et al.*, 2008; Ben-Gal *et al.*, 2009; Berni *et al.*, 2009; Cuevas *et al.*, 2010; García López *et al.*, 2010; Padilla-Díaz *et al.*, 2015).

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el efecto de la restricción hídrica invernal (21 de junio al 31 de agosto) sobre el estado hídrico del olivo y establecer la relación de dependencia del potencial hídrico de planta y de la conductancia estomática de las hojas con el contenido de humedad del suelo. Adicionalmente, analizar el posible efecto de la temperatura ambiental sobre las relaciones hídricas seleccionadas durante dos ciclos anuales del cv Arbequina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de experimentación

El estudio fue realizado en la EEA San Juan INTA (31° 37' S, 68° 32' O, altitud 618,23 m) en olivos (*Olea europaea* L.) cv. Arbequina de 10 años, en un marco de plantación de 6 m x 2 m y con un volumen de copa entre 11 a 14 m³/olivo.

La provincia de San Juan pertenece a la región árida de Argentina con tres regímenes climáticos: el seco de desierto, el seco de estepa y el frío de altura; el clima seco se caracterizada por escasa precipitación anual de régimen

estival, inviernos secos y cálidos, con viento Zonda desde mayo a noviembre y gran amplitud térmica (Poblete *et al.*, 1989a, 1989b). Los suelos son entisoles torrifluventes y torripsamientos típicos (Liotta, 1999; Panigatti, 2010).

El perfil del suelo presentó tres clases texturales de 0 a 0,30 m franco, de 0,30 m a 0,60 m franco arenoso y desde 0,60 m arenoso con gravas. La profundidad total de raíces fue de 0,56 m y se estableció como profundidad efectiva de raíces, el 80% de su profundidad total (Fuentes Yagüe, 1998), es decir 0,45 m.

Se utilizó el sistema de riego por goteo, con dos laterales separadas a 0,80 m, con gotero integral autocompensado de 3,6 l/h con espaciamiento a 0,70 m entre gotero.

La parcela experimental estuvo formada por 5 olivos, 3 centrales de medición y 2 extremos de bordura. El diseño experimental fue completamente aleatorizado (DCA) con 4 repeticiones (Kuehl, 2001).

Tratamientos de aplicación del riego

Los tratamientos de riego evaluados en los dos ciclos (2011 y 2012) fueron:

- T1: tratamiento control que repone 100% de la evapotranspiración del cultivo (ET_c) durante todo el ciclo del cultivo.
- T2: tratamiento que repone el 50% de la ET_c desde el 21 de junio al 31 de agosto.
- T3: tratamiento sin riego desde el 21 de junio al 31 de agosto.

Se estableció como fecha final del periodo de restricción hídrica invernal, el 31 de agosto, tiempo antes que se inicie el movimiento de yemas (yema hinchada) en el cv Arbequina para no afectar la diferenciación morfológica visible de yemas que se produce a fines de invierno-inicio de primavera.

Antes de iniciar los tratamientos de riego, los olivos recibieron riegos profundos diferenciados. En el año 2011, los olivos de T1 y T2 recibieron riegos profundos de igual cantidad, dejando a los olivos de T3 sin riego profundo para producir el efecto del estrés hídrico durante el periodo invernal. En el año 2012, y con los resultados obtenidos en los olivos de T3 en la temporada anterior, se decidió aplicar riegos profundos a todos los olivos (T1, T2 y T3).

Finalizado el periodo de restricción (31 de agosto), nuevamente, se aplicaron riegos diferenciados en los olivos de T2 y T3 (en ambos años) para restablecer las condiciones de humedad de suelo semejantes a los olivos de T1.

Una vez restablecida las condiciones de humedad de los suelos de T2 y T3, las dosis de riego para el resto de la temporada anual fueron iguales a la dosis de T1 (100% de ET_c).

Los requerimientos hídricos fueron estimados siguiendo el método FAO Penman-Monteith (Allen *et al.*, 2006) mediante la siguiente fórmula:

$$ET_c = ET_o \times K_c \times K_r,$$

donde, E_{To} es la evapotranspiración de referencia, K_c es el coeficiente de cultivo y K_r es el coeficiente de reducción por superficie sombreada.

La E_{To} fue calculada a partir de datos de la estación agrometeorológica de la EEA San Juan (promedio de 1969 al 2010) mediante la utilización del tanque evaporímetro clase A ($E_{To} = K_p \times E_{pan}$) con valores del coeficiente del tanque evaporímetro (K_p) que varían entre 0,52 y 0,69 dependiendo de las condiciones ambientales del lugar. Los valores de K_c aplicados desde fines de otoño e invierno fueron iguales a 0,4 (Rousseaux *et al.*, 2008), mientras que para el resto del año fueron de 0,6. El K_r igual a 0,9 en ambos años, siguiendo la metodología propuesta por Pastor *et al.* (1999). La eficiencia de aplicación fue de 0,9 y la frecuencia del riego cada 3 a 5 días. La lámina de riego anual en los dos ciclos de cultivo fue la misma, calculada desde los 42 años de registros de E_{To} .

El umbral de riego teórico o nivel inferior de AFA (agua fácilmente aprovechable) fue establecido según la metodología propuesta por Allen *et al.* (2006).

Relaciones hídricas

La cantidad de agua en el suelo fue medida en laboratorio, determinando la humedad gravimétrica y volumétrica (%Hg y %Hv) sobre un perfil de 0,60 m de profundidad para incorporar los 0,45 m de profundidad efectiva de raíces y el posible efecto de absorción del resto del sistema radicular y crecimiento radicular próximo. El perfil de 0,60 m se construyó con muestras extraídas a dos profundidades, de textura franco de 0 a 0,30 m y de textura franco arenoso de 0,30 a 0,60 m. Las muestras de suelo húmedo, por parcela, fueron extraídas con barreno (48 h post-riego), entre 0,50 a 1,0 m alrededor del tronco, pesadas en balanza analítica (OHAUS-Adventure) y secadas hasta peso constante en estufa termostática (105 °C). Además, se estableció el contenido de agua extraíble relativo del suelo (Granier, 1987; Fernandez *et al.*, 2006) mediante la siguiente fórmula:

$$AER = (R - R_{min}) / (R_{max} - R_{min}),$$

donde, AER es el contenido de agua extraíble relativo del suelo, R es el contenido actual de agua del suelo, R_{min} es el contenido mínimo de agua del suelo medido en el experimento y R_{max} es el contenido de agua del suelo a capacidad de campo.

El estado hídrico de la planta se midió mediante el potencial hídrico a mediodía (Ferreyra *et al.*, 2002; Masmoudi *et al.*, 2010; Moriana *et al.*, 2012) utilizando como indicador al potencial hídrico xilemático (Ψ_{tallo}) mediante el método de cámara de presión y metodología descrita por Meyer y Reicosky (1985). Las mediciones se realizaron sobre una brindilla de 8 a 10 cm de longitud, cercanas a las ramas principales o tronco, cubiertas con bolsa plástica y papel aluminio dos horas antes de la medición (13 h), una brindilla por árbol, en las unidades de medición de cada parcela experimental.

Se estableció el cálculo de la cantidad de agua en el perfil de suelo de 0 a 0,60 m de los olivos de T1, T2 y T3 mediante la siguiente fórmula:

$$L_t = (A_{ai} + (A_r - A_f)) + dr$$

donde, L_t es la lámina total, A_i es el contenido de agua antes de iniciar la restricción hídrica invernal, A_r es el contenido de agua restablecido después de la restricción hídrica invernal, A_f es el contenido de agua al final de la restricción hídrica invernal y dr es la dosis de riego anual.

La conductancia estomática (g_s) se midió mediante un sistema portable de fotosíntesis (CIRAS 2-Portable Photosynthesis System) sobre una hoja desarrollada y expandida ubicada en el tercio medio de una brindilla de 15-25 cm de longitud, en los tres olivos centrales de cada parcela experimental. Las mediciones se realizaron entre las 10:30 h y las 14:00 h en invierno, y entre 9:30 a 13:00 h en primavera.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con el software estadístico Infostat versión 2013 mediante análisis de varianza (ANOVA) aplicando un análisis factorial inicial de dos factores (Tratamientos de riego y Año) y su interacción, posteriormente, el efecto de los tratamientos se analizaron en una vía de clasificación (por cada año) y se estableció la comparación de medias mediante el Método de LSD Fisher, con un nivel de significancia de $p > 0,05$. También se aplicaron análisis de regresión para establecer las relaciones de dependencia entre los parámetros hídricos estudiados y la utilización de gráficos de puntos.

RESULTADOS

Los datos meteorológicos del sitio de estudio (1969 al 2012) se presentan en la figura 1 y en la tabla 1. En la figura 1 se representan las medias mensuales de las temperaturas mínimas, temperaturas máximas, E_{To} y E_{Tc} ; en estos gráficos se observan temperaturas mínimas próximas a 0° C y menor evapotranspiración entre los meses de mayo y agosto.

En la tabla 1 se muestran los valores promedio mensuales y anuales de E_{To} y E_{Tc} (1969 al 2010). También, se exponen los valores medios mensuales de precipitaciones, temperaturas y E_{To} de 2011 y de 2012; en estos datos se observa una diferencia de 110 a 130 mm con la E_{To} media anual de 42 años, que se concentra en la temporada estival (primavera-verano). En los años de 2011 y de 2012 las precipitaciones medias anuales fueron de 125,6 mm y 40,6 mm, respectivamente.

En la tabla 2 se detalla el contenido promedio de agua en el perfil de suelo de 0,6 m en los años 2011 y 2012. A la dosis anual de cada tratamiento se le adicionó el agua de los riegos profundos. En la sumatoria total de agua aplicada en el suelo los tratamientos deficitarios tuvieron 20 mm más comparado con los olivos de T1, a excepción del T3

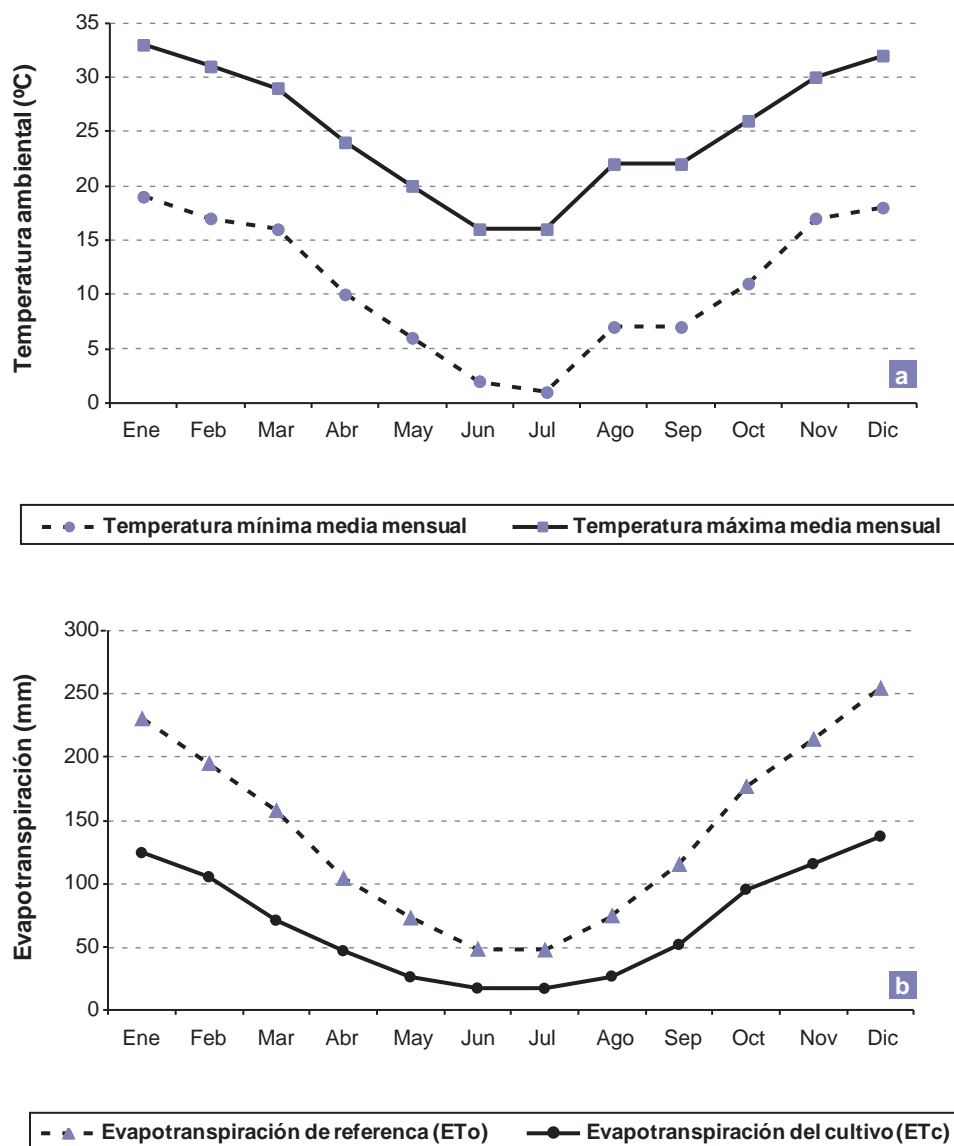


Figura 1. Valores de temperatura ambiental y evapotranspiración en Pocito, San Juan, desde 1969 al 2012. Estación meteorológica de la EEA San Juan INTA.

a. Temperaturas mínimas y máximas medias mensuales.

b. Evapotranspiración de referencia y de cultivo medias mensuales.

en 2011; esta diferencia se debió a láminas de los riegos profundos aplicadas a la salida del periodo de restricción hídrica invernal.

Al analizar estadísticamente el efecto de los tratamientos y año de aplicación se observaron diferencias significativas al igual que su interacción (tabla 3). En 2011 el Ψ_{tallo} fue más negativo que en 2012. En ambos ciclos los olivos de T3 mostraron valores significativamente más negativos que los olivos de T1 y T2. Similar comportamiento fue observado en el contenido de AER del suelo siendo significativamente menor en T3. Al evaluar la g_s , los olivos de T1 mostraron mayor g_s con respecto a los olivos de T2 y de T3.

En las figuras 2 y 3 a, b y c se detallan el contenido de AER del suelo, el Ψ_{tallo} y la g_s , respectivamente, de los dos ciclos del cultivo. El contenido de humedad del suelo que se midió sobre un perfil total de 0,60 m (con los valores obtenidos en dos estratos, una de 0 a 0,30 m y otra de 0,30 a 0,60 m) tuvo valores promedios de 18% Hg a Cc, de 8% Hg a Pm y de 1,45 de densidad aparente. Se registró un valor máximo de 20,6% Hg a CC (29,87% de Hv y 179,22 mm) y un valor mínimo de 3,11% Hg (4,5% Hv y 27,05 mm). El umbral de riego teórico (nivel inferior de AFA) fue de 10% Hg (14,5% Hv y 87 mm). El contenido de AER del perfil de suelo tuvo los siguientes valores, Rmin igual a 27,05 mm y Rmax igual a 179,22 mm.

| Mes | Promedio 1969 al 2010 | | | 2011 | | 2012 | | | | |
|--------------------|-----------------------|---------------|---------------|--------------------|-----------|-------------|---------------|-------------------|-----------|-------------|
| | ETo (mm) | ETc (mm) | Pp. med. (mm) | Temp. amb. med. °C | | ETo (mm) | Pp. med. (mm) | Temp. amb. med °C | | ETo (mm) |
| | | | | Máx. | Min. | | | Máx. | Min. | |
| Enero | 229,94 | 124,17 | 54 | 33 | 19 | 235 | 21 | 35 | 21 | 247 |
| Febrero | 193,96 | 104,74 | 28,4 | 31 | 18 | 196 | 1,6 | 32 | 20 | 219 |
| Marzo | 157,54 | 70,89 | 9,4 | 29 | 15 | 146 | 1,6 | 31 | 16 | 167 |
| Abril | 104,11 | 46,86 | 3,8 | 26 | 10 | 124 | 2,4 | 24 | 11 | 112 |
| Mayo | 73,05 | 26,3 | 0 | 21 | 4 | 111 | 0 | 21 | 6 | 75 |
| Junio | 48,12 | 17,32 | 0,2 | 17 | 1 | 50 | 0 | 18 | 2 | 62 |
| Julio | 47,12 | 17,23 | 2,8 | 16 | -1 | 43 | 0 | 16 | 0 | 46 |
| Agosto | 75,15 | 27,06 | 0 | 19 | 2 | 84 | 1 | 19 | 3 | 58 |
| Septiembre | 115,24 | 45,25 | 0 | 26 | 6 | 144 | 7 | 23 | 8 | 116 |
| Octubre | 177,13 | 95,65 | 0,2 | 26 | 11 | 197 | 2 | 26 | 11 | 162 |
| Noviembre | 213,6 | 115,34 | 26 | 31 | 16 | 222 | 4 | 32 | 17 | 239 |
| Diciembre | 253,38 | 136,83 | 0,8 | 33 | 19 | 266 | 0 | 34 | 18 | 299 |
| Total anual | 1689,1 | 827,63 | 125,6 | 26 | 10 | 1818 | 40,6 | 26 | 11 | 1800 |

Índice de Aridez 0,05* 3,3**

Tabla 1. Valores promedio mensuales y anuales de ETo y ETc de 42 años (1969-2010) y valores promedios mensuales de lluvias, temperaturas y ETo durante 2011 y 2012. Estación meteorológica de la EEA San Juan INTA. ETo (evapotranspiración de referencia), ETc (evapotranspiración del cultivo), Pp. med. (Precipitación media), Temp. amb. med. (Temperatura ambiental media), Min. (Mínima), Máx. (Máxima).

*Clasificación de zonas áridas UNESCO (1979) como la relación Pp media anual (mm)/ETo(mm).**Índice de aridez de De Martonne la: Pp/(Tm + 10).

| Tratamientos de riego | Aai | Af | Ar | dr | Lt |
|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-------------|
| Año 2011 | | | | | |
| T1-100% de la ETc | | 134 | | 920 | 1054 |
| T2-50 % de la ETc (21/06 al 31/08) | 124 | 65 | 124 | 891 | 1074 |
| T3-Sin Riego (21/06 al 31/08) | 62 | 35 | 141 | 864 | 1032 |
| Año 2012 | | | | | |
| T1-100% de la ETc | | 140 | | 920 | 1060 |
| T2-50 % de la ETc (21/06 al 31/08) | 125 | 70 | 139 | 891 | 1085 |
| T3-Sin Riego (21/06 al 31/08) | 116 | 37 | 141 | 864 | 1084 |

Tabla 2. Contenido de agua en el perfil de suelo de 0 a 0,60 m (mm) 2011 y 2012, aplicados en el cv. Arbequina sometida a los tratamientos de riego (T1, T2 y T3) durante el periodo de restricción hídrica invernal (21 de junio al 31 de agosto) y resto del ciclo de cultivo. Referencias. Lt (Lámina total), Ai (contenido de agua antes de iniciar la restricción hídrica invernal), Af (contenido de agua al final de la restricción hídrica invernal), Ar (contenido de agua restablecido después de la restricción hídrica invernal) y dr (dosis de riego anual).

