

CAMBIO CLIMÁTICO

¿Cómo reducir el riesgo de desastres?



CONTROL DE MALEZAS

Monitoreo permanente y planificación

RESISTENCIA Y TOLERANCIA

Malezas: sustentabilidad del agroecosistema

EL DESAFÍO MÁS IMPORTANTE

Agricultura climáticamente inteligente



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

Institución Editora:
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Cuatrimestral

Vol. 41 N.º 3
Diciembre 2015, Buenos Aires, Argentina

Propiedad Intelectual
Propiedad Intelectual N.º 5231354— IMPRESO

SEDE EDITORIAL

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

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

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

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

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

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

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL INTA

Presidente:

Ing. Agr. Francisco Anglesio

Vicepresidente:

Ing. Agr. José Alberto Catalano

Consejeros Nacionales:

Méd. Vet. Daniel Gustavo Garello MAGyP

Ing. Agr. Oscar Arellano - Facultades de Agronomía

Ing. Agr. Horacio Abel Alippe - AACREA

Ing. Agr. Elbio Néstor Laucirica - CONINAGRO

D. Alejandro Lahitte - CRA

Dr. Alejandro Paredes - FAA

Sr. Bruno Quintana - SRA

Director Nacional:

Ing. Agr. Eliseo Monti

Directores Nacionales Asistentes:

DNA Sistemas de Información, Comunicación y Calidad

Lic. Juan Manuel Fernández Arocena

DNA de Relaciones Institucionales

Dra. Ana Cipolla

DNA Planificación, Seguimiento y Evaluación

Dra. Susana Mirassou

DNA Organización y RR.HH.

Ing. Agr. Guillermo Semproní

DNA de Desarrollo Organizacional y de las Personas:

Ing. Agr. Julio Elverdín

DNA Administración CPN

Lic. Rosendo Tarsetti

DNA de Innovación

Ing. Agr. Enrique Bedascarrasbure

Coordinadores Nacionales:

CN de Transferencia y Extensión

Ing. Ftal. Diego Ramilo

CN de Investigación y Desarrollo

Dr. Fernando Fernández

CN de Vinculación Tecnológica

Ing. Adolfo Luis Cerioni

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

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 Iruqueta

Diseño y Edición:

Comunicación Visual, Gerencia de Comunicación
e Imagen Institucional

Fotografía:

Área Audiovisual, Gerencia de Comunicación
e Imagen Institucional

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



Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

Interpretar el cambio climático

¿Cómo impactarán en el futuro los cambios en la temperatura y la variabilidad de las precipitaciones?. Si pensamos en el sector agropecuario, ¿cuál es la mirada o la visión que deberíamos tener del cambio climático?.

Desde el punto de vista de un productor agropecuario, el cambio climático o la variabilidad climática es esta estación de crecimiento, es también la próxima campaña productiva, o inclusive la siguiente. En todas ellas existe una fuerte impronta de lo que sucedió en el pasado con el clima, el cual condiciona en gran medida sus decisiones a corto plazo. De esta manera, el cambio climático para un productor agropecuario es, si dispone de medios, tecnología y conocimientos: ¿qué cultivo/s siembro?, ¿qué superficie siembro de cada cultivo?, ¿qué genotipos priorizo?, si tengo en cuenta las previsiones del clima futuro ¿cuándo siembro?, ¿aplico fertilizantes o compro fungicidas?; si pienso en que este año el agua no va a ser un factor limitante, ¿invierto en un equipo de riego complementario ante una eventual falta de agua durante el período crítico de mis cultivos?

Cuando el cambio climático es visto desde el punto de vista de una empresa del sector agropecuario la perspectiva es diferente. Toda empresa que se precie de tal debería planificar en el corto pero también en el mediano plazo. Entonces, para estas el cambio climático podría estar representado, a modo de ejemplo, por los siguientes interrogantes: ¿cuáles serán los volúmenes comercializables de los diferentes cultivos y cuáles serán sus precios?, ¿cómo trasladar o comercializar

esos productos?, ¿qué calidad de producto se deberá comercializar para su posterior procesamiento?, ¿cómo se comportarán los mercados nacionales e internacionales en este contexto previsto de clima durante el plazo analizado?; en términos de estrategia comercial, ¿se tendrá que planificar el desarrollo de algún mercado potencial o zona productiva futura?