En el año 2011, iniciado el periodo de restricción hídrica, el contenido promedio de AER del suelo fue de 0,70 (132,93 mm) en T1, 0,64 (124,89 mm) en T2 y 0,24 (63,06 mm) en T3; finalizando la restricción hídrica (31/08) se alcanzaron valores promedio de 0,70 (134,70 mm) en T1, 0,25 (65,12 mm) en T2 y 0,04 (35,32 mm) en T3 (figura 2 a). Al analizar la evolución de la humedad del suelo, durante el periodo con-

siderado, se observa en T3 una caída significativa en el contenido de AER, estabilizándose entre 0,08 y 0,1 (40-45 mm) mientras que en T2 se diferenció significativamente de T1 a partir del 15/8. Al retornar el riego completo, los olivos de T3 recibieron una dosis de riego mayor que los olivos de T2, posteriormente, todos los olivos recibieron igual dosis de riego, alcanzando valores promedio en el

| Análisis de Varianza | Ψ_{tallo} | | | | g_s | | | | Contenido de AER del suelo | | | |
|---|-----------------------|----------|-------|-------------------|--------------------------|----------|-------|-------------------|----------------------------|----------|-------|-------------------|
| | (MPa) | | | | (mmol/m ² /s) | | | | de 0 a 0,60m | | | |
| A | | | | | | | | | | | | |
| Fuente de Variación | F | p-valor | CV | r ² aj | F | p-valor | CV | r ² aj | F | p-valor | CV | r ² aj |
| Tratamientos de riego | 151,49 | <0,0001 | | | 27,32 | <0,0001 | | | 103,24 | <0,0001 | | |
| Año | 561,32 | <0,0001 | 31,26 | 0,67 | 24,95 | <0,0001 | 66,23 | 0,16 | 1,89 | 0,1726 | 31,12 | 0,74 |
| Tratamientos de riego x año | 34,02 | <0,0001 | | | 2,12 | 0,1211 | | | 10,17 | 0,0001 | | |
| B | | | | | | | | | | | | |
| Fuente de Variación | F | p-valor | CV | r ² aj | F | p-valor | CV | r ² aj | F | p-valor | CV | r ² aj |
| Tratamientos de riego | 132,82 | <0,0001 | 26,76 | 0,52 | 6,74 | 0,0015 | 90,39 | 0,06 | 129,6 | <0,0001 | 30,32 | 0,78 |
| Test LSD Fisher $\alpha=0,05$ | Medias | | | | Medias | | | | Medias | | | |
| Tratamiento 1 (100% ETc) | -2,73 | <i>a</i> | | | 46,37 | <i>a</i> | | | 0,74 | <i>a</i> | | |
| Tratamiento 2 (50 % ETc) | -3,20 | <i>b</i> | | | 34,90 | <i>b</i> | | | 0,54 | <i>b</i> | | |
| Tratamiento 3 (Sin Riego) | -5,12 | <i>c</i> | | | 25,38 | <i>b</i> | | | 0,11 | <i>c</i> | | |
| C | | | | | | | | | | | | |
| Fuente de Variación | F | p-valor | CV | r ² aj | F | p-valor | CV | r ² aj | F | p-valor | CV | r ² aj |
| Tratamientos de riego | 31,94 | <0,0001 | 40,4 | 0,22 | 28,41 | <0,0001 | 51,59 | 0,19 | 20,12 | <0,0001 | 32,84 | 0,52 |
| Test LSD Fisher $\alpha=0,05$ | Medias | | | | Medias | | | | Medias | | | |
| Tratamiento 1 (100% ETc) | -1,31 | <i>a</i> | | | 60,83 | <i>a</i> | | | 0,61 | <i>a</i> | | |
| Tratamiento 2 (50 % ETc) | -1,71 | <i>b</i> | | | 55,69 | <i>a</i> | | | 0,41 | <i>b</i> | | |
| Tratamiento 3 (Sin Riego) | -2,25 | <i>c</i> | | | 32,08 | <i>b</i> | | | 0,25 | <i>c</i> | | |

Tabla 3. Variabilidad expresada como porcentaje de la suma de cuadrados del potencial hídrico xilemático (Ψ_{tallo}), conductancia estomática (g_s) y contenido de agua extraíble relativa del suelo (AER) registrados en el cv. Arbequina sometida a los tratamientos de riego (T1, T2 y T3) durante el periodo de restricción hídrica desde el 21 de junio al 31 de agosto.

Letras distintas en cursivas indican diferencias significativas entre la media de los tratamientos (LSD Fisher, $\alpha \leq 0,05$).

A) Variabilidad de los parámetros hídricos por interacción entre los tratamientos de riego x año.

B) Variabilidad de los parámetros hídricos por tratamientos de riego en el primer ciclo de cultivo (2011).

C) Variabilidad de los parámetros hídricos por tratamientos de riego en el segundo ciclo de cultivo (2012).

contenido de AER del suelo entre 0,65 y 0,75 (125-140 mm).

La evolución de los indicadores fisiológicos del olivo tuvo una tendencia similar al contenido AER del suelo. El Ψ_{tallo} se diferenció significativamente en todos los tratamientos en el mes de julio, finalizando el periodo de restricción hídrica con valores promedio de -1,54 MPa en T1, -3,75 MPa en T2 y -6,80 MPa en T3 (figura 2 b). La g_s mostró diferencias significativas entre los tratamientos durante el mes de agosto, alcanzando valores promedio al finalizar la restricción hídrica de 24,50 mmol/m²/s en T1, 10,92 mmol/m²/s en T2 y 5,67 mmol/m²/s en T3 (figura 2 c).

En el segundo ciclo de cultivo, el comportamiento de las variables consideradas mostró un patrón similar al obser-

vado en el primer año. Antes de iniciar la restricción hídrica, el contenido promedio de AER del suelo fue de 0,55 (110,52 mm) en T1, 0,64 (125,25 mm) en T2 y 0,59 (116,75 mm) en T3 (figura 3 a). En el mes de agosto se diferenciaron significativamente los tres tratamientos, alcanzando T3 un valor mínimo promedio de 0,07 (37,25 mm). El Ψ_{tallo} y la g_s (figura 3 b y c) se diferenciaron significativamente en los tres tratamientos en el mes de julio, evidenciándose los valores inferiores en los olivos de T3.

En las figuras 2 c y 3 c se graficó la temperatura máxima diaria correspondiente a los días que se realizaron las mediciones de Ψ_{tallo} y de g_s , donde se observó un posible efecto de la temperatura sobre los indicadores hídricos del olivo. Esta influencia ambiental se estudió mediante análisis de regresión, obteniéndose distribuciones lineales y

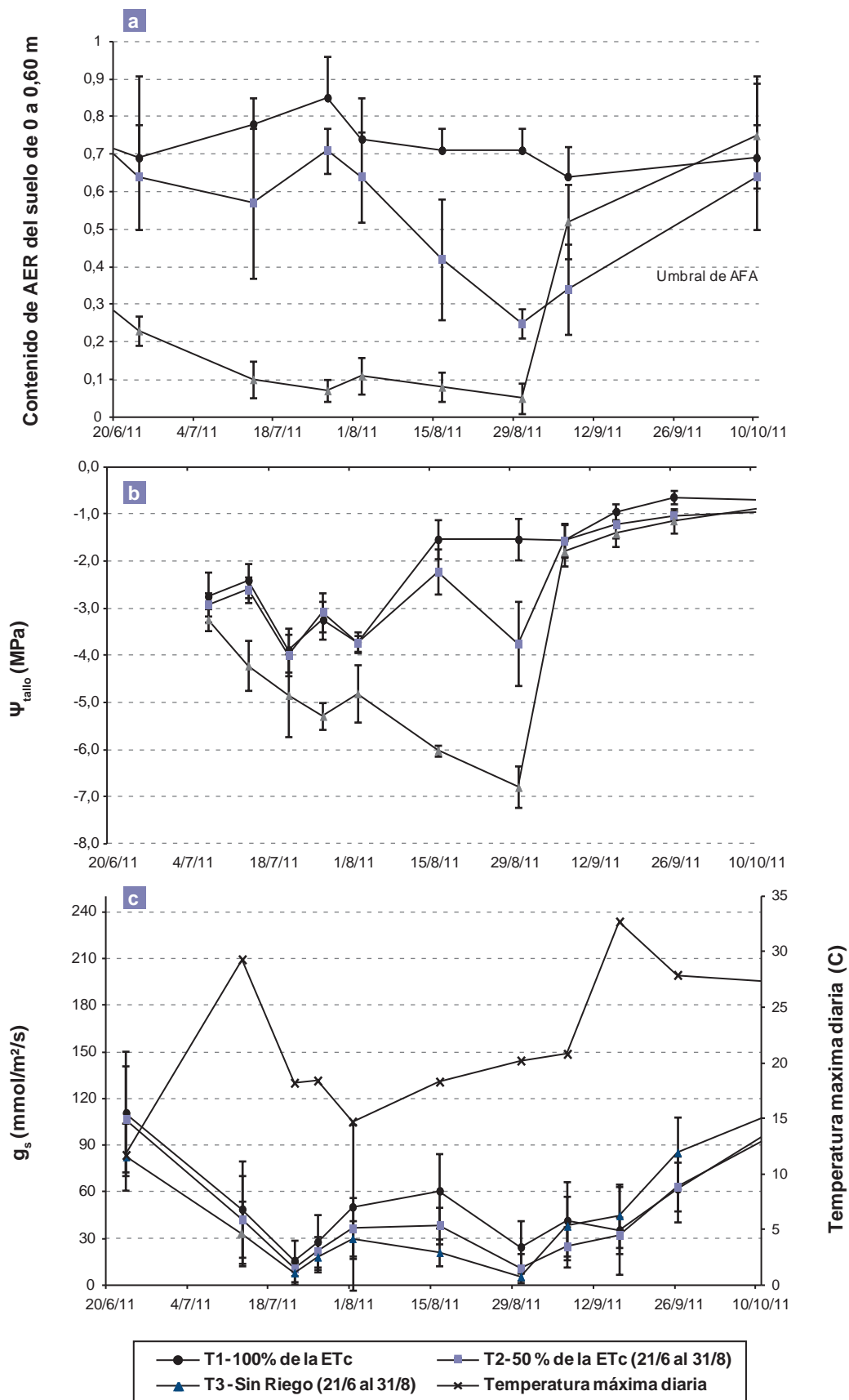


Figura 2. Evolución de los indicadores hídrico en suelo y en planta, de los olivos de T1, T2 y T3 durante el año 2011. Valores medios con desviación estándar de: a) Contenido de AER (agua extraíble relativa) del suelo b) Ψ_{tallo} , (Potencial hídrico xilemático) c) g_s (Conductancia estomática) con temperatura máxima diaria

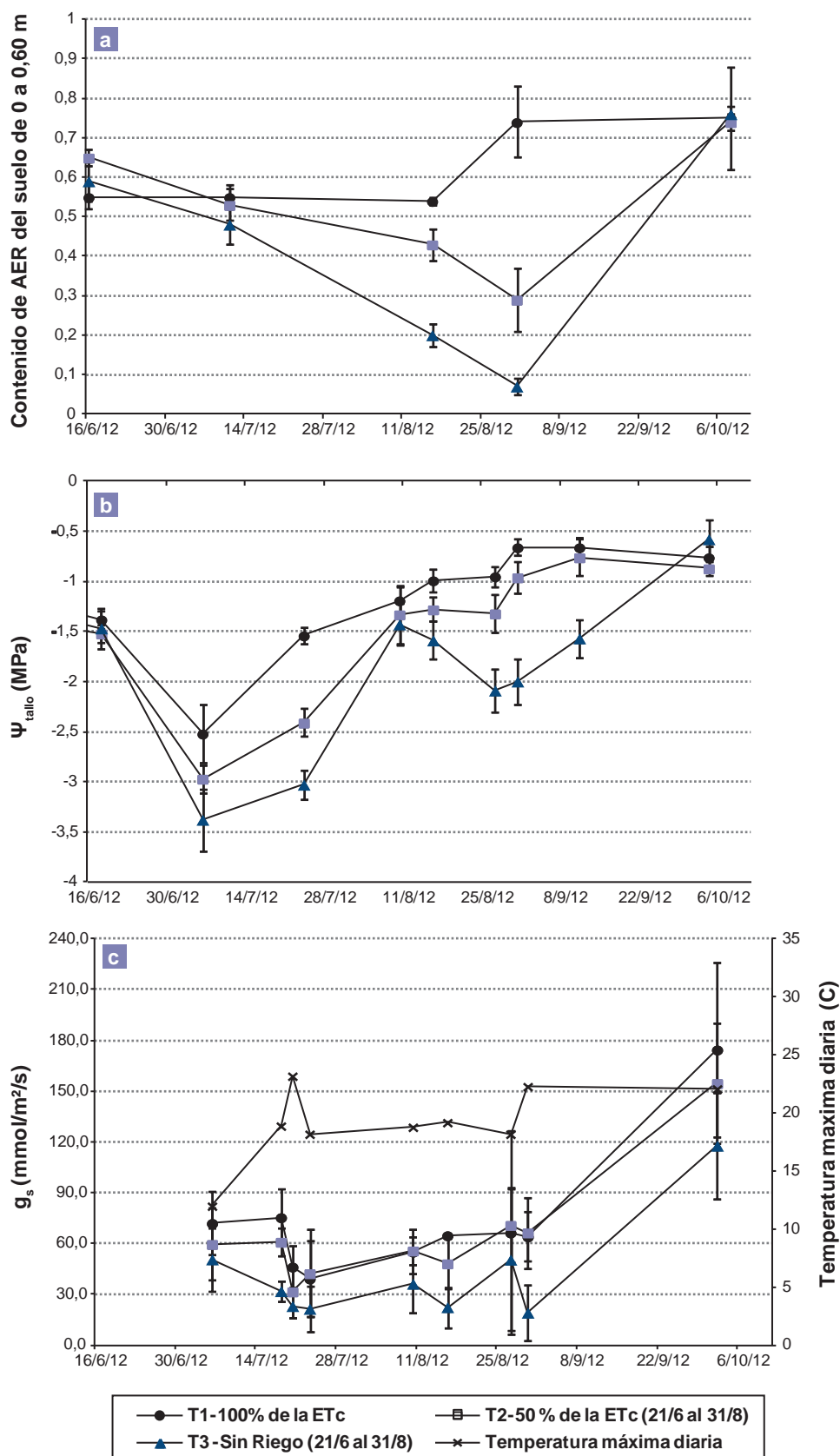


Figura 3. Evolución de los indicadores hídrico en suelo y en planta de los olivos de T1, T2 y T3 durante el año 2012.

Valores medios con desviación estándar de: a) Contenido de AER (agua extraíble relativa) del suelo b) Ψ_{tallico} , (Potencial hídrico xilemático) c) g_s (Conductancia estomática) con temperatura máxima diaria

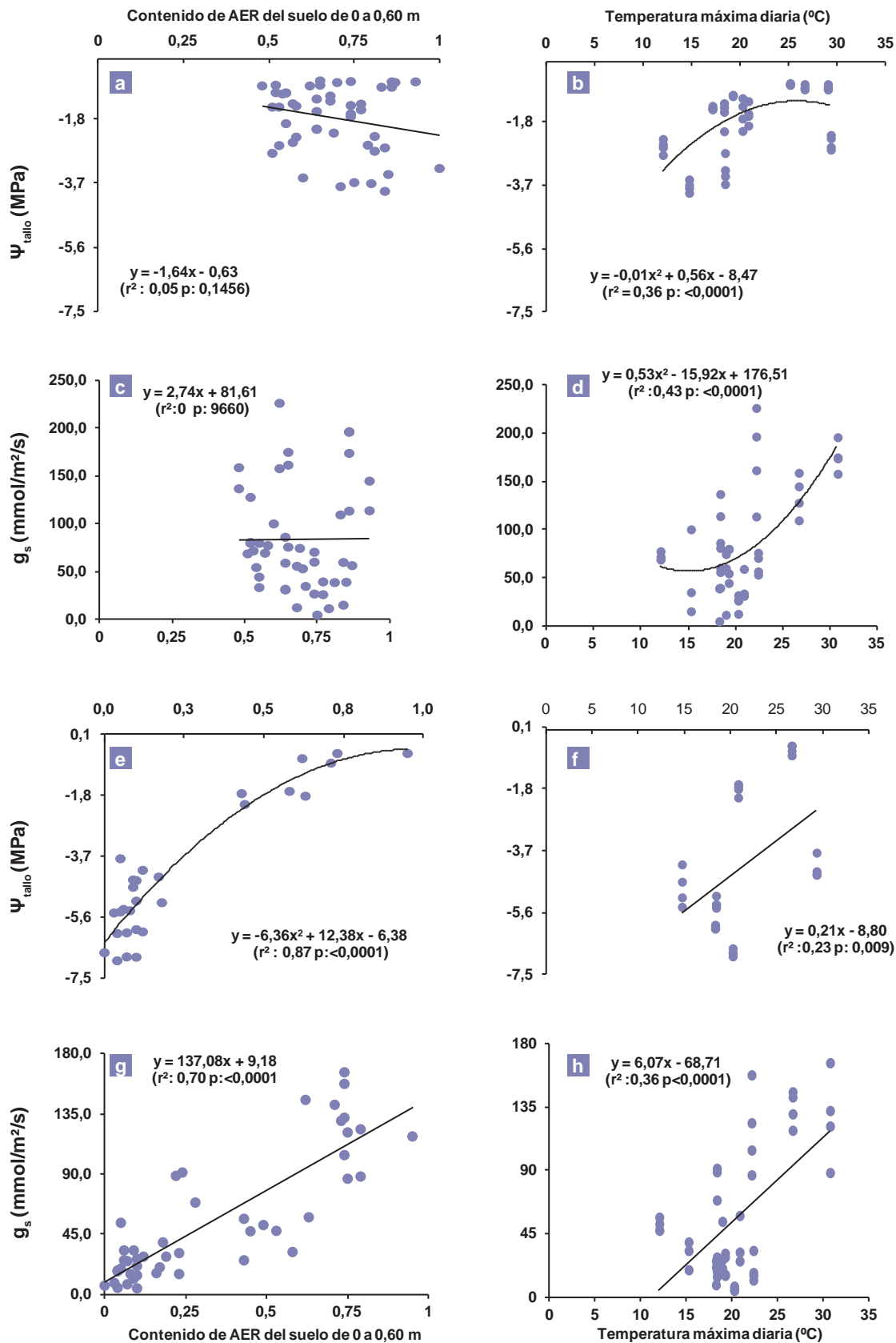


Figura 4. Efecto del contenido de AER del suelo y la temperatura máxima diaria sobre el potencial hídrico xilemático (Ψ_{tallo}) y la conductancia estomática (g_s) en condiciones de:
 - Riego completo en invierno y primavera 100% ETc (T1) a, b, c y d.
 - Restricción hídrica severa en invierno y riego completo post-restricción (T3) e, f, g y h.

curvilíneas de los datos (ajuste con función polinómica de segundo grado). En condiciones de riego completo (T1) se obtuvo un efecto significativo de la temperatura ambiental sobre las variaciones en el Ψ_{tallo} (figura 4 b) y en la g_s (figura 4 d) del olivo mientras que, bajo estrés hídrico y rehidratación, las variaciones en el Ψ_{tallo} y en la g_s son producidas, principalmente, por el contenido de AER del suelo y por la temperatura (figura 4 e y g).

DISCUSIÓN

En el presente ensayo el olivo mostró relaciones hídricas diferenciales, según el nivel de estrés hídrico durante el periodo de restricción hídrica invernal y según el año.

En ambos años se obtuvieron dos niveles de estrés hídrico; en el 2011, un nivel perteneciente a los olivos de T2 con Ψ_{tallo} de -3,20 MPa y g_s de 34,90 mmol/m²/s y otro nivel, en los olivos de T3 con Ψ_{tallo} de -5,12 MPa y g_s de 25,38 mmol/m²/s. En el 2012, un nivel de estrés hídrico con Ψ_{tallo} de -1,71 MPa y con g_s de 55,69 mmol/m²/s en los olivos de T2 y otro nivel, con Ψ_{tallo} de -2,25 MPa y con g_s de 32,08 mmol/m²/s en los olivos de T3.

Esta diferencia entre los niveles de estrés hídrico de los tratamientos deficitarios, con respecto al año 2011, está directamente relacionada con el contenido de agua del suelo al inicio de la restricción hídrica (especialmente en el T3) y a la diferencia entre las temperaturas mínimas, de los meses de invierno, acentuándose por las temperaturas bajo cero del mes de julio de 2011.

En los análisis de regresión, el Ψ_{tallo} y la g_s mostraron una relación curvilínea positiva con la temperatura ambiental, en condiciones de riego completo en invierno y primavera (figura 4 b y d).

Se observaron disminuciones en el Ψ_{tallo} y en la g_s de las hojas, con el descenso de la temperatura ambiental. Esta respuesta coincide con la deshidratación encontrada por Antognozzi *et al.* (1994) en hojas de olivos producida por el frío del invierno. Similares resultados fueron obtenidos por Pérez-López *et al.* (2010) en un ensayo con 6 cultivares de olivo (entre ellos el cv Arbequina), registrando disminuciones en el Ψ_{tallo} y en la g_s de las hojas a temperaturas menores a 10 °C, asociando esta deshidratación a una reducción en la absorción general de la raíz o al aumento de la viscosidad del agua a temperaturas más bajas.

En condiciones sin riego, durante invierno y riego completo en primavera, el Ψ_{tallo} y la g_s del olivo mostraron relaciones curvilíneas y lineales positivas con el contenido de agua del suelo y con la temperatura ambiental (figura 4 e, f, g y h).

Durante el año 2012, los olivos de T2 experimentaron un estrés hídrico leve, con un Ψ_{tallo} y una g_s de valores similares a los olivos con riego completo. Estos registros se asemejan a las respuestas obtenidas en etapas con alta actividad metabólica mediante la aplicación de riego parcial de raíces (Centritto *et al.*, 2005; Aganchich *et al.*, 2009) o riego deficitario (Correa-Tedesco *et al.*, 2010; Pierantozzi *et al.*, 2013) con dosis próximas al 100% de ETc, produciendo

descensos en el potencial hídrico de hoja (Ψ_{hoja}), en el Ψ_{tallo} y en la g_s , sin afectar la capacidad potencial de asimilación de CO₂ del olivo y con un incremento en el uso eficiente del agua. Si continúa la disminución de agua en el suelo, el estrés hídrico se vuelve moderado, como en los olivos de T2 (2011) y de T3 (2012), produciendo una disminución en el Ψ_{tallo} para extraer agua desde capas más profundas o más secas y un descenso en la g_s para reducir la transpiración. Similarmente, se observaron reducciones en el estado hídrico y en el intercambio gaseoso de las hojas del olivo a medida que aumenta el estrés hídrico por la aplicación de riego deficitario durante la estación estival (Alegre *et al.*, 2000; Stefanoudaki *et al.*, 2001; Pierantozzi *et al.*, 2013; Rosecrance *et al.*, 2015) como así también, reducciones de la presión de turgencia en las hojas por estrés hídrico moderado (Dell'Amico *et al.*, 2012; Girón *et al.*, 2015).

Si el estrés hídrico se vuelve severo, el Ψ_{tallo} y la g_s de las hojas alcanza valores extremos, como los obtenidos en los olivos de T3 de 2011. El Ψ_{tallo} de -5,12 MPa es sustancialmente inferior si se los compara con los reportados por Rousseaux *et al.* (2008) y por Pierantozzi *et al.* (2013), los cuales son próximos a -1,7 MPa y -3,5 MPa para las zonas de cultivo del noroeste y centro de Argentina, respectivamente, y son consistentes con aquellos valores obtenidos de -8 MPa en olivos, bajo condiciones extremas de sequía, en verano en España (Orgaz y Fereres, 1998; Moriana *et al.*, 2002) y en invernadero en Túnez (Boussadia *et al.*, 2008). Estos valores fisiológicos del Ψ_{tallo} del olivo se deben al elevado módulo de elasticidad de sus células, que permite extraer agua desde capas de suelo relativamente secas (Bongi y Palliotti, 1994; Dichio *et al.*, 1997; Fernández *et al.*, 2014).

Un registro promedio de 25,38 mmol/m²/s, observado en la g_s de las hojas de los olivos de T3 (2011) es un valor comparativamente aceptable con los registros observados por Moriana *et al.* (2002) en la tasa neta de fotosíntesis (0 y 2 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$) en condiciones de estrés hídrico severo. Esta respuesta de la g_s de las hojas de los olivos se debe a su patrón de regulación estomática que permite mantener una determinada apertura estomática en condiciones limitadas de agua. La reducción en la g_s de las hojas del olivo, en condiciones de estrés hídrico, sostiene la actividad fotosintética a valores muy bajos debido a mecanismos de ajuste osmótico (Xiloyannis *et al.*, 1999; Dichio *et al.*, 2003) activo y pasivo (Boussadia *et al.*, 2013), manteniendo la turgencia de las células y evitando la separación de las raíces con las partículas del suelo.

Los valores promedio obtenidos en la g_s de los olivos son más bajos (entre 15 y 60 mmol/m²/s) si se los compara con los datos reportados por Rousseaux *et al.* (2008) en el cv. Manzanilla en la provincia de La Rioja, Argentina, donde registraron valores entre 78 y 186 mmol/m²/s; sin embargo, concuerdan con los registros reportados por Pierantozzi *et al.* (2013) durante la aplicación de déficit hídrico en la etapa de pre-floración y floración en el cv. Arbequina.

El retraso en la normalización de los valores de Ψ_{tallo} y de g_s en los olivos estresado, al momento del retorno del riego, esta relacionado con el grado de estrés alcanzado durante la restricción hídrica y a la dosis de riego en la rehidratación,

como los olivos de T3 necesitaron más tiempo para igualarse con los valores fisiológicos de los olivos con riego completo. Este retraso en los valores fisiológicos de los olivos con estrés hídrico, durante la etapa de rehidratación, coincide con la respuesta observadas por Pérez-López *et al.* (2008).

Las relaciones encontradas entre indicadores hídricos del olivo y contenido de agua en el suelo son consistentes con aquellas establecida por Moriana *et al.* (2002) entre el Ψ_{tallo} y el agua disponible en el suelo y entre la tasa neta de fotosíntesis y la g_s de las hojas del cv Picual. También concuerdan con las relaciones encontradas por Boussadia *et al.* (20008) entre g_s y el contenido relativo de agua de las hojas; similarmente, Rousseaux *et al.* (2008) establece una relación lineal positiva entre el Ψ_{hoja} y el contenido volumétrico de agua del suelo y una relación curvilínea negativa de la g_s con el déficit de presión de vapor atmosférico. Masmoudi *et al.* (2010) reportan relaciones lineales y curvilíneas entre Ψ_{hoja} y el contenido relativo de agua de las hojas y entre el Ψ_{hoja} y la g_s , en los diferentes tratamientos de riegos deficitarios en 5 cultivares de olivo.

Desde los datos obtenidos en los dos ciclos de cultivo del olivo podemos decir que un estrés hídrico leve o moderado, aplicado durante el invierno, con dosis de riego que restablezcan el 50% de la ETC o la suspensión total del riego, no afecta severamente el estado hídrico del olivo, previa máxima acumulación de agua en el perfil de suelo explorado por las raíces (práctica inevitable) e identificación de la fecha de diferenciación morfológica de yemas para determinar la finalización del periodo de restricción hídrica.

Es factible la aplicación de restricciones hídricas durante gran parte del invierno debido a las reducciones en la g_s y en la tasa neta de fotosíntesis y al estado de latencia de las yemas en el ciclo biológico (Rallo, 1998; Sanz-Cortés *et al.*, 2002; Fernández *et al.*, 2014). Además, en otoño se producen los altos valores de fotosíntesis y de conductancia estomática (Moriana *et al.*, 2002) y la diferenciación morfológica (endógena) de yemas vegetativas y florales que se visualización a fines del invierno o principio de la primavera (Lavee, 1996; Andreini *et al.*, 2008; Mert *et al.*, 2013; Fernández *et al.*, 2014). Otras características existentes en zonas áridas, como en la provincia de San Juan, que facilitarían la aplicación de restricciones hídricas invernales son:

- Suelos heterogéneos, de variable profundidad, que facilitan el agotamiento y recarga de agua.
- Precipitaciones, principalmente, de régimen estival.
- Implementación de riego por goteo por los agricultores.
- Disponibilidad limitada de agua, acentuada durante el invierno.

Es importante mencionar que entre los efectos negativos de la utilización de estrategias deficitarias en zonas áridas es el riesgo de salinización de los suelos, cuando se utilicen aguas salinas para riego (Sánchez-Blanco y Torrecillas, 1995).

Aunque en el balance de agua aplicada los tratamientos deficitarios tuvieron más agua que el control podría diseñarse la estrategia de riego:

Aumentando la reserva de agua, antes de iniciar la restricción hídrica para evitar una disminución de AFA por debajo del umbral y continuar al retorno del riego con dosis al 100% de la ETC.

Aplicando los riegos post-restricción hídrica próximos al umbral de riego.

Aunque las lluvias son escasas, se puede establecer una práctica alternativa de recarga del perfil del suelo con las últimas lluvias del verano mediante la aplicación de riegos días posteriores a las precipitaciones.

Finalmente, se menciona la importancia de estas prácticas de riego a largo plazo, analizando su impacto sobre el crecimiento vegetativo, floración, cuaje de frutos y productividad del agua; no obstante, resultados preliminares nos indican efectos favorables sobre el desarrollo reproductivo del olivo.

CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que el olivo presenta un periodo de tolerancia al estrés hídrico leve y moderado, comprendido desde fines de junio hasta mediados de agosto, en las condiciones ambientales de Pocito, San Juan (Argentina). Durante este periodo se presentan bajos niveles de conductividad estomática de las hojas y de tasa neta de fotosíntesis (afectada por las bajas temperaturas).

Las variaciones en el Ψ_{tallo} y en la g_s de las hojas del olivo dependen del contenido de AER del suelo y de la temperatura ambiental.

La programación y control del riego, durante el invierno, mediante indicadores fisiológicos, (Ψ_{tallo} y g_s) deberían ser acompañados con mediciones de humedad del suelo.

En un suelo con riego completo, las variaciones en el Ψ_{tallo} y en la g_s del olivo son regulados por la temperatura ambiental.

En un suelo con restricción hídrica severa, con un contenido de agua inferior al umbral de AFA, afecta el estado hídrico general del olivo, con posible impacto negativo sobre la floración.

La restricción hídrica parcial y total, con reserva inicial de agua (entre 30 o 40 mm sobre el umbral de AFA) antes del invierno es una estrategia viable de aplicación en zonas áridas de Argentina para atenuar la baja disponibilidad de agua estacional. Se continúan con las evaluaciones fisiológicas y productivas de las estrategias deficitarias invernales; no obstante, resultados preliminares nos indican resultados favorables para el cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Al personal de apoyo técnico Sres. Omar Morales y Diego Castro por la colaboración en el trabajo de campo; al Tec. Mario Liotta; a la EEA San Juan INTA y a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) por el financiamiento de la formación doctoral y realización de ensayo de tesis.

BIBLIOGRAFÍA

- AGANCHICH, B.; WAHBI, S.; LORETO, F.; CENTRITTO, M. 2009. Partial root zone drying: regulation of photosynthetic limitations and antioxidant enzymatic activities in young olive (*Olea europaea*) saplings. *Tree Physiology* 29: 685–696.
- ALEGRE, S.; GIRONA, J.; MARSAL, J.; ARBONÉS, A.; MATA, M.; MONTAGUT, D.; TEIXIDÓ, F.; MOTILVA, M.J.; ROMERO, M.P. 1999. Regulated deficit irrigation in olive trees. *Acta Hort. (ISHS)* 474: 373-376.
- ALEGRE, S.; MARSAL, J.; MATA, M.; ARBONES, A.; GIRONA, J.; TOVAR, M. J. 2000. Regulated deficit irrigation in olive trees (*Olea europaea* L. cv. Arbequina) for oil production. In IV International Symposium on Olive Growing 586: 259-262.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *FAO Riego y Drenaje* 56.
- ANDREINI, L.; BARTOLINI, S.; GUIVARC'H, A.; CHRQUI, D.; VITAGLIANO, C. 2008. Histological and immunohistochemical studies on flower induction in the olive tree (*Olea europaea* L.). *Plant Biology* 10: 588-595.
- ANGELOPOULOS, K.; DICHIO, B.; XILOYANNIS, C. 1996. Inhibition of photosynthesis in olive trees (*Olea europaea* L.) during water stress and rewatering. *Journal of Experimental Botany*. Vol. 47, 301: 1093-1100.
- ANJUM, S.A.; XIE, X.; WANG, L.; SALEEM, M.F.; MAN, C.; LEI, W. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *Review. African Journal of Agricultural Research* Vol. 6(9), 2026-2032
- ANTOGNOZZI, E.; FAMIANI, F.; PROIETTI, P.; PANNELLI, G.; ALFEI, B. 1994. Frost resistance of some olive cultivars during the winter. *Acta Hort.* 356: 152-155.
- BARRANCO, D.; FERNANDEZ-ESCOBAR, R.; RALLO, L. 1998. *El cultivo del olivo*. 2 ed. Mundi-Prensa. 120-265 pp.
- BEN-GAL, A.; NUTRIT A.; ALCHANATIS, V.; COHEN, Y.; YERMIYAHU, U.; ZIPORI, V.; PRESNOV, E.; SPRINTSIN, M.; DAG, A. 2009. Evaluating water stress in irrigated olives: correlation of soil water status, tree water status, and thermal imagery. *Irrig Sci* 27: 367-376.
- BEN-GAL, A.; YERMIYAHU, U.; ZIPORI, I.; PRESNOV, E.; HANOCH, E.; DAG, A. 2011. The influence of bearing cycles on olive oil production response to irrigation. *Irrig Sci* 29: 253-263.
- BERENQUER, M.J.; VOSSEN, P.M.; GRATTAN, S.R.; CONNELL, J.H.; POLITO, V.S. 2006. Tree irrigation levels for optimum chemical and sensory properties of olive oil. *HortScience* 41: 427–432.
- BERNI, J.A.J.; ZARCO-TEJADA, P.J.; SEPULCRE-CANTÓ, G.; FERERES, E.; VILLALOBOS, F. 2009. Mapping canopy conductance and CWSI in olive orchards using high resolution thermal remote sensing imagery. *Remote Sensing of Environment* 113: 2380–2388.
- BONGI, G.; PALLIOTTI, A. 1994. Olive. En: SCHAFFER, B., ANDERSEN, P.C. (Eds.), *Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops*. Volume I: Temperate Crops. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, EE. UU., 165–187 pp.
- BOUSSADIA, O.; MARIEM, F.B.; MECHRI, B.; BOUSSETTA, W.; BRAHAM, M.; EL HADJ, S.B. 2008. Response to drought of two olive tree cultivars (cv Koroneki and Meski). *Scientia Horticulturae* 116: 388-393.
- BOUSSADIA, O.; BCHIR, A.; STEPPE, K.; VAN LABEKE, M.C.; LEMEURE, R.; BRAHAM, M. 2013. Active and passive osmotic adjustment in olive tree leaves during drought stress. *European Scientific Journal*, Vol.9, N.º24: 423-439.
- BRETON, C.; TERRAL, J.F.; PINATEL, C.; MÉDAIL, F.; BON-HOMME, F.; BERVILLÉ, A. 2009. The origins of the domestication of the olive tree. *C. R. Biologies* 332: 1059–1064.
- CANO-LAMADRID, M.; GIRÓN, I.F.; PLEITE, R.; BURLÓ, F.; CORELL, M.; MORIANA, A.; CARBONELL-BARRACHINA, A.A. 2015. Quality attributes of table olives as affected by regulated deficit irrigation. *LWT - Food Science and Technology* 62: 19-26.
- CENTRITTO, M.; LORETO, F.; CHARTZOULAKIS, K. 2003. The use of low [CO₂] to estimate diffusional and non-diffusional limitations of photosynthetic capacity of salt-stressed olive saplings. *Plant, Cell and Environment* 26: 585–594.
- CENTRITTO, M.; WAHBI, S.; SERRAJ, R.; CHAVES, M. M. 2005. Effects of partial rootzone drying (PRD) on adult olive tree (*Olea europaea*) in field conditions under arid climate II. Photosynthetic responses. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 106: 303–311.
- CONNOR, D.J. 2005. Adaptation of olive (*Olea europaea* L.) to water-limited environments. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56: 1181–1189.
- CORREA-TEDESCO, G.; ROUSSEAU, M.C.; SEARLES, P.S. 2010. Plant growth and yield responses in olive (*Olea europaea*) to different irrigation levels in an arid region of Argentina. *Agricultural Water Management* 97: 1829-1837.
- CUEVAS, M.V.; TORRES-RUIZ, J.M.; ALVAREZ, R.; JIMÉNEZ, M.D.; CUERVA, J.; FERNÁNDEZ, J.E. 2010. Assessment of trunk diameter variation derived indices as water stress indicators in mature olive trees. *Agricultural Water Management* 97: 1293–1302.
- CHARTZOULAKIS, K.; PATAKAS, A.; BOSBALIDIS, A.M. 1999. Changes in water relations, photosynthesis and leaf anatomy induced by intermittent drought in two olive cultivars. *Environmental and Experimental Botany* 42: 113–120.
- DELL'AMICO, J.; MORIANA, A.; CORELL, M.; GIRÓN, I.F.; MORALES, D.; TORRECILLAS, A.; MORENO, F. 2012. Low water stress conditions in table olive trees (*Olea europaea* L.) during pit hardening produced a different response of fruit and leaf water relations. *Agricultural Water Management* 114: 11–17.
- DICHIO, B.; NUZZO, V.; XILOYANNIS, C.; CELANO, G.; ANGELOPOULOS, K. 1997. Drought stress-induced variation of pressure-volume relationships in *Olea europaea* L. cv "Coratina". *Acta Hort.* 449: 401-410.
- DICHIO, B.; XILOYANNIS, C.; ANGELOPOULOS, K.; NUZZO, V.; BUFO, S.; CELANO, G. 2003. Drought-induced variations of water relations parameters in *Olea europaea*. *Plant and Soil* 257: 381-389.
- ENGLISH, M. y RAJA, S.N. 1996. Perspectives on deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 32: 1-14.
- FERERES, E.; SORIANO, M.A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 58, N.º 2: 147-159.
- FERERES, E.; GOLDHMAER, D. 2003. Suitability of stem diameter variations and water potential as indicators for irrigation scheduling of almond trees. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 78 (2): 139-144.
- FERNÁNDEZ, J.E.; MORENO, F.; GIRON, I.F.; BLAZQUEZ, M.O. 1997. Stomatal control of water use in olive tree leaves. *Plant and Soil* 190: 179-192.
- FERNÁNDEZ, J.E.; PALOMO, M.J.; DÍAZ-ESPEJO, A.; CLOTHIER, B.E.; GREEN, S.R.; GIRON, I.F.; MORENO, F. 2001. Heat-pulse measurements of sap flow in olives for automating irrigation: tests, root flow and diagnostics of water stress. 2001. *Agricultural Water Management* 51: 99–123