Por último, la visión del Estado ante el cambio climático. Además de planificar y desarrollar políticas acordes a cada uno de los sectores de la cadena de producción en el corto y mediano plazo, deberá tener un rol protagónico desde su visión de largo plazo: ¿cuál será su política de ciencia y tecnología?, en cuanto a la búsqueda de respuestas, soluciones y herramientas de adaptación y mitigación ante el cambio climático; ¿cuál será la planificación territorial?, ante un escenario de clima futuro que exija ordenar nuevas prioridades de producción y áreas productivas.

Para poder responder a las preguntas iniciales, las tres visiones ante el cambio climático deben estar integradas en una sola. El cambio climático es hoy, y hoy mismo tenemos que comenzar a encontrar soluciones para un futuro mejor. Soluciones inteligentes, comprometidas, coordinadas, donde todos los sectores son protagonistas imprescindibles de esta acción, donde todos van hacia un mismo objetivo. Donde el culpable no debería ser de clima. Sin duda se tratará de un trabajo complejo y arduo, donde serán necesarios los consensos y la planificación. Donde la organización comunitaria debe primar sobre la acción individual.

Actualidad en I+D

Editorial

226 Interpretar el cambio climático

Para interpretar el cambio climático es necesario generar interrogantes no solo desde el sector agropecuario, sino contemplar los diferentes puntos de vista: productor, empresa y Estado.

Notas

230 Desastres climáticos: amenazantes e inesperados

El cambio climático impulsa fenómenos meteorológicos cada vez más frecuentes que perjudican, en mayor medida, a los sectores más endebles. Estrategias de resiliencia.



235 Malezas: el desafío para el agro que viene

Representan uno de los principales problemas en los lotes e interfieren en la cosecha de los cultivos. Monitoreo permanente, planificación y rotación, las estrategias para su control.

241 Malezas, la expresión de un sistema

Para la sustentabilidad del sistema, las malezas necesitan un abordaje integral y de largo plazo que incluya técnicas clave para su manejo.

248 “En los próximos 40 años se juega nuestro futuro”

El Director General del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Colombia, Ruben Echeverría, reconoce que el desafío más importante frente al cambio climático es la falta de tiempo.



253 Pastillas

Un breve resumen de las noticias más sobresalientes.

Trabajos

Revisión

254 Esquila preparto ovina de la Patagonia

Mueller, J.P.



Artículos

263 Caracterización socio-productiva de post-ceniza

Muzi, M.E

270 Sistemas de cultivo alternativos

Salembier, C; Elverdin, J; Meynard, J.M.

282 Análisis de efectos de cinco genes

Fassa, V.B.; Carden, T.R.; Marini, S.J.; Lett, A. D.; Lloveras, M.R.; Marrube, G.

289 Variabilidad climática

Moschini, R. C.; Martinez, M.



298 Evolución del grado de desertificación

Maccagno, P.; Navone, S.; Trebino, H.J.

309 Variabilidad espacial del suelo

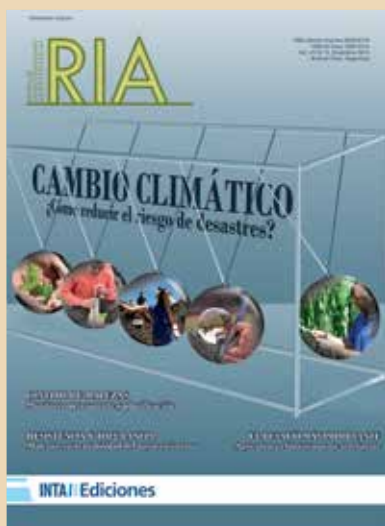
Frolla, F. D.; Zilio, J.P.; Kruger, H.

317 Clones de yerba dulce

Guerrero, D.R; Bar, A.; Kryvenki, M.; Dominguez, M.

325 Costos y desempeño económico

Ferro Moreno, S.; Paturianne, J.



Desastres climáticos

El mundo está intimidado por los efectos negativos del cambio climático y, en este contexto, demanda un nuevo paradigma que equilibre al desarrollo productivo con la naturaleza.

De acuerdo con los especialistas, conocer anticipadamente los índices de amenazas y de vulnerabilidad de las regiones permite minimizar el impacto de los eventos meteorológicos extremos que impactan en los sectores más endebles.

Distintas visiones plantean la necesidad de enfocarse en la gestión del riesgo para superar el abordaje de los desastres una vez ocurridos, lo que implica replanteos y promover estrategias de resiliencia para minimizar las consecuencias de las amenazas naturales.

(Actualidad en I+D p. 230)



Control de Malezas

Compien con los cultivos, generan pérdidas económicas e interfieren durante la cosecha. Las estrategias para su control y el uso de las tecnologías significaron un salto cualitativo para el control, pero con el paso del tiempo y la no modificación de algunas prácticas, dejaron de funcionar y aparecieron especies resistentes.

El manejo y control se convirtió en una de las principales preocupaciones de los productores. Los investigadores coinciden en la necesidad del monitoreo permanente de los lotes y la planificación para actuar a tiempo y evitar que se agrave el problema pero, principalmente, identificar los factores que acentúan la problemática.

(Actualidad en I+D p. 235)

Malezas: resistencia y tolerancia

La aparición de malezas resistentes y tolerantes se debe al empleo rutinario de algunos herbicidas durante los últimos 50 años, sumado a las escasas rotaciones.

En este sentido, la aplicación de los principios del Manejo Integrado de Malezas (MIM) permiten producir y, al mismo tiempo, asegurar la sustentabilidad del agroecosistema.

A futuro, científicos del INTA y de otras entidades señalan el potencial del mejoramiento genético y de la biotecnología para lograr algunos avances en el control de malezas. No obstante, reconocen que estas investigaciones están en proceso y resaltan la intervención del sector público.

(Actualidad en I+D p. 241)

El desafío mas importante

El Director General del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Colombia, Ruben Echeverría, reconoce que el desafío más importante frente al cambio climático es la falta de tiempo.

En la entrevista destaca que una mejor coordinación entre países posibilitará llevar adelante una agricultura climáticamente inteligente.

La agricultura y el cambio en el uso de la tierra son responsables de casi un tercio de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) pero, con los conocimientos disponibles, se puede incrementar la productividad y reducir los gases de manera sostenible.

(Actualidad en I+D p. 248)

Esquila parto ovina de la Patagonia

La esquila de lanares poco antes de la parición tiene ventajas y desventajas que dependen del ambiente y del sistema de producción. Investigaciones realizadas por el INTA en Patagonia demostraron que la esquila parto de ovejas tiene beneficios importantes en términos de sobrevivencia de sus corderos y calidad de lana y no ofrece mayor riesgo de mortandad de las ovejas esquiladas si se toman determinadas precauciones. Las experiencias indican que es posible incrementar las tasas de señalada en 10 puntos porcentuales, mejorar el rendimiento al peine de la lana en 7 puntos porcentuales y aumentar la resistencia a la tracción de la lana.

(Actualidad en I+D p. 254)



Caracterización socio-productiva de post-ceniza

El área de influencia del Municipio de Comallo se ubica en el departamento Pilcaniyeu, en Río Negro. La principal actividad productiva es la ganadería extensiva ovina y caprina. La zona atravesó un proceso de sequía al cual se suma la afectación por ceniza volcánica por la erupción del volcán Puyehue en junio de 2011. Considerando la importancia de dimensionar y visualizar la situación del sector, el objetivo de este trabajo consiste en realizar una caracterización socio-productiva postceniza de los productores del área de influencia del Municipio de Comallo, y parte de un análisis estadístico descriptivo del padrón de productores de esa localidad.

(Actualidad en I+D p. 263)

Sistemas de cultivo alternativos

El proceso de expansión de la soja (denominado sojización) en la pampa argentina ha tenido como consecuencia la especialización de numerosas explotaciones agrícolas en el cultivo de soja. Sin embargo, muchos actores del sector agrícola cuestionan la sustentabilidad de los sistemas especializados en ese cultivo. Aun así, cabe preguntarse si las afirmaciones que se hacen sobre la sojización consideran la diversidad de los sistemas de cultivo practicados en las explotaciones agrícolas pampeanas. Este artículo presenta los resultados de un trabajo que se realizó con el fin de identificar y analizar sistemas de cultivo alternativos desarrollados por productores en el partido de Balcarce.

(Actualidad en I+D p. 270)

Evolución del grado de desertificación

Este trabajo revisa las características del proceso de desertificación en los Valles Áridos con especial énfasis en la cuenca del río Santa María. Hace referencia al avance de la desertificación ocurrida entre 1997 y 2012 a través de un índice que fue construido a partir de la combinación de indicadores biofísicos. Habida cuenta de que es necesario relacionar la desertificación con indicadores socioeconómicos, se realizaron encuestas en el área bajo estudio para indagar sobre aspectos socioeconómicos, lo que permitió construir indicadores. Los resultados obtenidos indican que la desertificación ha aumentado en todos los casos, excepto en el sitio donde se aplican prácticas sustentables.