- FERNÁNDEZ, J.E.; DÍAZ-ESPEJO, A.; INFANTE, J.M.; DURÁN, P. PALOMO, J.M.; CHAMORRO, V.; GIRÓN, F.I.; VILLAGARCÍA, L. 2006. Water relations and gas exchange in olive trees under regulated deficit irrigation and partial rootzone drying. *Plant Soil* 284: 273-291.
- FERNÁNDEZ, J.E.; TORRES-RUIZ, J.M.; DÍAZ-ESPEJO, A.; MONTERO, A.; ÁLVAREZ, R.; JIMÉNEZ, M.D.; CUERVA, J.; CUEVAS, M.V. 2011. Use of maximum trunk diameter measurements to detect water stress in mature 'Arbequina' olive trees under deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 98: 1813-1821.
- FERNÁNDEZ, J.E. 2014. Understanding olive adaptation to abiotic stresses as a tool to increase crop performance. *Environmental and Experimental Botany* 103: 158-179.
- FERREYRA, R.E.; SELLES VAN SCH, G.; SELLES, I. 2001. Riego deficitario controlado en olivos. *Boletín INIA*. 59:1-48.
- FERREYRA, R.E.; SELLES VAN SCH, G.; LEMUS, G.S. 2002. Efecto del estrés hídrico durante la fase II de crecimiento de fruto del duraznero cv Kakamas en el rendimiento y estado hídrico de las plantas. *Agricultura Técnica* 62 (4): 565-573.
- FLEXAS, J.; DÍAZ-ESPEJO, A.; GAGO, J.; GALLÉ, J.; GALMÉS, J.; GULÍAS, J.; MEDRANO, H. 2014. Photosynthetic limitations in Mediterranean plants: A review. *Environmental and Experimental Botany*. 103: 12-23.
- FUNES YAGÜE, J.L. 1998. *Técnicas de riego*. S.A. Mundi-Prensa Libros. España.
- GARCÍA LÓPEZ, A., CUN GONZÁLEZ, R., MONTERO SAN JOSÉ, L. 2010. Efecto de la hora del día en el potencial hídrico foliar del sorgo y su relación con la humedad en el suelo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol. 19, N.º 3: 7-11.
- GEERTS, S.; RAES, D. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Management* 96: 1275-1284.
- GIL-PELEGRÍN, E.; ARANDA, I.; PEGUERO-PINA, J.J.; VILAGROSA, A. 2005. El continuo suelo-planta-atmósfera como un modelo integrador de la ecofisiología forestal. *Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.* 14(3): 358-370.
- GIORIO, P.; SORRENTINO, G.; D'ANDRIA, R. 1999. Stomatal behavior, leaf water status and photosynthetic response in field-grown olive trees under water deficit. *Environmental and Experimental Botany* 42: 95-104.
- GIORIO, P.; GIORIO, G. 2003. Sap flow of several olive trees estimated with the heat-pulse technique by continuous monitoring of a single gauge. *Environmental and Experimental Botany* 49: 9-20.
- GIRÓN, F.I.; CORELL, M.; GALINDO, A.; TORRECILLAS, E.; MORALES, D.; DELL'AMICO, J.; TORRECILLAS, A.; MORENO, F.; MORIANA. 2015. Changes in the physiological response between leaves and fruits during a moderate water stress in table olive trees. *Agricultural Water Management* 148: 280-286.
- GOLDHAMER, D.A. 1999. Regulated deficit irrigation for California canning olives. *Acta Horticulturae* 474: 369-372.
- GRAMMATIKOPOULOS, G.; KARABOURNIOTIS, G.; KYPARISSIS, A.; PETROPOULOU, Y.; MANETAS, Y. 1994. Leaf hairs of olive (*Olea europea*) prevent stomatal closure by ultraviolet-B radiation. *Australian journal of plant physiology*, 21(3): 293-301.
- GRANIER, A. 1987. Evaluation of transpiration in a Douglas-fir stand by means of sap flow measurements. *Tree Physiology* 3: 309-320.
- GREVEN, M.; NEAL, S.; GREEN, S.; DICHIO, B.; CLOTHIER, B., 2009. The effects of drought on the water use, fruit development and oil yield from young olive trees. *Agricultural Water Management* 96: 1525-1531.
- HANSON, R.B.; ORLOFF, S.; PETERS, D. 2000. Monitoring soil moisture helps refine irrigation management. *California Agriculture*, 54: 38-42.
- HSIAO, T. 1973. Plant response to water. *Ann Rev. Plant Physiol.* 1973. 24: 519-570
- INGLESE, P.; BARONE, E.; GULLO, G. 1996. The effect of complementary irrigation on fruit growth, ripening pattern and oil characteristics of olive (*Olea europaea* L.) cv. Carolea. *Journal of Horticultural Science* 71, (2): 257-263.
- JONES, H.G. 2004. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany* Vol. 55, N.º 407: 2427-2436.
- KUEHL, R.O. 2001. *Diseño de experimentos. Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación*. Internacional Thomson Editores S.A. México.
- LAVEE, S. 1996. *Biología y fisiología del olivo*. En: *Enciclopedia Mundial del Olivo*. Consejo Oleícola Internacional. 1 ed. Plaza & Janés Editores S.A. 61-110 pp.
- LAVEE, S.; HANOCH, E.; WODNER, M.; ABRAMOWITZ, H. 2007. The effect of predetermined deficit irrigation on the performance of cv. Muhasan olives (*Olea europaea* L.) in the eastern coastal plain of Israel. *Scientia Horticulturae* 112: 156-163.
- LIOTTA, M. 1999. *Los suelos en los valles de Tulum, Ullum y Zonda*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, San Juan.
- LO GULLO, M. y SALLEO, S. 1988. Different strategies of drought resistance in three Mediterranean sclerophyllous trees growing in the same environmental conditions. *New Phytol.* 108: 267-276.
- LORETO, F.; SHARKEY, T.D. 1990. Low humidity can cause uneven photosynthesis in olive (*Olea europea* L.) leaves. *Tree Physiology* 6: 409-415.
- MARTINELLI, F.; BASILE, B.; MORELLI, G.; D'ANDRIA, R.; TONUTTI, P. 2012. Effects of irrigation on fruit ripening behavior and metabolic changes in olive. *Scientia Horticulturae* 144: 201-207.
- MASMOUDI, C.C.; AYACHI, M.M.; GOUIA, M.; LAABIDI, F.; REGUAYA, S.B.; AMOR, A.O.; BOUSNINA, M. 2010. Water relations of olive trees cultivated under deficit irrigation regimes. *Scientia Horticulturae* 125: 573-578.
- MERT, C.; BARUT, E.; IPEK, A. 2013. Variation in flower bud differentiation and progression of floral organs with respect to crop load in olive. *Not Bot Horti Agrobo*, 41(1): 79-85.
- MEYER, W.S.; REICOSKY, D.C. 1985. Enclosing leaves for water potential measurement and its effect on interpreting soil-induced water stress. *Agricultural and Forest Meteorology*, 35: 187-192.
- MITTLER, R. 2006. Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends in Plant Science*, Vol. 11, N.º 1: 15-19.
- MORENO, F.; ORTUÑO, M.F.; GARCÍA-ORLLANA, Y.; ALARCÓN, J.J.; CONEJERO, W.; NICOLÁS, E.; FERNÁNDEZ, J.E.; MARTÍN-PALOMO, M.J.; TORRECILLAS, A. 2007. Estado actual de la programación del riego en limonero mediante medidas del estado hídrico. *Ingeniería del Agua* Vol 14, N.º 3.
- MORIANA, A.; VILLALOBOS, F.J.; FERERES, E. 2002. Stomatal and photosynthetic responses of olive (*Olea europaea* L.) leaves to water deficits. *Plant, Cell and Environment* 25: 395-405.
- MORIANA, A.; ORGAZ, F.; PASTOR, M.; FERERES, E.; 2003. Yield responses of a mature olive orchard to water deficits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128 (3): 425-431.
- MORIANA, A.; PÉREZ-LÓPEZ, D.; PRIETO, M.H.; RAMÍREZ-SANTA-PAU, M.; PÉREZ-RODRIGUEZ, J.M. 2012. Midday stem water potential as a useful tool for estimating irrigation requirements in olive trees. *Agricultural Water Management* 112: 43-54.

- ORGAZ, F.; FERERES, E. 1998. Riego. En: BARRANCO, D.; FERNADEZ-ESCOBAR, R.; RALLO, L., 1998. El cultivo del olivo. 2 ed. Mundi-Prensa, 259-280 pp.
- PACHECO, D.; OLGUÍN, A.; BUENO, L.; VITA, F.; CAPRARO, F. 2011. Plant and soil water status behavior under different irrigation strategies in cultivar "Arbequina" olive orchard. *Acta Horticulturae* 889: 311-316.
- PADILLA-DÍAZ, C.M.; RODRIGUEZ-DOMINGUEZ, C. M.; HERNANDEZ-SANTANA, V.; PEREZ-MARTIN, A.; FERNÁNDEZ, J.E. 2015. Scheduling regulated deficit irrigation in a hedgerow olive orchard from leaf turgor pressure related measurements. *Agricultural Water Management*. Article in press. N.º of Pages 10.
- PANIGATTI, J.L. 2010. Argentina 200 años, 200 suelos. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires.
- PASTOR, M.; CASTRO, J.; MARISCAL, M.J.; VEGA, V.; ORGAZ, F.; FERERES, E.; HIDALGO, J. 1999. Respuestas del olivar tradicional a diferentes estrategias y dosis de agua de riego. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* Vol. 14 (3): 393-404.
- PERÉZ-LÓPEZ, D.; GIJON, M.C.; MORIANA, A. 2008. Influence of irrigation rate on the rehydration of olive tree plantlets. *Agricultural Water Management* 96: 1161-1166.
- PERÉZ-LÓPEZ, D.; GIJÓN, M.C.; MARIÑO, J.; MORIANA, A. 2010. Water relation response to soil chilling of six olive (*Olea europaea* L.) cultivars with different frost resistance. *Spanish Journal of Agricultural Research* 8 (3): 780-789.
- PEREZ-MARTÍN, A.; MICHELAZZO, C.; TORRES-RUIZ, J. M.; FLEXAS, J.; FERNÁNDEZ, J.E.; SEBASTIANI, L.; DÍAZ-ESPEJO, A. 2014. Regulation of photosynthesis and stomatal and mesophyll conductance under water stress and recovery in olive trees: correlation with gene expression of anhydrase and aquaporins. *Journal of Experimental Botany*. Vol. 65, 12: 3143-3156.
- PIERANTOZZI, P.; TORRES, M.; BODOIRA, R.; MAESTRI, D. 2013. Water relations, biochemical-physiological and yield responses of olive trees (*Olea europaea* L. cvs. Arbequina and Manzanilla) under drought stress during the preflowering and flowering period. *Agricultural Water Management* 125: 13-25.
- PIERANTOZZI, P.; TORRES, M.; LAVEE, S.; MAESTRI, D. 2014. Vegetative and reproductive responses, oil yield and composition from olive trees (*Olea europaea* L.) under contrasting water availability during the dry winter-spring period in central Argentina. *Annals of Applied Biology* 164: 116-127.
- POBLETE, A.G.; MINETTI, J.L. 1989a. Los mesoclimas de San Juan. Primera parte. Informe Técnico N.º 11. Centro de Investigaciones de San Juan. Universidad Nacional de San Juan.
- POBLETE, A.G.; MINETTI, J.L. 1989b. Los mesoclimas de San Juan. Segunda parte. Boletín N.º 4. Centro de Investigaciones de San Juan. Universidad Nacional de San Juan.
- PROIETTI, P.; ANTOGNOZZI, E. 1996. Effect of irrigation on fruit quality of table olives (*Olea europaea*), cultivar 'Ascolana tenera'. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, Vol. 24:175-181.
- RALLO, L. 1998. Fructificación y Producción. En: BARRANCO, D.; FERNADEZ-ESCOBAR, R.; RALLO, L. 1998. El cultivo del olivo. 2 ed. Mundi-Prensa, 115-144 pp.
- RAPOPORT, H.; HAMMAMI, S.B.M.; MARTINS, P.; PÉREZ-PRIEGO, O.; ORGAZ, F. 2012. Influence of water deficits at different times during olive tree inflorescence and flower development. *Environmental and Experimental Botany* 77: 227-233.
- RESTREPO-DÍAZ, H.; MELGAR, J.C.; LOMBARDINI, L. 2010. Ecophysiology of horticultural crops: an overview. *Agronomía Colombiana* 28 (1): 71-79.
- ROSECRANCE, R.C.; KRUEGER, W.H.; MILLIRON, L.; BLOESE, J.; GARCIA, C.; MORI, B. 2015. Moderate regulated deficit irrigation can increase olive oil yields and decrease tree growth in super high density 'Arbequina' olive orchards. *Scientia Horticulturae* 190: 75-82.
- ROUSSEAU, M.C.; BENEDETTI, J.P.; SEARLES, P.S. 2008. Leaf-level responses of olive trees (*Olea europaea*) to the suspension of irrigation during the winter in an arid region of Argentina. *Scientia Horticulturae* 115: 135-141.
- ROUSSEAU, M.C.; FIGUEROLA, P.I.; COREA-TEDESCO, G.; SEARLES, P.S. 2009. Seasonal variations in sap flow and soil evaporation in an olive (*Olea europaea* L.) grove under two irrigation regimes in an arid region of Argentina. *Agricultural Water Management* 96: 1037-1044.
- SANZ-CORTÉS, F.; MARTINEZ-CALVO, J.; BADENES, M.L.; BLEIHOLDER, H.; HACK, H.; LLÁCER, G.; MEIER, U. 2002. Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea*). *Ann. Appl. Biol.* 140: 151-157.
- SANCHEZ-BLANCO, M.J.; TORRECILLAS, A. 1995. Aspectos relacionados con la utilización de estrategias de riego. Riego Deficitario Controlado en cultivos leñosos. En: ZAPATA, M.; SEGURA, M. (Eds.). Riego Deficitario Controlado. Ed. Mundi Prensa. Madrid. 43-63.
- SEPULCRE-CANTÓ, G.; ZERCO-TEJADA, P.J.; JIMÉNEZ-MUÑOZ, J.C.; SOBRINO, J.A.; De MIGUEL, E.; VILLALOBOS, F.J. 2006. Detection of water stress in an olive orchard with thermal remote sensing imagery. *Agricultural and Forest Meteorology* 136: 31-44.
- SEARLES, P.S.; AGÜERO ALCARÁS, M.; ROUSSEAU, M.C. 2011. El consumo del agua por el cultivo de olivo (*Olea europaea* L.) en el noroeste de Argentina: una comparación con la Cuenca Mediterránea. *Ecología Austral* 21:15-28.
- SELLES VAN SCH, G.; FERREYRA, R.E. SELLES, I.M.; LE-MUS, G.S. 2006. Efecto de diferentes regímenes de riego sobre la carga frutal, tamaño de fruta y rendimiento del olivo cv. Sevillana. *Agricultura Técnica* 66 (1): 48-56.
- SHAO, H.B.; CHU, L.Y.; JALEEL, C.A.; ZHAO, C.X. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Biologies* 331: 215-225.
- STEFANOUDAKI, E.; CHARTZOULAKIS, K.; KOUTSAFTAKIS, A.; KOTSIFAKI, F. 2001. Effect of drought on qualitative characteristics of olive of cv Koroneiki. *Grasas y Aceite*. Vol. 52. Fasc. 3-4: 202-206.
- STEFANOUDAKI, E.; WILLIAMS, M.; CHARTZOULAKIS, K.; HARWOOD, J. 2009. Effect of irrigation on quality attributes of olive oil. *J. Agric. Food Chem.* 57: 7048-7055.
- STUDETO, P.; HSIAO, T.; FERERES, E.; RAES, D. 2012. Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. *FAO Riego y Drenaje* 66.
- TAGARELLI, S. 2011. La olivicultura en Argentina. Olivicultura. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Subsecretaría de Desarrollo de las Economías Regionales.
- TOGNETTI, R.; D'ANDRIA, R.; MORELLI, G.; CALANDRELLI, D.; FRAGNITO, F. 2004. Irrigation effects on daily and seasonal variations of trunk sap flow and leaf water relations in olive trees. *Plant and Soil* 263: 249-264.
- TOGNETTI, R.; D'ANDRIA, R.; MORELLI, G.; ALVINO, A. 2005. The effect of deficit irrigation on seasonal variations of plant water use in *Olea europaea* L. *Plant and Soil* 273: 139-155.
- VOSSSEN, P. 2007. Olive Oil: History, Production, and Characteristics of the World's Classic Oils. *Hort Science* Vol. 42(5): 1093-1100.
- XILOYANNIS, C.; DICHIO, B.; NUZZO, V.; CELANO, G. 1999. Defense strategies of olive against water stress. *Acta Horticulturae* 474: 423-426.

Eficiencia de fungicidas de síntesis y orgánicos sobre la pudrición de corona del fruto de banano *Musa acuminata* Colla en la provincia de Formosa, Argentina

SCRIBANO, F.R.¹; GARCETE, V.¹

RESUMEN

La calidad del fruto banano durante la etapa de cosecha, climatización y comercialización se ve afectada por enfermedades fúngicas causadas principalmente por los géneros *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Penicillium* y por las malas prácticas de manejo de la fruta, lo que genera altas pérdidas poscosecha. En este estudio se analizó la eficacia del uso de fungicidas de síntesis y orgánicos en el control de la pudrición de corona del fruto del banano. Se identificaron fungicidas de síntesis que permiten controlar la pudrición de corona evaluados a los 3, 7 y 9 días después de la aplicación. Los resultados demostraron que con el uso de fungicidas de síntesis se controló la enfermedad con dos de los tratamientos (Azoxystrobín y Tebuconazole + Carbendazim) respecto al testigo. El fungicida orgánico no presentó diferencias significativas respecto al testigo.

Palabras clave: banana, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Penicillium*, fungicidas, enfermedades poscosecha, Agricultura Familiar, manejo.

ABSTRACT

Banana fruit quality during harvest stage, conditioning and marketing is affected by fungal diseases caused mainly by genera *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Penicillium* and by poor handling of the fruit, which produces high post-harvest losses. In this study we examined the efficacy of synthetic and organic fungicides in the control of crown rot of banana fruit. Synthetic fungicides capable of controlling crown rot were identified. The results showed that two of the treatments with synthetic fungicides (Azoxystrobin and Tebuconazole + Carbendazim) were statistically superiors and the organic fungicide was not significantly different from the control.

Keywords: banana, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Penicillium*, fungicides, post-harvest diseases, Family Farming, management.

¹Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Agricultura Familiar región NEA (IPAF Reg. NEA). INTA. Ruta Provincial N°8, Pje. Isla Puén. Laguna Nainneck, Formosa, Argentina.
Correo electrónico: scribano.francisco@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

La producción bananera es una de las actividades de mayor impacto socioeconómico en la provincia de Formosa, movilizadora de la economía, generadora de mano de obra directa e indirecta y además cumple un rol social importante en la revalorización del trabajo rural. En la región se cultivan unas 2.000 ha con más de 600 productores dedicados a este cultivo, en su mayor parte agricultores familiares, llegando este estrato a más del 80% (M. P. y A. Formosa, 2013).

El nivel tecnológico de este cultivo en los subtrópicos es muy bajo, con prácticas culturales inadecuadas en el manejo de la fruta (Frison y Pocasangre, 2008), tanto en la etapa de producción como en cosecha y poscosecha, influyendo sobre la calidad de la fruta comercializada. El manejo poscosecha es el de mayor relevancia en todos los ambientes, ya que las pérdidas son muy elevadas, estimándose que pueden superar el 30% (Laborem *et al.*, 2003).

En los países que no adoptan cuidados en cosecha y poscosecha los índices de pérdidas están en orden del 40% al 60% de la banana producida (Lichtemberg, 1999). Algunos de los problemas que contribuyen al deterioro de la calidad son el manejo poco cuidadoso de la fruta, la falta de sistemas de enfriamientos, la insuficiente selección y clasificación, el uso de materiales inadecuados para el empaque y la falta de equipamientos e infraestructuras adecuadas para su manejo (Kitinoja y Kader, 1996). A estos problemas se suman la tendencia inherente de los productos frescos a deteriorarse por razones fisiológicas y los ataques de fitopatógenos (FAO, 1998).

En su estado natural, la fuerte cáscara del banano protege la fruta contra las enfermedades fúngicas. Pero cuando las manos se han cortado o separado del raquis, la gran herida abierta es un punto débil, ideal para que entren y se desarrollen patógenos (Ploetz *et al.*, 1994) generando enfermedades que pueden ocasionar serias pérdidas, tanto en términos de cantidad como de calidad (Dadzie y Orchard, 1997).

Los síntomas de la pudrición de la corona del banano se manifiestan en la poscosecha (González, 1987). Esta enfermedad, causada por patógenos acarreados desde las plantaciones, en restos florales, brácteas y en la banana en sí, es considerada el principal problema sanitario en la poscosecha de esta fruta en todo el mundo (Soto, 1995; Reyes *et al.*, 1998; Krauss y Johanson, 2000; y Delgado *et al.*, 2011). Estos patógenos, llamados de heridas, poseen escasa capacidad parasitaria ya que necesitan de una vía de entrada, como las heridas y daños en la piel de los frutos y en la corona de las manos para iniciar el ataque (Hernández *et al.*, 1984). Entre estos agentes se destacan los géneros *Colletotrichum* spp., *Fusarium* spp., *Geotrichum* spp., *Gliocladium* spp., *Penicillium* spp., *Alternaria alternata*, *Cladosporium* spp. (Krauss y Soberanis, 2000).

La enfermedad se inicia con un reblandecimiento de los tejidos superficiales en los restos del raquis y en la corona (Alvindia *et al.*, 2004). El daño puede avanzar hasta afectar

a los pedicelos e incluso a los dedos individuales (Duque *et al.*, 2004), y en casos más graves, la pudrición penetra profundamente en los dedos, que pueden llegar a desprenderse de la corona y alcanzar la pulpa perdiéndose la totalidad del fruto (Muirhead y Jones, 2000).

El control de la pudrición de corona debe llevarse a cabo integrando el saneamiento en las plantaciones y plantas de empaques con labores como el embolsado de fruta, cortes limpios de las coronas, lavado con agua corriente y clorada; tratamientos por inmersión o aspersión con fungicidas benzimidazoles, imidazoles y triazoles y una disminución del tiempo entre la cosecha y la refrigeración de la fruta (Pérez *et al.*, 2001). La utilización de fungicidas de la familia de los triazoles permite un mejor control químico de hongos luego de la cosecha (De Lapeyre y Nolin, 1994) y por tanto una mayor calidad de fruta.

En la Argentina no existen estudios que identifiquen categorías de daños mecánicos, desde la cosecha a la comercialización (Fagiani, 2009). La banana es una de las pocas frutas que mejora sus cualidades organolépticas a través de un proceso de climatización, pero ello favorece el desarrollo de los hongos patógenos (Soto, 1995). Este es uno de los factores de mayor relevancia en los procesos de pudrición de la corona en la producción bananera formoseña, ya que en la mayoría de los casos no se realizan el lavado y desinfección de las frutas al momento del empaque. Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de cuatro fungicidas de síntesis y uno de origen orgánico sobre la pudrición de corona en fruto de banano en la región bananera de la provincia de Formosa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue conducido en las instalaciones del Instituto para la Agricultura Familiar (IPAF) de la región NEA, situado en la localidad de Laguna Nainneck, provincia de Formosa (S: 25°12'091", O: 58°06'568").

Se utilizaron frutas de banano *Musa acuminata* Colla (AAA) perteneciente al subgrupo Cavendish, de segundo año de producción, de edad homogénea, proveniente de lotes del mencionado Instituto durante la campaña 2011–2012, en condiciones de cultivo similares.

Estas fueron recogidas cuando alcanzaron el punto de cosecha indicado por el "diámetro del dedo central de la segunda mano", siendo este valor de 34 mm.

El proceso de maduración fue realizado en una cámara de climatización local, durante 72 h a 18-20 °C y 80% de humedad. En este proceso se inyectó en el ambiente el gas etileno para la estimulación del inicio de la maduración.

Se evaluaron cuatro productos químicos de síntesis y uno de origen orgánico, con un control que no recibió ninguna aplicación. Los tratamientos fueron los siguientes:

T1: Testigo

T2: Extracto de semillas cítricas 1,2 ml/L

T3: Carbendazím 0,8 ml/L

T4: Azoxystrobín 1 ml/L

T5: Metil Tiofanato 0,9 ml/L

T6: Tebuconazole + Carbendazím (1:1 v/v) 0,8 ml/L

Los racimos utilizados en la experimentación sufrieron las manipulaciones habituales del proceso de poscosecha de la región. Tras el corte y acarreo, la fruta fue acondicionada en el playón del laboratorio del IPAF NEA, donde se procedió al desmane (separación con las manos del ra-

ESCALA DE FROSSARD
(Tomado de la Unidad Fruit Corp.)

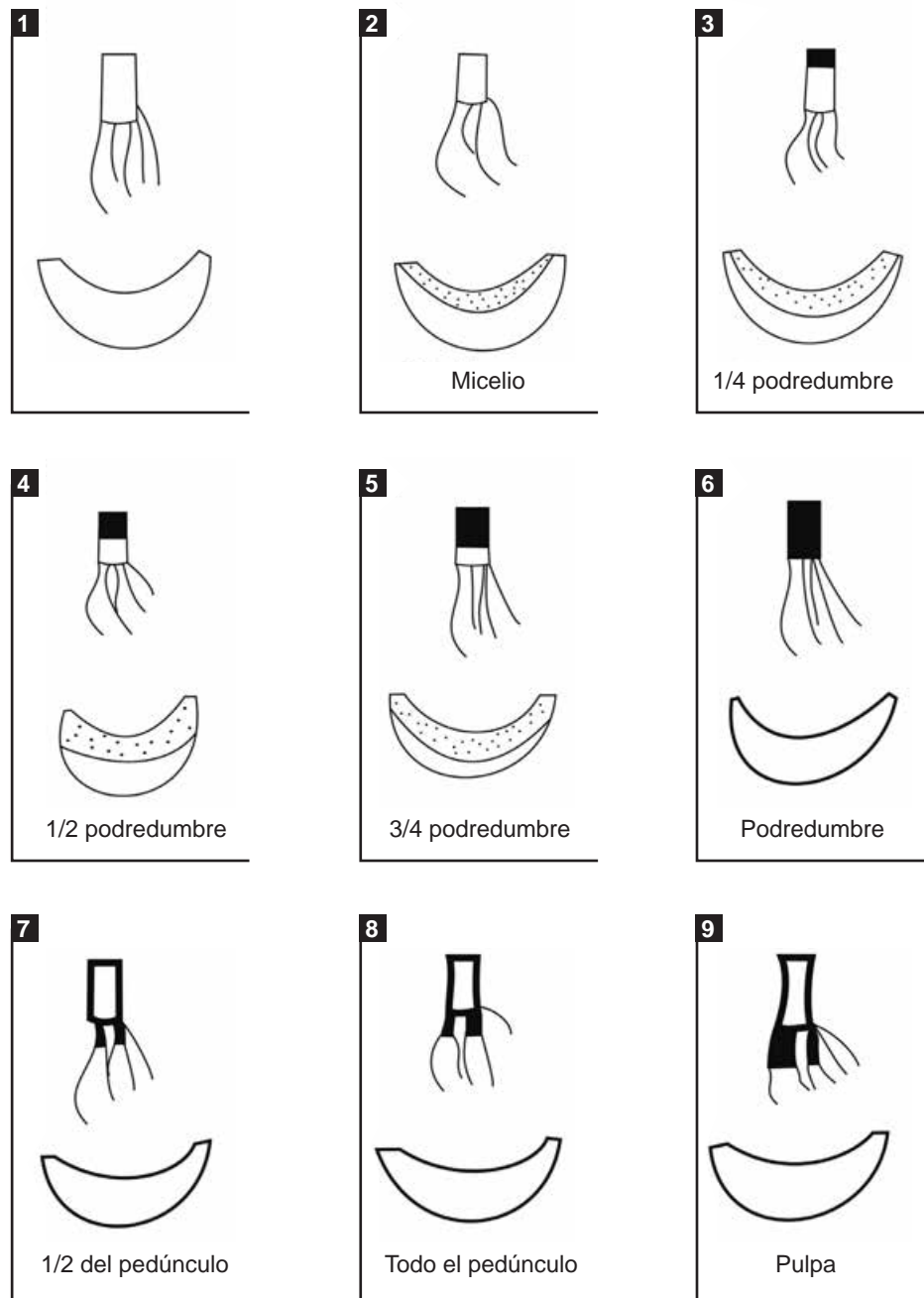


Figura 1. Índice de pudrición de corona según escala de Frossard (Tomado de Cartaya Díaz *et al.*, 2011).

quis) con la ayuda de un cuchillo filoso. Posteriormente se realizó el lavado con agua limpia a fin de retirar toda la suciedad. Dentro de la pileta de lavado se procedió a separar las manos en grupos de 6 dedos asegurando que la corona tenga un corte limpio sin desgarramientos.

En la actualidad, para la aplicación de fungicidas en poscosecha en la mayoría de las plantas de empaques se utilizan las técnicas de ducha o cascada, aunque la más común es la inmersión (Perera *et al.*, 2004). En el ensayo, por motivos de organización y operatividad se adoptó un sistema de aplicación mediante aspersión manual.

Después de este proceso y una vez seca, la fruta asperjada con el fungicida correspondiente a cada tratamiento fue colocada en cajas de madera debidamente identificadas. Estas cajas fueron transportadas e introducidas en la cámara de maduración local utilizada habitualmente para este fin.

El ensayo se realizó según un diseño aleatorizado. La unidad experimental considerada fueron las manos (grupos de seis dedos) por cada uno de los 6 tratamientos, con 4 repeticiones, colocada al azar dentro de una cámara de climatización local. La toma de datos se realizó a los 4, 7 y 9 días después de la aplicación del tratamiento (dda) y se evaluaron las siguientes variables:

Severidad: porcentaje de corona ocupada por micelio de hongos en la superficie de la herida provocada en el desmanado. Esta fue estimada visualmente en fotografías digitales de la superficie de la corona mediante la superposición de cuadrículas con 10 áreas que equivale cada una a un 10% del tejido total.

| Tratamiento | % de corona ocupada por micelio | | |
|-------------|---------------------------------|--------|----------------------|
| | 4 dda | 7 dda | 9 dda |
| 1 | 19±2,2 | 85 | 100 ^a |
| 2 | 16±1,3 | 58±4,3 | 80±3,5 ^{ab} |
| 3 | 0 | 13±2,5 | 17±2,1 ^{bc} |
| 4 | 0 | 0 | 3±4,3 ^c |
| 5 | 0 | 16±2,2 | 20±3,1 ^{bc} |
| 6 | 0 | 0 | 6±1,3 ^c |

Tabla 1. Porcentaje de corona ocupada por micelio a los 4, 7 y 9 días después de la aplicación. Cada resultado representa la media ± el desvío estándar.

Medias con letras distintas son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Índice de valoración visual de podredumbre: según escala de Frossard, basada en la escala de la United Fruit Corporation; 1) sin micelio, 2) presencia de micelio, 3) ¼ de pudrición, 4) ½ pudrición, 5) ¾ pudrición, 6) pudrición, 7) ½ del pedúnculo, 8) todo el pedúnculo, 9) pulpa (figura 1) (Cartaya Díaz *et al.*, 2011).

El análisis estadístico se realizó con el programa INFOS-TAT (versión estudiante). Los datos fueron transformados ($0,5 + X0,5$) para su posterior análisis de la varianza y comparación de medias de los tratamientos a través de la prueba de Duncan al nivel del 5% de significancia.

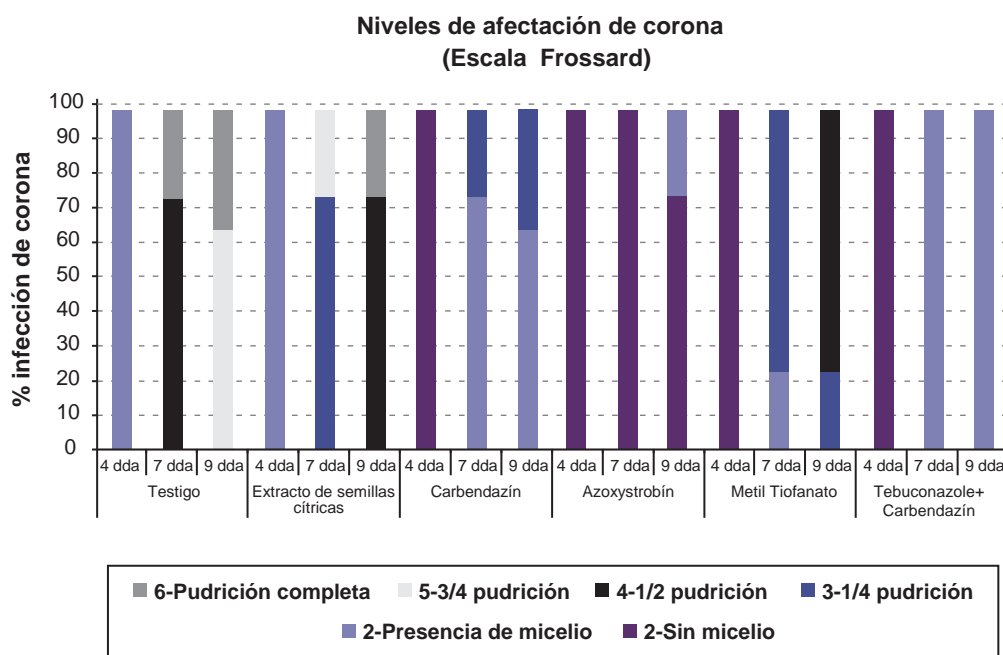


Figura 2. Niveles de infección de corona (%) según el índice de pudrición de corona de Frossard a los 4, 7 y 9 días posteriores a la aplicación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se observan los porcentajes reales de corona ocupada por el micelio para los diferentes tratamientos en los tres tiempos de evaluación.

Los resultados expuestos demuestran que existen diferencias significativas entre los tratamientos T4 (Azoxyestrobín) y T6 (Tebuconazole + Carbendazím) respecto al tétigo (T1) y al T2 (Extracto de semillas cítricas). Así mismo evidencian que existen diferencias significativas entre el T5 (Metil Tiofanato) y T3 (Carbendazím) respecto al control (T1), a los 9 dda.

Los resultados de pudrición de corona según la escala de Frossard se muestran en la figura 2. A los 9 dda de los tratamientos, las coronas bajo los tratamientos 4 y 6 no superaron el nivel 2 de la escala de podredumbre de corona según Frossard. El tratamiento 3 alcanzó el nivel 3; el tratamiento 5 alcanzó el nivel 4 y los tratamientos 2 y 1 llegaron al nivel 6.