(Actualidad en I+D p. 298)

Clones de yerba dulce – guerrero

El cultivo de la yerba dulce se está consolidando como una alternativa productiva para la provincia de Misiones. Este trabajo tiene como objetivo comparar variables morfológicas y tiempo térmico de las diferentes etapas y fases fenológicas en 10 clones de yerba dulce (tratamientos). Las observaciones se registraron desde septiembre de 2010 a abril de 2011. El cálculo del tiempo térmico se realizó con el método residual tomándose como temperatura base 10 °C. Las variables morfológicas mostraron diferencias significativas entre algunos de los tratamientos para el número de hojas expandidas, número de tallos secundarios, número de entrenudos y altura de planta en cm.

(Actualidad en I+D p. 317)

Análisis de efectos de cinco genes

La mayoría de los planes de selección en el mejoramiento porcino están basados en la disminución del espesor de grasa dorsal (EGD) como medio para mejorar la eficiencia de conversión (EC) y el contenido de magro en la canal. En el presente trabajo se investiga la asociación entre polimorfismos de un solo nucleótido (SNPs) de los siguientes genes: *IGF2* 3072G>A; *CTSD* 70G>A; *TBC1D1* 219G>A; *MC4R* 1426A>G; *FABP3* 1811G>C en la velocidad de crecimiento (VC), espesor de grasa dorsal (EGD) y conversión alimenticia (CA) en una subpoblación de cerdos Landrace pertenecientes a la EEA INTA Pergamino. Todos los cerdos fueron negativos para el gen *RYR1*.

(Actualidad en I+D p. 282)

Variabilidad espacial del suelo

La presencia de tosca es una de las principales limitantes de la producción agropecuaria del sudoeste bonaerense. La elaboración de mapas de profundidad de suelo resulta un paso previo a su manejo por ambientes. Se realizaron 199 observaciones, con sonda mecánica y en forma de malla semirígida, en un lote de 60 ha cercano a la localidad de San Germán (partido de Puán, provincia de Bs. As.). Los objetivos fueron: comparar la habilidad predictiva de dos métodos usuales de interpolación (Kriging ordinario y Ponderación de Distancia Inversa o IDW) y determinar la densidad mínima de observaciones requerida para delimitar unidades de manejo de suelos y cultivos.

(Actualidad en I+D p. 309)

Costos y desempeño económico

El silobolsa en Argentina es una herramienta consolidada de traslado en el tiempo de la producción granaria, utilizada por productores agropecuarios, industrias y otros actores de los complejos agroalimentarios. Más allá de su desempeño positivo en aspectos como el poder de negociación, la estacionalidad de la producción, la infraestructura de almacenaje, el transporte y la exportación, entre otros, es necesario analizar el desempeño económico-financiero en los niveles micro (organizaciones). El trabajo analiza las diferencias entre los sobrepresos obtenidos en los meses de mayor estacionalidad y los costos erogables y no erogables asociados a la estrategia de traslado en el tiempo de la producción.

(Actualidad en I+D p. 325)

Variabilidad climática

En Argentina, la fusariosis de la espiga de trigo (FET) es predominantemente causada por el hongo *Fusarium graminearum*. La naturaleza esporádica de la FET asociada a factores meteorológicos estimuló el desarrollo de modelos predictivos con base ambiental. Los eventos infectivos fueron identificados por el mojado de la espiga resultante de la ocurrencia sincrónica de precipitación y alta humedad relativa del aire alrededor de la antesis del trigo (período crítico susceptible para la infección). Valores de incidencia de la FET, predichos retrospectivamente (1932-2013) por el modelo en Paraná, Pergamino y Mar del Plata, permitieron analizar el efecto del fenómeno El Niño Oscilación del Sur.

(Actualidad en I+D p. 289)





PROMOVER ESTRATEGIAS

Desastres climáticos: anticiparse para reducir el riesgo

Conocer los índices de amenazas y de vulnerabilidad de las regiones minimiza el impacto de los fenómenos meteorológicos, cada vez más frecuentes, que perjudican en mayor medida a los sectores más endebles. Estrategias de resiliencia.

Por Laura Pérez Casar

El mundo está intimidado por los efectos negativos del cambio climático y, en este contexto, demanda un nuevo paradigma que equilibre al desarrollo productivo con la naturaleza. Es que los **desastres climáticos tienden a ser cada vez más frecuentes** debido, entre otras cosas, a un incremento acelerado de población ubicada en lugares altamente expuestos a las amenazas naturales y a la falta de consideración del riesgo de desastres en los procesos de planificación del desarrollo y de acciones correctivas. Así es que surge un dilema para las

autoridades: ¿atender las consecuencias del desastre o gestionar el riesgo?