La marcada diferencia entre tratamientos con fungicidas de síntesis y orgánicos se condice con lo expresado por Alvindia *et al.* (2004) quien sostiene que estos últimos son menos efectivos que los fungicidas sintéticos, actualmente en uso. No obstante, Demerutis Peña (2010) encontró que la aplicación de extractos de semillas cítricas junto a un coadyuvante de base cerosa posiciona a esta sustancia en igualdad de efectividad que los tratamientos químicos habituales. Así mismo Dorta *et al.* (2010) obtuvieron un 51,38% de control del avance de esta enfermedad con la utilización de este producto.

Diversos trabajos mencionan que el control químico es el más efectivo desde la aparición de los fungicidas sistémicos derivados de benzimidazoles para el control de la pudrición de la corona. Lassois *et al.* (2010) citan el Tiabendazol y el Benomyl; Lutchmeah y Santchurn (1991) lograron controles alrededor del 70% con el uso de Topsin-M, Prochloraz y Benomyl. Así mismo Jones (1991) encontró que fungicidas del grupo triazol fueron los más eficaces para este efecto. Sin embargo, pruebas de patogenicidad en *Fusarium semitectum* desarrollando pudrición de corona, presentaron menos sensibilidad a fungicidas triazoles, (Marín, 1997). El Benomyl fracasó en controlar la pudrición de corona, lo que puede estar relacionado con la presencia de hongos tolerantes a Benomyl en la flora del banano (Jones, 1991). En el presente ensayo el mayor control se logró al emplearse un fungicida de un grupo químico diferente perteneciente a las Estrobilurinas (Azoxyestrobín) y la mezcla de un triazol con un fungicida benzimidazolico (Tebuconazole + Carbendazím).

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente ensayo ponen en evidencia que otros grupos químicos de acción sistémica deberían ser considerados para el control de la enfermedad en tratamientos poscosecha para el control de esta enfermedad. Así mismo es necesario buscar alternativas

que permitan mejorar el desempeño de fungidas de origen orgánicos que se adecúen a las realidades productivas de este estrato de productores.

Por todo ello, se torna necesario repetir el ensayo bajo estas condiciones para obtener resultados definitivos.

AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Agr. María Laura Fontana y a la Lic. en biodiversidad Pilar Ortega y Villasana por su invaluable colaboración.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVINDIA, D.G.; KOBAYASHI, T.; NATSUAKI, K.T.; TANDA, D. 2004. Inhibitory influence of inorganic salts on banana postharvest pathogens and preliminary application to control crown rot. *Journal of General Plant Pathology* 70 (1):61–65.
- CARTAYA DÍAZ, N.; DOMÍNGUEZ PALAREA, E.; BUENA PIEDRA DÍAZ, A.; DUQUE YANES, M.; TORRES SÁNCHEZ, J.M.; ORAMAS GONZÁLEZ-MORO, J.J.; PEREYRA LEÓN, J.; LOBO RODRIGO, G.; HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, J.; PERERA GONZÁLEZ, S. 2011. Evaluación de eficacia de productos naturales para el control de la pudrición de corona (crown rot) en plátano. Proyecto MAC/I/C054. BIOMUSA, p. 21.
- DADZIE, B.K.; ORCHARD, J.E. 1997. Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos. Guías técnicas INIBAP 2. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano, Montpellier, Francia, p. 61.
- DE LAPEYRE, L.; NOLIN, J. 1994. Mejoramiento del control de la pudrición de la corona en bananos de exportación y tratamientos postcosecha. *Fruits*. Francia 49(3):179–185.
- DELGADO, N.C.; PALAREA, D.E.; PIEDRA BUENA, A.; YANES, M.D.; TORES, J.M.; ORAMAS, J.; PEREYRA, J.; LOBO, G.; HERNÁNDEZ, J.; DÍAZ, R. y PERERA, S. 2011. Determinación de la curva de disipación del Imazalil en postcosecha del plátano. Proyecto MAC/I/C054. BIOMUSA, p. 10.
- DEMERUTIS PEÑA, C. 2010. Requerimientos de calidad y seguridad en la exportación de frutas y verduras tropicales. *Revista Latinoamérica de tecnología Postcosecha*, Hermosillo: México 11 (1): 1–7.
- DORTA, E.; MARRERO, A.; LOBO, G.; HERNÁNDEZ, J. 2010. Evaluación de cuatro extractos de plantas, una sal inorgánica y un fungicida para el control de la podredumbre de corona del plátano. Trabajo fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna.
- DUQUE, M.; TORRES, J.M.; ORAMAS, J.J.; FERNÁNDEZ, J. 2004. Pudrición de corona en el plátano canario. Ed. Coplaca, Tenerife, pp. 41.
- FAGIANI, M.J. 2009. Evaluación de daños mecánicos en frutos de Banano "Cavendish" (*Musa cavendishii*) durante las etapas de cosecha, acondicionamiento y comercialización. Tesis de posgrado Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, p. 63.
- FAO. 1998. Manual para el mejoramiento del manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Parte II Serie Tecnologías postcosecha N.º 7. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Santiago de Chile, p. 83.
- FRISON, E.; POCASANGRE, L.E. 2008. Adaptación de bananos subtropicales y de altura al cambio climático: Implementación de innovaciones tecnológicas para modernizar y mejorar la

producción de banano. (Disponible en: <http://www.fontagro.org/Calls/2008/EvalPerfiles/8066BananoSubtropical.pdf> verificado: 12 de marzo de 2014).

HERNÁNDEZ, J.; SALA, L.; GALLO L. 1984. Crown rot del plátano. I. Patogenicidad de cepas y resistencia a productos. En Resúmenes III. Congreso de Fitopatología, Tenerife.

GONZALEZ, M. 1987. Enfermedades del cultivo del banano. San José (C.R.) .Programa de Educación Agrícola de la Universidad de Costa Rica, p. 102.

JONES, D.R. 1991. Chemical control of crown rot in Queensland bananas. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. Australia 31(5):693–698.

KITINOJA, L.; KADER, A. 1996. Manual de prácticas de postcosecha de los productos frutihortícolas a pequeña escala. Serie de horticultura Postcosecha N.º 85. Universidad de California. Davis. Departamento de Pomología, p. 210.

KRAUSS, U.; JOHANSON, A. 2000. Recent advances in the control of crown rot of banana in the Windward Islands. *Crop Protection* 19:151–160.

KRAUSS, U.; SOBERANIS, W. 2000. Control de pudriciones postcosecha con extracto de mashua (*Tropaeolum tuberosum*). Manejo Integrado de Plagas. C.R., Proyecto CABI–CATIE. 57: 23–28.

LABOREM, G.; RANGEL, L.; ESPINOZA, M. 2003. Manejo postcosecha del banano. *Tecnología postcosecha*. FONAIAP N.º 61:36–38.

LASOIS, L.; BASTIAANSE, H.; CHILLET, M.; JULLIEN, A.; JIJAKLI, M.H.; DE LAPEYRE DE BELLAIRE, L. 2010. Hand position on the bunch and source–sink ratio influence the banana fruit susceptibility to crown rot disease. *Annals of Applied Biology*. 156 (2): 221–229.

LICHTEMBERG, L.A. 1999. Colheita y pós-colheita da banana. *Informe Agropecuario*, v. 20, n.º., enero/febrero, pp. 73–90.

LUTCHMEAH, R.S.; SANTCHURN, D. 1991. Control químico de enfermedades postcosecha común del cultivar de banano 'Naine' en Mauricio. *Revue Agricole et Sucrière de l'Île Maurice (MUS)*, pp. 8–11.

MARIN, D. 1997. Sensibilidad a Thiabendazole de hongos asociados a pudrición de corona en banano. Informe anual 1996 CORBANA. Dirección de Investigaciones y Servicios Agrícolas. Costa Rica, San José, p. 69.

MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN Y AMBIENTE DE LA PROVINCIA DE FORMOSA. 2013.

MUIRHEAD, I.F.; JONES, D.R. 2000. Diseases of banana, abaca and enset. En "Postharvest disease" Cabi Publishing, Reino Unido (ed. Jones, D.R.), pp. 190–206.

PERERA, S.; MARRERO, A.; HERNÁNDEZ, J. 2004. Evaluación de la eficacia de seis fungicidas sobre la pudrición de corona del plátano. En "Pudrición de corona en el plátano canario". COPLACA, pp. 31–41.

PÉREZ, L.; SÁENZ, M.; MAURI, F. 2001. Control de la pudrición de la corona del banano en Cuba. I. Eficacia de Benzimidazoles, Imidazoles y Triazoles. *Fitosanidad* 5 (4): 31–38.

PLOETZ, R.C.; ZENTMYER, G.A.; NISHIJIMA, W.T.; ROHRBACH, K.G.; OHR, H.D. 1994. *Compendium of tropical fruit diseases*. APS Press, EE.UU. pp. 88.

REYES, M.E.Q.; NISHIJIMA, W.; PAULL, R.E. 1998. Control of crown rot in 'Santa Catarina Prata' and 'Williams' banana with hot water treatments. *Postharvest Biology and Technology* 14:71–75.

SOTO, M. 1995. Bananas: cultivo y comercialización. Ed. Litografía e Imprenta LIL. San José, Costa Rica, pp. 619.

Ponderación de la información generada en la Estación Experimental Agropecuaria Oliveros del INTA (INTA EEA Oliveros) mediante el proceso analítico jerárquico

RÓTOLO, G.C.¹; MILO VACCARO, M.¹; HOYOS MALLQUI, M.²; BACIGALUPPO, S.¹; SALVAGIOTTI, F.¹; CASTELLARÍN, J.¹

RESUMEN

En el siglo XXI, el subsistema de conocimiento científico-tecnológico se convirtió en el principal componente del capital cultural de un país viabilizando el desarrollo socioeconómico y la potencialidad de los países desarrollados. El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) es un organismo de ciencia y tecnología de Argentina entre cuyos objetivos está la generación y transferencia de conocimiento científico al sector agropecuario. Dicha información se genera en estaciones experimentales agropecuarias e institutos de investigación que lo integran y que abordan los problemas del sector en distintas regiones del país. Los sectores destinados a la investigación, experimentación y transferencia del conocimiento tienen como producto las publicaciones científicas, manuales, informes técnicos, cursos y talleres entre otros. Los objetivos de este estudio fueron: 1) clasificar las formas de presentación del conocimiento producido en la EEA Oliveros, así como seleccionar y definir los criterios y alternativas requeridos en la ponderación de este y 2) aplicar la ponderación a la producción de conocimientos de la EEA Oliveros para el año 2014. Para clasificar, agrupar y ponderar el producto de la investigación/extensión generada por el INTA Oliveros se reunió un equipo de investigadores y extensionistas de la institución. El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) fue utilizado para el presente estudio. Este permite, a partir de valoraciones preasignadas, priorizar un conjunto de elementos, según los juicios, y preferencias de los individuos del equipo, adoptando un valor consensuado. Los resultados mostraron que los productos generados como información original (IO=revistas con y sin referato, así como presentación a congresos) representaron el 60.8% de la producción de conocimiento total; la información elaborada (IE=libros, capítulos libros, manuales y producción audiovisual) representó el 10.8% y la transferencia de conocimiento (TC=cursos, jornadas y disertaciones), el 28.4%. La metodología empleada resultó útil para ponderar la generación de conocimiento. Estos resultados pueden ser utilizados para comparar la producción de conocimiento entre períodos, entre unidades, consensuando los criterios con un equipo representativo de las estas, e incluso para ser utilizadas como insumo en análisis o evaluaciones de otras temáticas. De todas maneras, es aconsejable revisar y adecuar periódicamente los criterios y alternativas seleccionadas para acompañar los posibles cambios en enfoques y desarrollos que ocurren en investigación, según los períodos que se van atravesando.

Palabras clave: producción científica, conocimiento, valoración.

¹INTA EEA OLIVEROS-Ruta 11 km 353, 2206 Oliveros, Santa Fe, Argentina. Correo electrónico: rotolo.gloria@inta.gob.ar; milovaccaro.marcelo@inta.gob.ar

²Pontificia Universidad Católica Argentina, Campus Rosario, Facultad de Química e Ingeniería, Av. Pellegrini 3314, 2000 Rosario, Santa Fe, Argentina.

ABSTRACT

The scientific and technological knowledge subsystem becomes one of the main components of a country cultural capital, fostering its economic development. The National Institute of Agricultural Technology (INTA) is a science and technology body in Argentina whose objectives include the generation and transfer of scientific knowledge to the agricultural sector through experimental stations and research institutes located in different regions of the country. Research, experimentation and knowledge transfer produce scientific publications, manuals, technical reports, courses, congress presentations and workshops. The objectives of this study were: 1) to classify the way of featuring knowledge production in the EEA Oliveros, as well as to select and define the criteria and alternatives used for weighting (without seeking to qualify it) the original and elaborate knowledge produced, and 2) to apply the weighting to the EEA Oliveros' knowledge production for the year 2014. A team of researchers and extensionists was gathered to classify, group and weight the research/extension produced by the EEA Oliveros. The Analytic Hierarchy Process (AHP) method was used for this study. It allows to prioritize a set of elements based on an established valuation scale, according to the team individuals' judge, preferences and agreement. The results showed that the products generated as original information (OI=journals with and without peer review and congress presentation) accounted for 60.8% of total knowledge production; elaborated information (EI=books, book's chapters, manuals and audiovisual production) 10.8% and the knowledge transfer (KT=courses, seminars and lectures) 28.4%. The methodology was useful to weigh the generation of knowledge. These results can be used to compare the production of knowledge between periods, between INTA units by the consensus of the criteria used, and even it can be used as input for analysis or evaluation of other issues. However, it is desirable to periodically review and adjust the selected criteria and alternatives to join the possible research changes along the periods that go through on approaches and developments.

Keywords: *research evaluation, Analytic Hierarchy Process (AHP), Experimental Station efficacy.*

INTRODUCCIÓN

Desde finales del siglo pasado y sobre todo a comienzos del siglo *xxi* hemos asistido a la era de la información y el conocimiento, en un proceso expansivo y vertiginoso, motor del fenómeno de globalización. Así, el subsistema de conocimiento científico-tecnológico se convierte en el principal componente del capital cultural de un país, viabilizando el desarrollo socioeconómico y la potencialidad de los países desarrollados. La República Argentina no estuvo ajena a este proceso, por lo cual en las últimas décadas se destinaron significativas partidas de dinero a los centros e institutos de investigación científico-tecnológicos. De este modo, es esperable que la información y el conocimiento científico-tecnológico producido fluya rápidamente hacia los subsistemas económico y social, de manera que estos lo apropien para favorecer el desarrollo nacional.

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) es un organismo de ciencia y tecnología de Argentina entre cuyos objetivos está la generación y transferencia de conocimiento científico al sector agropecuario. Dicha información se genera en estaciones experimentales agropecuarias e institutos de investigación que lo integran, abordando los problemas del sector en distintas regiones del país. La Estación Experimental Agropecuaria del INTA, localizada en Oliveros (INTA EEA Oliveros), en el sur de Santa Fe (32° 33'S, 60° 51'W), está conformada por un ámbito de producción de granos y de carne (novillos en en-

gorde) cuyo resultado es posible medir en unidades físicas (kilogramos de granos o de carne) y un ámbito destinado a la investigación/experimentación/extensión, en el que un tipo de producto son las publicaciones, manuales, cursos, entre otros y pueden contabilizarse en cantidad de unidades escritas o eventos de capacitación. Con relación a este último producto, la institución cuenta con un listado de las diferentes formas en que se presenta la investigación, experimentación y transferencia. Considerando que la información producida es resultado de la ejecución de proyectos, INTA (2005) y Di Filippo y Mathey (2008) enumeran y definen los indicadores utilizados en la formulación de proyectos como: i) indicadores de procesos/actividades, ii) indicadores de producto, iii) indicadores de resultados y iv) indicadores de impacto. Así entonces, adoptando el mismo criterio para clasificar la información resultante de los proyectos, la información obtenida de la EEA Oliveros se puede analizar en tres niveles: a) como producto, en función del resultado primario y elaborado en sus diversas formas de presentación, así como la transferencia que se realiza de estos; b) el producto en función del objetivo del proyecto y la prioridad establecida por la institución, es decir, la pertinencia de la información; y c) el impacto del producto, que se refiere a la receptividad que tuvo la información en las distintas comunidades.

Romanos de Tiratel (2009) analizó las manifestaciones registradas de la producción científica de los investigadores en un instituto académico. Además, abundante infor-

mación se puede encontrar sobre el impacto que tienen los artículos (por ejemplo: el denominado “factor de impacto” que es elaborado anualmente por Thomson Reuters¹), o los cursos y disertaciones (por medio de encuestas o criterios, Santoveña Casal, 2005). La pertinencia del contenido del producto está muy relacionada a especialidades y objetivos de un programa y de la institución. Aún no hay consenso para posicionar a los investigadores e instituciones sobre el producto obtenido y la productividad (Herekson y Waldenström, 2011). Una contabilidad precisa de la producción de conocimiento en el corto plazo no es una tarea fácil, sin embargo es crítica para evaluar el resultado de la investigación de laboratorios, departamentos e institucionales (Herekson y Waldenström, 2011; Kreiman y Maunsell, 2011). Kreiman y Maunsell (2011) recomiendan nueve criterios para medir cuantitativamente el producto científico como complemento de la revisión de expertos. Hasta el momento no se ha encontrado un sistema para ponderar de forma comparable las diferentes formas de presentar los resultados de una investigación.

Este estudio se centra en ponderar la información obtenida como resultado primario y elaborado (nivel a) a partir de un trabajo de juicios, preferencias y consensos, es decir, que se le da un rango de intensidades de peso al “conocimiento producido” sin pretender evaluar o calificarlos.

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP, por su acrónimo en inglés, Analytic Hierarchy Process, Saaty 1987; 2008) es un enfoque metodológico general sobre juicios y valoraciones que, basado en escalas de razón, permite combinar el conocimiento científico y racional con lo intangible para ayudar a sintetizar la naturaleza humana con lo concreto de nuestras experiencias capturadas a través de la ciencia (Moreno Jiménez, 2002, 2015). Este método se aplica en diversos estudios, como Font Graupera (2000) que lo utilizó para la toma de decisiones de nuevos productos; Martínez Rodríguez (2007) para identificar la mejor localización de pymes del sector servicios; Aznar Bellver *et al.* (2007) lo utilizaron en una valoración multicriterio como herramienta de decisión en el sector agrario, entre otros. Si bien la metodología abarca un amplio espectro de posibilidades de utilización, su aplicación es específica a cada situación. Así, se estima que es un método adecuado para analizar la producción de conocimiento de la investigación/experimentación/transferencia en la EEA Oliveros ya que esta no se contabiliza en una escala única.

Los objetivos de este estudio son: 1) clasificar la formas de presentación del conocimiento producido en la EEA Oliveros y definir los criterios y alternativas de ponderación de este; y 2) aplicar la ponderación a la producción de conocimientos de la citada institución para el año 2014.

METODOLOGÍA

Objeto de estudio

Para el análisis de la producción de conocimiento generada por EEA Oliveros del INTA se reunió un equipo de investigadores y extensionistas (expertos) que, a partir del listado provisto por la Institución, agruparon las diversas formas de presentar la información (tabla 1), de manera tal que coincidieran en categorías generales de orden semejante. La información provista correspondió a los productos informados en la evaluación de desempeño de los profesionales que se desenvuelven en el límite físico de la EEA localizada en Oliveros. El grupo de expertos se conformó con once profesionales investigadores de las distintas áreas, distribuidos de la siguiente manera: dos de Protección Vegetal, tres de Manejo de Cultivos, uno de Calidad de Semente, dos de Evaluación y Gestión Ambiental y dos de Desarrollo Territorial Sustentable. Estos investigadores vienen teniendo tradición de complementación en la resolución de diferentes problemáticas agropecuarias y la realización de trabajos conjuntos a través de los grupos de contingencia en el año 1997-1998 y a través de la experimentación y redes de ensayo y el abordaje territorial implementado en los últimos años.

Este estudio se centra en el “producto” obtenido de la investigación y consiste en:

- **La Información Original (IO) y Elaborada (IE)** producida en la EEA Oliveros. Se asume que la IO se refiere a todos los conocimientos obtenidos de la investigación/experimentación de primera mano que son publicados en diferentes formatos, como por ejemplo artículos en revistas y congresos. Definimos como IE a aquella que utilizando información publicada en revistas y congresos, se conjugan con otras informaciones ya publicadas de otros o del mismo autor/es (manuales, libros, capítulos de libros, etc.).
- **La Transferencia/Oferencia de Conocimiento (TC)** producido en la EEA Oliveros, incluye a los cursos, las jornadas y las disertaciones.
- Las patentes, por su tratamiento y procedimientos especiales (derechos y permisos de patente, regulaciones, etc.), son contabilizadas como categoría aparte.
- Las interacciones/articulaciones con otras instituciones u organizaciones son a la vez necesarias y consecuencia del trabajo cotidiano de los profesionales de la EEA Oliveros. Sin embargo, en el presente trabajo no se consideraron como producto, puesto que es motivo de un análisis específico de un proceso de gestión.

Procedimiento

La ponderación se aplicó a la producción de conocimiento en la EEA Oliveros para el año 2014.

El método AHP (Saaty, 1987,2008) permite obtener las prioridades que un individuo otorga a un conjunto de elementos a partir de las valoraciones asignadas a estos, se-

¹Thomson Reuters: Disponible en: http://wokinfo.com/products_tools/analytical/jcr/ Última visita, Diciembre 2015

| Clasificación relacionada con las diversas formas de presentar la información realizada por INTA | Clasificación adoptada para este estudio sobre la realizada por INTA |
|--|---|
| Producción científica-técnica | Información original (IO) |
| Artículos con referato Artículos sin referato Trabajos presentados a congresos Informes técnicos Tesis Protocolos Patentes Libros Capítulos de libros Artículos de divulgación Boletín técnico Cartillas Producción Audiovisual Softwares | Artículos con referato y tesis Artículos sin referato (informes técnicos-protocolos-boletín técnico) Trabajos presentados a Congresos patentes |
| Capacitación-Difusión-Comunicación | Información elaborada (IE) |
| Cursos Talleres Programas de radio Seminarios Congresos Jornadas Charlas/Conferencias Días de campo=charla/exposición Reuniones Organización/Participación en exposiciones y ferias | Libros Capítulos de libros Producción audiovisual - divulgación Manuales |
| | Transferencia de conocimientos (TC) |
| | ponderación |
| | Servicios, \$ |
| | Talleres-cursos Talleres jornadas Disertaciones Softwares |
| | Softwares Análisis de semillas Paños Meteorología |
| | Gestión científico-técnica (organización de eventos y gestiones de articulación) |
| | Reuniones |
| | Gestión de transferencia (organización de eventos) |
| | Días de campo=charlas/exposición Reuniones Organización/Participación en exposiciones y ferias |

Tabla 1. Formas en que se presenta la información producida por INTA y grupos de categorías utilizadas para la EEA Oliveros en este estudio.

Fuente: elaboración propia.

gún sus juicios y preferencias. Para ello es preciso establecer un conjunto de procedimientos que permitan conectar las experiencias e intuiciones con los objetivos fijados (Moreno Jiménez, 2002).

Gran parte de nuestro conocimiento y comportamiento se puede explicar en términos de comparaciones relativas expresadas en forma de tasas. De hecho, los aspectos intangibles –a los que por el momento no se les puede asignar directamente un valor numérico–, pueden ser medidos relativamente y tener sentido en función de otros elementos que forman nuestro sistema de valores y entendemos mejor (misión, criterios y subcriterios) (Moreno Jiménez, 2002; 2015).

Generalmente, para capturar información de sistemas pequeños y generalizarla en uno mayor se utiliza un orden jerárquico. Además, se requieren escalas de razón para poder comprender el mundo humano. Estas escalas son las que necesita el científico para crear y analizar los datos derivados de los juicios e información estadística (Moreno Jiménez, 2002, 2015).

El uso de juicios para la valoración se ha considerado como una práctica cuestionable cuando la objetividad es la norma. Sin embargo, la reflexión demuestra que, incluso cuando los números se obtienen de una escala estándar y son considerados objetivos, su interpretación es siempre subjetiva (Saaty, 2008). Esta afirmación es demostrada en

el AHP y sienta las bases para proporcionar una mayor credibilidad para utilizar juicios cuando los intangibles están involucrados (Saaty, 2008).

Para tomar una decisión de manera organizada basándose en las prioridades el equipo multidisciplinario y representativo del tema para analizar se reúne en sucesivas ocasiones en grupos de discusión para descomponer la decisión en los siguientes pasos:

- a. Definir el ámbito de la problemática y el objetivo perseguido. Como se mencionó en la introducción, en el caso específico del presente estudio, el objetivo fue asignar pesos a la producción de conocimiento de la EEA Oliveros definida y agrupada en IO, IE y TC por un equipo de expertos para utilizarla como insumo para otros estudios, específicamente a uno referido al soporte ambiental de la institución.
- b. Estructurar la jerarquía de la decisión con el objetivo, es decir, los criterios de los que dependen los subsiguientes niveles, hasta el último nivel ocupado, y un set de alternativas (figura 1).
- c. Construir una estructura matricial de comparaciones apareadas. Cada elemento de un nivel superior es utilizado para comparar los elementos en el nivel inmediatamente inferior con respecto a él. Para realizar las comparaciones se necesita una escala de intensidad que indique cuanto más importante o dominante es un elemento con respecto a otro (tabla 2). Se necesitan realizar diversas matrices. Primero se comparan entre sí los criterios seleccionados. Luego se realizan las comparaciones entre

las alternativas según cada criterio seleccionado como se indica en la tabla 3, para llegar a una tabla final en donde se listan los criterios en las columnas y las alternativas en las filas, cuyos valores fueron obtenidos, en cada caso, por medio del mismo procedimiento que el señalado. Para obtener la ponderación final para cada una de las alternativas se realiza la sumatoria de la multiplicación del valor de la alternativa por el criterio, siguiendo el procedimiento indicado en tabla 3.

- d. Utilizar las prioridades obtenidas de las comparaciones para ponderar las prioridades del nivel inmediatamente inferior.
- e. Luego de la asignación de los pesos relativos para garantizar la proporcionalidad y transitividad de los juicios emitidos, se calcula el índice de consistencia o la proporción de consistencia (IC o RC respectivamente). Ambos deben ser inferiores a 0.10 para que los resultados sean consistentes (Saaty, 1987, 2008). En este paso es preciso utilizar también los valores de consistencia aleatorios para las diferentes alternativas (n), que en el estudio de Aguarón y Moreno Jiménez (2003) fueron obtenidos mediante la simulación de 100000 matrices.

Mayores detalles sobre la metodología se pueden encontrar en Saaty (1987, 2008) y Moreno Jiménez (2002, 2015).

Construcción del procedimiento adoptado

Para la discusión y selección de alternativas, criterios y selección de los valores apropiados para las diferentes ma-

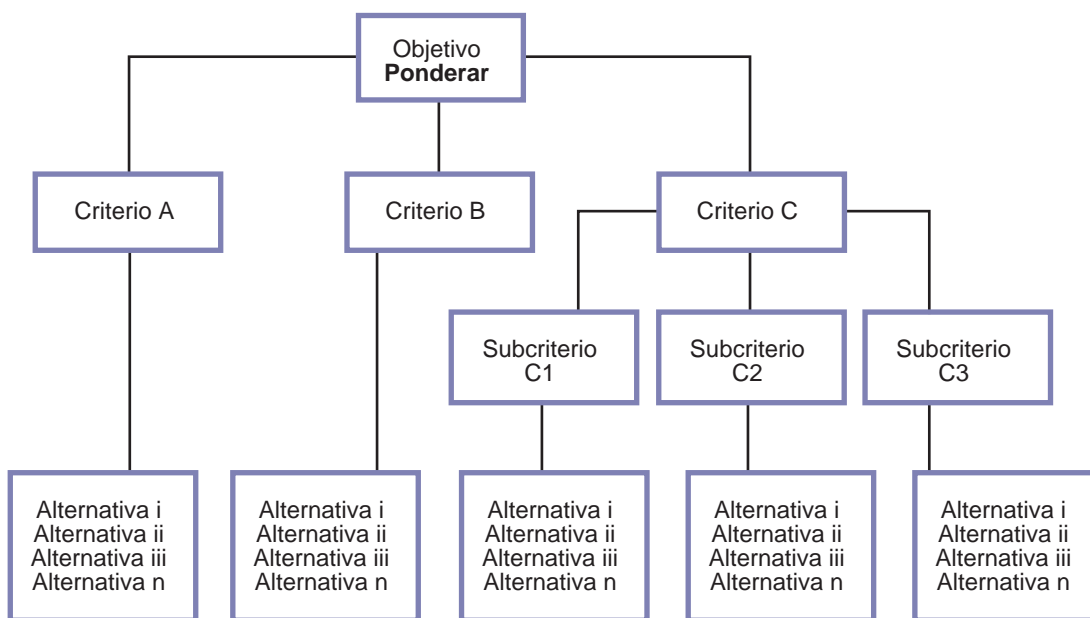


Figura 1. Esquema de jerarquías para el AHP.

Adaptado de Saaty 1987, 2008.

| Intensidad importancia | Definición | Explicación |
|--------------------------------------|--|---|
| 1 | Igual importancia | Dos actividades contribuyen de igual manera al objetivo. |
| 2 | Importancia débil o ligera | |
| 3 | Importancia moderada | Experiencia o juicio levemente a favor de una actividad sobre otra. |
| 4 | Importancia moderada + | |
| 5 | Importancia fuerte | Experiencia o juicio fuertemente a favor de una actividad sobre otra. |
| 6 | Importancia fuerte + | |
| 7 | Importancia muy fuerte o demostrada | Una actividad se ve favorecida muy fuertemente sobre otra, su dominancia se demuestra en la práctica. |
| 8 | Importancia muy, muy fuerte | |
| 9 | Extrema importancia | La evidencia que favorece una actividad sobre otra es la más fuerte posible. |
| Recíprocos de los mencionados | Si la actividad <i>i</i> tiene asignado uno de los números de arriba cuando se la compara con la actividad <i>ii</i> , entonces <i>ii</i> tiene el valor recíproco cuando se lo compara con <i>i</i> . | Una estimación razonable. |

Tabla 2. Escala de intensidad en números absolutos.

Fuente: Saaty, 2008.

| Criterio A | Alternativa i | Alternativa n | Alternativa i (a) | Alternativa n (b) | Sumatoria (c) | Promedio |
|---------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------|
| Alternativa i | 1 | i_n | $1/(1+n_i)$ | $i_n/(i_n+1)$ | $c1=\Sigma(a+b)$ | $c1+2$ |
| Alternativa n | $n_i=(1/i_n)$ | 1 | $n_i/(1+n_i)$ | $1/(i_n+1)$ | $c2=\Sigma(a+b)$ | $c2+2$ |
| Total | $\Sigma=(1+n_i)$ | $\Sigma=(i_n+1)$ | | | | |

Tabla 3. Procedimiento general para la comparación entre las alternativas según cada criterio seleccionado.

Nota: valor de "in"=1 a 9 según tabla 2.

Fuente: elaboración propia.

trices participaron distintos integrantes de la EEA Oliveros con diferentes perfiles profesionales y especialización detallados en la Sección 2.1, quienes contribuyeron durante varias reuniones con el proceso de elaboración. El producto de dichas reuniones (clasificaciones y definiciones adoptadas) se detallan a continuación.

a. Selección de las alternativas y criterios de evaluación

En la tabla 1 se listan los productos de investigación/experimentación/transferencia considerados por la institución que se reagruparon según los objetivos

del presente trabajo. Esta clasificación se utilizó para discutir y adoptar los criterios de valoración para cada grupo de alternativas mostrados en la tabla 4.

b. Definición de los criterios de evaluación

Una vez definido el objetivo para el que se establecieron las ponderaciones, se definieron operacionalmente los criterios en los que se basarán las decisiones y sus respectivas escalas. Dichos criterios se detallan en la tabla 5.

| | Información Original (IO) | Información Elaborada (IE) | Transferencia de conocimiento (TC) |
|--------------------------------|--|--|--|
| Alternativas | Artículo en Revista Internacional con referato. Artículo en Revista Latinoamericana con referato. Artículo en Revista sin referato. Presentación en Congresos Internacionales. Presentación en Congresos Latinoamericanos. | Libros Capítulos de libros Manuales Presentaciones audiovisuales | Talleres-Cursos Talleres-Jornadas Disertaciones |
| Criterios de valoración | Rigurosidad Originalidad Alcance - Internacional - Nacional - Local | Rigurosidad Originalidad Alcance - Internacional - Nacional - Local | Rigurosidad Los criterios originalidad y alcance se los consideró de igual intensidad que en el libro |

Tabla 4. Alternativas de presentación de la información agrupadas y criterios de evaluación seleccionados.

Nota: Los servicios de análisis de semillas, elaboración de software y producción de paños verticales, también se obtienen en la EEA Oliveros, pero no son considerados en este estudio, ya que al ser servicios pueden tener una valoración física. Fuente: elaboración propia.

| Criterios | Caracterización | Escala (1-9) |
|-------------------------------|---|--|
| Rigurosidad científica | La rigurosidad está dada por la profundidad temática, la precisión en la toma y análisis de datos en función a la historia del arte y los estudios de campos realizados. Esta rigurosidad es aún mayor cuando está validada por pares y más aún si son anónimos. | A mayor rigurosidad científica mayor importancia. |
| Originalidad | Se refiere a la generación de nuevos conocimientos. Si estos son el resultado inmediato de una investigación o si se procesan datos de investigaciones propias o realizadas por otros previamente publicadas bajo algún formato para generar otra. Cuanto más original es la información, mayor valor tiene. | A mayor originalidad mayor importancia. |
| Alcance | <i>Internacional:</i> información presentada en idioma inglés, y mayor posibilidad de alcance de esta. <i>Regional:</i> información presentada en español cuyo alcance tiene como horizonte los límites nacionales, y destinatarios de lengua española. <i>Local:</i> información que sólo tiene un alcance y relevancia zonal. | De acuerdo al subnivel analizado, las diferentes alternativas tienen diferentes valores. Por ejemplo los artículos con referato regional tendrán mayor valor en el alcance nacional que en el internacional. |

Tabla 5. Criterios, definiciones y escalas para ponderar las formas de presentar la información seleccionada de la EEA Oliveros INTA.

Fuente: elaboración propia.

c. Definición de las alternativas de Información Original (IO), Información Elaborada (IE) y Transferencia de Conocimientos (TC) según los criterios seleccionados

En la tabla 6 se resumen los criterios y las alternativas que se tuvieron en cuenta en el estudio para los grandes grupos (IO, IE y TC).

Categorización emergente del procedimiento adoptado

Utilizando las definiciones acordadas para las alternativas y los criterios se ponderaron los criterios (tabla 5) y se

valoró cada alternativa según cada criterio cuya intensidad de ponderación final se muestra en la tabla 7.

Los criterios Rigurosidad y Originalidad obtuvieron la misma jerarquía entre ellos y mayor con respecto al Alcance (tabla 7).

La ponderación final que se obtiene al combinar cada alternativa con todos los criterios, se muestra en la tabla 8.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ponderar las diferentes formas en que se presenta el conocimiento generado no solo es una tarea compleja (He-

| Grupos | Criterios | | Rigurosidad científica | Originalidad | Alcance: Int., Reg. y local |
|--------|--|--|--|---|--|
| | Alternativas | | | | |
| IO | <ul style="list-style-type: none"> - Artículo en Revista Internacional con referato - Artículo en Revista Latinoamericana con referato | | Tiene una dedicación de elaboración y validación por pares anónimos. | Deben ser originales, de lo contrario no pueden ser publicados en revistas con referato. | Int.: mayor alcance porque el idioma inglés lo leen todos incluso los de habla hispana. Regional o con idioma español tiene un alcance más limitado. Local: alcance zonal |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Presentación en Congresos Internacionales. - Presentación en Congresos Latinoamericanos. | | Estas publicaciones pueden o no ser originales. | Tiene en general un alcance más local. | |
| | <p>Generalmente son resultados preliminares (rigurosos, pero en construcción) y es sometido a la discusión de pares anónimos y de colegas. Menor dedicación de presentación que para la presentación de artículos.</p> | | La información presentada es original, pero generalmente no acabada. | Tienen alcance más limitado porque la población objetivo son especialistas en el área que concurren o tienen conocimiento del congreso de referencia. Un congreso nacional tiene mayor alcance a nivel local que uno internacional. | |
| IE | <ul style="list-style-type: none"> - Libros - Capítulos de libros <p>Ambos ítems hacen referencia específicamente a temáticas biológicas-productivas-socioeconómicas-ambientales que son las que se abordan desde la EEA Oliveros.</p> | | Tienen una dedicación y una validación intermedia debido a las sucesivas lecturas por los editores. | Son originales en el abordaje del tema, pero no con respecto a la información presentada. | Se asume que los medios de comunicación virtuales favorecen la difusión y acceso al material bibliográfico. Los libros producidos tienen un mayor alcance nacional que internacional o local. |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Manuales <p>Se refiere a manual de procedimientos e interpretación de resultados.</p> | | Es un trabajo de dedicación y rigurosidad media, puesto que el foco generalmente está en la didáctica para el uso y prioriza claridad ante el detalle. | Los manuales, por lo general, tienen poca originalidad. Nuevamente el foco está en la didáctica para el uso. | Los manuales tienen un mayor alcance local. |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Producción audiovisual <p>Se refiere a soportes físicos (videos, CD, etc.)</p> | | Al ser presentaciones cortas, apunta a datos generales sin profundizar en el detalle. | Hace referencia a: hardware, soportes físicos (videos, CD) (no incluye Youtube, redes, etc.) | Tiene alcance local principalmente. |
| TC | <p>Talleres-Cursos⁽¹⁾ Tienen una duración >a 8 h.</p> | | Se asume que los talleres-cursos tienen una profundidad temática mayor que las jornadas o las disertaciones. Menor que los artículos con referato, pero algo mayor que un libro. | Se definió que los talleres-cursos con respecto a la originalidad y el alcance se deberían valorar semejante al libro. | |
| | <p>Talleres-Jornadas⁽¹⁾(también seminarios, reuniones). Tienen una duración >2 h y <8 h.</p> | | Los talleres-jornadas tienen una profundidad temática mayor que las disertaciones: menor que los artículos con referato y libros. | Se definió que con respecto a la originalidad y alcance, los talleres-jornadas son iguales a los talleres-cursos. | |
| | <p>Disertaciones⁽¹⁾(también charlas-conferencias). Tienen una duración entre 1-2 h.</p> | | Las disertaciones tienen una profundidad temática menor que los cursos o jornadas. Menor que los artículos con referato y libro. | Se definió que con respecto a la originalidad y alcance, las disertaciones son iguales a los talleres-cursos. | |

Tabla 6. Descripción de las alternativas identificadas según los criterios seleccionados para la IO, IE y TC.