Para Ricardo Mena –jefe de la Oficina Regional Las Américas de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR)– la respuesta es simple: “Resulta imprescindible dar un paso más allá del abordaje coyuntural que demanda un desastre una vez ocurrido, para **enfocarse en la gestión del riesgo**. Esto implica replantearnos el desarrollo y **promover la resiliencia** para minimizar las consecuencias de las amenazas naturales”.

El dato global es contundente: se pierden U\$S 314 mil millones al año como resultado de los desastres por amenazas naturales ocasionados, tanto por eventos intensivos –de baja recurrencia y de grandes impactos individuales– como extensivos –manifestaciones constantes de riesgo–. De estos últimos, el 90 por ciento son desencadenados por pequeños y medianos eventos vinculados con fenómenos hidrometeorológicos.

En este sentido, Mena aseguró que el mundo se enfrenta a una tendencia creciente de las **pérdidas económicas**.



cas asociadas a los desastres, tanto en el sector público como en el privado. “Nos urge anticiparnos a los hechos y, para esto, es fundamental conocer los índices de amenazas y de vulnerabilidad de las regiones”, destacó.

De acuerdo con las estimaciones científicas, este cambio climático es 10 veces más rápido que cualquier otro experimentado en 65 millones de años.

De allí la importancia de contar con una gestión del riesgo de desastres que considere los índices de amenazas y de vulnerabilidad incorporada en los **procesos de desarrollo** y en las **políticas de inversión social** que combaten la pobreza y mejoran la calidad de vida de todos los habitantes. “Así, romperemos ese desequilibrio que ubica a las personas que menos tienen como las más afectadas por situaciones de desastre”, indicó el jefe de la Oficina Regional de la UNISDR.

En esta línea, Gabriel Delgado –secretario de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación– aseguró que “la producción agropecuaria está subordinada al clima” y destacó que resulta “esencial” **repensar y diseñar**, de manera inteligente e inclusiva, **planes de adaptación al cambio climático** para, así, reducir su vulnerabilidad.

Siempre pierden los que menos tienen

No hay sectores de la sociedad que no se vean afectados directa o indirectamente por los desastres climáticos.

Aunque, si se analizan las cifras de pérdidas en comparación con el número de población, los países en vías de desarrollo son los que más pierden *per cápita*.

“Las pérdidas por desastres están íntimamente vinculadas con factores como la **pobreza y otras condiciones especiales de vulnerabilidad** que enfrentan grupos de población como las personas con discapacidad, los niños, jóvenes y adolescentes, las mujeres y los adultos mayores”, detalló Mena.

A esto se le suma que, en ocasiones, estos grupos sociales habitan lugares con poca demanda por parte del resto de la población y, en consecuencia, menos apreciados en el mercado de bienes raíces. Esto se debe a que están ubicados en zonas inundables, en pendientes inestables o cerca de un fenómeno natural que pueda impactarlos de forma directa.

En contraposición, Verónica Piñero –coordinadora nacional del programa Prohuerta del INTA– sostuvo que “el cambio climático **nos afecta a todos por igual** y no distingue clases sociales”.

En este sentido, argumentó que, ante un desastre climático, “los sectores de mayor poder adquisitivo poseen una condición que les permite afrontarlo de una manera más rápida que aquellos sectores más vulnerables que necesitan del apoyo del Estado pero, en definitiva, todos sufren”.

SE PIERDEN U\$S 314 MIL MILLONES AL AÑO COMO RESULTADO DE LOS DESASTRES POR AMENAZAS NATURALES.



CINCO ASPECTOS DE UNA CIUDAD RESILIENTE A LOS DESASTRES

CAMPAÑA ¡MI CIUDAD SE ESTÁ PREPARANDO! - UNISDR

1. La población reside en viviendas y barrios que cuentan con servicios e infraestructura adecuados, que cumplen con códigos de construcción razonables, y en la que no existen asentamientos informales ubicados en llanuras aluviales o pendientes escarpadas debido a la falta de otro terreno disponible.
2. Tiene un gobierno responsable que vela por una urbanización sostenible y destina los recursos necesarios para desarrollar capacidades a fin de asegurar la gestión y la organización de la ciudad antes, durante y después de una amenaza natural.
3. Las autoridades y la población comprenden sus amenazas, y crean una base de información compartida sobre pérdidas, amenazas, riesgos y personas expuestas y vulnerables.
4. Se tomaron medidas para anticiparse a los desastres y mitigar su impacto, mediante el uso de tecnologías de monitoreo y alerta temprana para minimizar las pérdidas físicas y sociales.
5. Es capaz de implementar estrategias inmediatas de recuperación y restaurar rápidamente los servicios básicos necesarios para reanudar la actividad social, institucional y económica tras un desastre.