Nota: (1). Se definió que desde el punto de vista analizado (bagaje de conocimiento ofrecido) la relevancia para la EEA Oliveros INTA es similar si al curso asisten participantes de la institución o externos, si está destinado a expertos, o productores. Int.= Internacional; Reg.= Regional; IO= Información Original; IE= Información Elaborada; TC= transferencia de conocimiento. Fuente: elaboración propia.

| Crterios | Rigurosidad | Originalidad | Alcance | Ponderación |
|--------------|-------------|--------------|---------|-------------|
| Rigurosidad | 1.00 | 1.00 | 5.00 | 0.45 |
| Originalidad | 1.00 | 1.00 | 5.00 | 0.45 |
| Alcance | 0.20 | 0.20 | 1.00 | 0.09 |
| Total | 2.20 | 2.20 | 11.00 | |

CR=0.00

Tabla 7. Ponderación de los criterios seleccionados.

Fuente: elaboración propia.

| Alcance | | | | | | |
|-------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| 0.09 | | | | | | |
| CRITERIOS | Rigurosidad | Originalidad | Alcance Int. | Alcance Reg. | Alcance Local | PONDER. FINAL |
| ALTERNATIVAS | 0.45 | 0.45 | 0.54 | 0.30 | 0.16 | |
| Revista c/ref Int | 0.21 | 0.21 | 0.14 | 0.09 | 0.03 | 0.199 |
| Rev c/ref La. | 0.21 | 0.21 | 0.10 | 0.09 | 0.03 | 0.198 |
| Revista s/ref. | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.06 | 0.17 | 0.032 |
| Congresos Intern. | 0.03 | 0.12 | 0.05 | 0.04 | 0.02 | 0.073 |
| Congresos La. | 0.03 | 0.12 | 0.05 | 0.05 | 0.03 | 0.073 |
| Libros | 0.11 | 0.06 | 0.12 | 0.13 | 0.12 | 0.086 |
| Cap. libros | 0.10 | 0.06 | 0.12 | 0.13 | 0.12 | 0.085 |
| Manuales | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.08 | 0.032 |
| Prod. Audiovisual | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.05 | 0.011 |
| Cursos | 0.11 | 0.06 | 0.12 | 0.13 | 0.12 | 0.089 |
| Jornadas | 0.07 | 0.06 | 0.12 | 0.13 | 0.12 | 0.067 |
| Disertaciones | 0.05 | 0.05 | 0.12 | 0.13 | 0.12 | 0.055 |
| Total | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |

Tabla 8. Ponderación final de las alternativas según la suma de criterios seleccionados.

Fuente: elaboración propia.

rekson y Waldenström, 2011; Kreiman y Maunsell, 2011), sino que también es muy específica al contexto para el cual se requiere la asignación de peso (intensidad) (Saaty, 1987, 2008).

Por un lado la metodología empleada instó a conformar un grupo de discusión de especialistas que no solo enriqueció temáticas y flexibilizó posturas, sino que también proveyó un soporte válido y consistente a las clasificaciones, definiciones y ponderaciones realizadas para el objetivo perseguido. Por otro lado, permitió ponderar la información original (IO) y elaborada (IE), así como también la

transferencia de conocimiento (TC) en una misma escala de valor.

El grupo de discusión dio mayor importancia a la rigurosidad y originalidad que al alcance (tabla 7) debido a que el grupo consideró que las dos primeras categorías otorgan validez a la generación de conocimiento que posteriormente se transmitirá. Esta decisión puede estar influenciada por la tradición científica y de experimentación de la EEA Oliveros que considera, independientemente del alcance de cualquier publicación, que debe estar suficientemente avalada por datos experimentales.

La tabla 8 muestra la variedad de producciones que están normatizadas por el INTA y que son coincidentes con otras instituciones del sistema científico-tecnológico nacional (Romanos de Tiratel, 2009). El trabajo realizado en equipo le dio mayor ponderación a las revistas con referato internacional y nacional (0.199 y 0.198 respectivamente) que a la producción audiovisual, a los manuales y a las revistas sin referato (0.011; 0.032; 0.032, respectivamente). Estos resultados evidencian la relevancia que le asigna la EEA Oliveros a la validez y rigurosidad de la información para difundir.

Los resultados finales –específicamente para el total de la producción de conocimiento de la EEA Oliveros– se obtuvieron de forma general y parcial para cada alternativa seleccionada. Por ejemplo, en la tabla 9 se observa que la Información Total (IT) es 12.284, mientras que si se considera en particular la “Revista c/ref Int”, el peso relativo es de 1.791. De estos valores se deduce que la producción de conocimiento por especialista (20 profesionales en total) de la EEA Oliveros tiene una intensidad ponderada promedio de 0.614.

La tabla 9 muestra la asignación para cada alternativa o tipo de información producida de la EEA Oliveros. El mayor peso relativo o intensidad recae sobre la producción de IO en la forma de artículos en revistas y congresos (61%), en segundo orden sobre la Transferencia de Conocimientos (TC) mediante cursos, jornadas y disertaciones (28.4%), y por último en la Información Elaborada (IE) en forma de libros, manuales y audiovisuales (10.8%). Específicamente,

de la producción total de conocimiento generado (12.284), la presentada en “Congresos Latinoamericanos” tuvo el mayor peso relativo 18.43%, seguido por “Cursos” 18.11%, “Revistas con Referato, Latinoamericanas” 17.73%, “Revistas con Referato, Internacionales” 14.58% y “Revistas sin Referato” 8.86%. El resto de las alternativas de producción de conocimiento seleccionadas obtuvieron porcentajes menores al 8%.

Comparando la tabla 8 y 9 se observa que entre la lista de alternativas ponderadas, el grupo de expertos posicionó en el sexto lugar a los congresos, tanto latinoamericanos como internacionales. Sin embargo, al aplicar esta ponderación a la producción de conocimiento generado en la EEA Oliveros, la alternativa congresos latinoamericanos aparece en primer lugar (peso relativo 2.263), mientras que los internacionales aparecen en el penúltimo puesto con 1.19. Los cursos en la calificación de los especialistas y la producción de la Experimental Agropecuaria Oliveros ocupan puestos de ponderación relativa semejantes. Si bien los artículos de revistas con referato internacional fueron ponderados por los especialistas con la mayor intensidad ocupando el primer puesto (tabla 8), en la producción de la Experimental aparecen en cuarto lugar (tabla 9). Sin embargo, con los libros no sucede igual porque en la producción de la EEA Oliveros ocupa el décimo puesto (tabla 9), habiéndose priorizado por los especialistas en cuarto lugar (tabla 8). Estos resultados evidencian que la ponderación de conocimiento según las alternativas selec-

| Tipo de información | Información | Cantidad (a) ¹ | Ponderación obtenida por ítem (b) ² | Ponderación final (a*b) | % Individual | % Tipo de información |
|-------------------------------------|-------------------|---------------------------|--|-------------------------|--------------|-----------------------|
| Información original (IO) | Revista c/ref Int | 9 | 0.199 | 1.791 | 14.58 | 60.8 |
| | Rev c/ref La. | 11 | 0.198 | 2.178 | 17.73 | |
| | Revista s/ref. | 34 | 0.032 | 1.088 | 8.86 | |
| | Congresos Int. | 2 | 0.073 | 0.146 | 1.19 | |
| | Congresos La. | 31 | 0.073 | 2.263 | 18.42 | |
| Información elaborada (IE) | Libros | 3 | 0.086 | 0.258 | 2.10 | 10.8 |
| | Cap. libros | 7 | 0.085 | 0.595 | 4.84 | |
| | Manuales | 1 | 0.032 | 0.032 | 0.26 | |
| | Prod. Audiovisual | 40 | 0.011 | 0.44 | 3.58 | |
| Transferencia de conocimientos (tc) | Cursos | 25 | 0.089 | 2.225 | 18.11 | 28.4 |
| | Jornadas | 14 | 0.067 | 0.938 | 7.64 | |
| | Disertaciones | 6 | 0.055 | 0.33 | 2.69 | |
| TOTAL | | | | 12.284 | 100 | 100.0 |

Tabla 9. Ponderación de la información generada en la EEA Oliveros.

Nota: 1: Información brindada por la EEA Oliveros para el año 2014, 2. valor obtenido en tabla 7.

cionadas mostradas en la tabla 8 estuvo influenciada por las percepciones de los profesionales según la uniformidad de pautas establecidas por la institución. Sin embargo al aplicar esta ponderación a la producción de la EEA Oliveros, prima la necesidad de una visualización rápida del conocimiento producido y de difundirlo a través de cursos. La estrategia adoptada de exponer y transmitir el conocimiento producido puede estar influenciada por el escaso personal para realizar las diversas actividades que incide en la escasez de tiempo para enriquecer (en artículos con referato y libros) y flexibilizar (en videos, manuales, etc.) la información generada. Estas razones, al contrario, pueden conducir a priorizar la flexibilidad en detrimento de la rigurosidad y originalidad, lo que sabremos con una evaluación semejante dentro de un tiempo.

Así, la ponderación de la producción de conocimiento realizada en el presente estudio puede ser utilizada como insumo para otros proyectos de investigación, por ejemplo en el caso particular de un proyecto de la EEA Oliveros que evalúa el soporte ambiental requerido por este producto. También pueden ser utilizados para comparar la producción de conocimiento entre períodos en la misma Estación Experimental o entre Estaciones Experimentales Agropecuarias del INTA. La comparación de la producción de conocimiento entre Unidades del INTA es un aspecto para contemplar de forma específica ya que quizás los mismos criterios no se ajusten para todas las unidades por igual o para todas las formas de producción de conocimiento según sean analizadas. Por ejemplo, en el supuesto caso de incluir distintas Estaciones Experimentales Agropecuarias del INTA, la validación de los criterios y alternativas seleccionadas deberían ser consensuados entre equipos seleccionados de las diferentes estaciones participantes e idealmente encuadrarse dentro de un marco de pautas de la institución para que las comparaciones puedan ser lo más precisas posibles.

De todas maneras, es aconsejable revisar y adecuar periódicamente los criterios y alternativas seleccionadas para acompañar los posibles cambios en enfoques y desarrollos que ocurren tanto en investigación como en la forma de presentar/mostrar la generación de conocimiento según los períodos que se van atravesando.

CONCLUSIÓN

De acuerdo a la ponderación realizada en este estudio, la producción y transferencia de conocimiento de la EEA Oliveros está focalizada en congresos latinoamericanos y en cursos. Estas formas o alternativas aparecen en los primeros lugares como productos de la EEA Oliveros. Estos resultados ponen en evidencia que la percepción de los especialistas no coincide totalmente con la producción generada, puesto que se tiende a viabilizar el conocimiento a través de formas de rápido alcance, de acuerdo a una tradición de la comunidad profesional de la EEA Oliveros. También, dentro del primer tercio de productos ponderados, fueron priorizados los artículos de revistas con referato, lo que estaría respondiendo a la necesidad de respaldar la in-

formación transmitida al medio cumpliendo así también con las pautas de evaluación del sistema científico, en general. Pero, no ocurre lo mismo con la producción de libros y manuales lo cual demuestra que aún no se perciben como un medio prioritario para viabilizar el conocimiento producido, quizás por razones no consideradas en este trabajo (tiempo, personal reducido, etc.).

Este trabajo puede contribuir a poner de manifiesto la abundante producción de conocimiento de la EEA Oliveros en sus diversas formas y a la necesidad de darse un ámbito de discusión para evaluar la oportunidad de balancear y enriquecer dicha producción. Aplicar este procedimiento a nivel de todo el INTA, si bien ambicioso por la necesidad de recursos que implica, podría contribuir a visibilizar la abundante producción realizada equilibrando la rigurosidad y originalidad de las producciones que lo caracterizan para la transferencia a sus diferentes poblaciones objetivo.

AGRADECIMIENTOS

En especial agradecemos a la licenciada Gabriela Tallarico de la Coordinación de Investigaciones en Comunicación Estratégica de Rosario. Asimismo a los técnicos especialistas de la EEA Oliveros que brindaron información acerca de sus productos de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- AZNAR BELLVER, J.; GUIJARRO MARTÍNEZ, F.; MORENO JIMÉNEZ, J.M. 2007. Valoración agraria multicriterio en un entorno con escasa información. *Estudios de Economía Aplicada* 25-2:549-572
- AGUARÓN, J.; MORENO JIMÉNEZ, J.M. 2003. The Geometric Consistency Index. Approximated Thresholds. *European Journal of Operational Research* 147 (1):137-145.
- DI FILIPPO, S.; MATHEY, D. 2008. Los Indicadores sociales en la formulación de proyectos de desarrollo con enfoque territorial. Programa de Apoyo al Desarrollo de los Territorios, Documento de Trabajo N.º 2, Ediciones INTA, p. 48.
- FONT GRAUPERA, E. 2000. Gestión de la información en la utilización del proceso analítico jerárquico para la toma de decisiones de nuevos productos. *Anales de documentación: Revista de biblioteconomía y documentación* 3 (S):55-66. ISSN 1575-2437.
- HENREKSON, M., WALDENSTRÖM, D. 2011. How should research performance be measured? A study of Swedish economists. *Manchester School, University of Manchester* 79(6):1139-1156.
- INTA. 2005b. Sistema Integrado de Seguimiento y Evaluación. Indicadores: conceptos y algunas anotaciones. Dirección Nacional Asistente de Planificación, Seguimiento y Evaluación. Documento Taller realizado el 21 y 22 de septiembre de 2005.
- KREIMAN, G., MAUNSELL, J.H.R. 2011. Nice criteria for a measure of scientific output. *Frontiers in Computational Neuroscience* 5 (48):1-6.
- MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, E. 2007. Aplicación del proceso jerárquico de análisis en la selección de la localización de una PYME. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, XL: 527-542. ISSN 1575-2437.
- MORENO JIMÉNEZ, J.M. 2002. El proceso analítico jerárquico (AHP). *Fundamentos, metodología y aplicaciones*. RECT@Revis-

ta Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA, Serie Monografías N.º 1, 21-53.

MORENO JIMÉNEZ, J.M. 2015. El proceso analítico jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones. Dpto. Métodos Estadísticos. Facultad de Económicas. Universidad de Zaragoza, p. 33. Disponible : http://www.uv.es/asepuma/recta/extraordinarios/Vol_01/02t.pdf verificado abril 2016.

ROMANOS DE TIRATEL, S. 2009. Estrategias de difusión del conocimiento en ciencias del hombre: el caso de la facultad de filosofía y letras de la Universidad de Buenos Aires.

Proyecto UVACYT F157. Información, Cultura y Sociedad, 20:91-110.

SAATY, R.W. 1987. The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathl. Modelling* 9(3-5):161-176.

SAATY, T.L. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, 1(1):83-98.

SANTOVEÑA CASAL, S. 2005. Criterios de calidad para la evaluación de los cursos virtuales. Publicación en línea. Granada 2(4):18-36. Disponible: <http://tecnologiaedu.us.es/cuestionario/bibliovir/calidad.pdf> verificado agosto 2015.

Tratamientos hormonales para incrementar la eficiencia reproductiva en los ovinos

Fernandez, J.; Bruno Galarraga, M.; Cueto, M.; Lacau, I.; Soto, A.; De La Sota, R.; Gibbons, A.

Bienestar animal en bovinos de leche: selección de indicadores vinculados a la salud y producción

Martínez, G. M.; Suárez, V. H.; Ghezzi, M. D.

Estudios preliminares de la perla de la vid *Margarodes vitis* (Hemiptera: Margarodidae) en viñedos de La Consulta, Mendoza, Argentina

Gonzalez, M. F.; Casciani, J. C.; Pareja, M.; Peinado, H. H.; Prior, C.

Cuantificación espectrofotométrica de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en distintos berries nativos del Cono Sur de América

Lillo, A.; Carvajal-Caiconte, F.; Nuñez, D.; Balboa, N.; Alvear, M.

Curva de dilución e índice de nutrición nitrogenada para *Digitaria eriantha* cv. Irene bajo diferentes regímenes de agua y nitrógeno

Frigerio, K. L.; Blanco, E. M.; Privitello, J. M. L.; Panza, A. A.; Frasinelli, C. A.

Efecto de la restricción hídrica invernal en olivo (*Olea europaea* L.): el potencial hídrico xilemático y la conductancia estomática

Ibañez, A. A.; Parera, C.; Torres, M.

Eficiencia de fungicidas de síntesis y orgánicos sobre la pudrición de corona del fruto de banano *Musa acuminata* Colla en la provincia de Formosa, Argentina

Scribano, F. R.; Garcete, V.

Ponderación de la información generada en la Estación Experimental Agropecuaria Oliveros del INTA mediante el proceso analítico jerárquico

Milo Vaccaro, M. R.; Rótolo, G.; Castellarín, J.; Bacigaluppo, S.; Salvagiotti, F.