EN LAS PRÓXIMAS DÉCADAS, LA ARGENTINA ENFRENTARÁ –PRINCIPALMENTE– AMENAZAS NATURALES RELACIONADAS CON EXCESOS HÍDRICOS.

Y agregó: “Desde el Prohuerta realizamos un arduo trabajo de concientización –en especial de las futuras generaciones– sobre el cuidado ambiental para tener una agricultura sustentable, mediante el respeto de los suelos y el ambiente para no incrementar los daños ya causados al planeta”.

“Hoy, –agregó– luego de 25 años, tenemos la experiencia en el territorio para organizarnos rápidamente para dar respuesta a las demandas de los productores familiares afectados por cualquier evento extremo”.

La seguridad alimentaria, en riesgo

Entre los mayores desafíos que enfrentará la agricultura en las próximas décadas, se destaca la **seguridad alimentaria**. Es que, para 2050, se deberá aumentar la producción de alimentos y garantizar su acceso a los más de **9 mil millones habitantes** que, se estima, habrá en el mundo.

Lo cierto es que el cambio climático obstruye este objetivo al perjudicar –directa o indirectamente– las producciones y al deteriorar la calidad de vida de todos los habitantes.

Así, el **calentamiento global** es una de sus consecuencias que se suma a **la variabilidad climática** y ésta, a su vez, se combina con la vulnerabilidad social. En consecuencia, se pierden vidas, se limita el desarrollo y se generan pérdidas.

Pero el impacto del cambio climático es aún más profundo y modifica los ciclos biológicos, surgen nuevas plagas y enfermedades, se deterioran los suelos, hay un avance de los procesos de desertificación y se producen eventos climáticos extremos.

“La **agricultura familiar** es una actividad fuertemente **impactada** por el cambio climático”, aseguró Edith S. de Obschatko –especialista en Políticas del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)–.

De acuerdo con la experta, los eventos extremos influyen en caídas de producción y de rendimientos, como así también en el deterioro de los suelos, que lleva tiempo revertir. Además, esto genera caída de los ingresos y desempleo.

En materia de adaptación de la agricultura al cambio climático y el manejo

integral de recursos naturales, el IICA coopera con todos los países del continente americano en temas relacionados con la gestión integral de **sistemas de producción resiliente**, riesgo ambiental y sanitario, uso eficiente de agua y manejo sostenible de suelo.

Argentina: en las próximas décadas, afectada por inundaciones

A diferencia de otros países de la región, la Argentina tiene **bajas probabilidades** de sufrir **eventos intensivos** y, en cambio, se verá afectada por pequeños y medianos eventos extensivos causados por fenómenos hidrometeorológicos que representarán pérdidas tanto en las zonas urbanas como en las rurales.

Así lo aseguró Mena en el marco del Foro Internacional sobre Cambio Climático organizado por el Ministerio de Agricultura de la Nación y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Y agregó: “En las próximas décadas, la Argentina enfrentará –principalmente– desastres por amenazas naturales relacionadas con tormentas de marea, sudestadas e inundaciones”.

Este mayor nivel de exposición se debe al crecimiento y a los procesos de expansión y urbanización, sumados a las características propias del país.

Según la Tercera Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático –presentada por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación en julio de 2015– entre los riesgos climáticos que se enfrentarán, según los modelos aplicados, se destacan las temperaturas y precipitaciones extremas, más intensas y frecuentes, y la prolongación del período seco invernal.

En este marco de cambio climático mundial, los Estados miembro de la ONU adoptaron el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 que establece las metas globales para la resiliencia en los próximos 15 años.

Este documento busca disminuir tanto las pérdidas humanas y económicas como los daños ocasionados en sectores estratégicos. A su vez, intenta aumentar la cooperación internacional para un acceso de las poblaciones a **sistemas de alertas tempranas**.

A su vez, y fin de contribuir con la resiliencia, la UNISDR promueve la cam-

**LAS PÉRDIDAS
POR DESASTRES ESTÁN
ÍNTIMAMENTE
VINCULADAS CON
FACTORES COMO POBREZA
Y CONDICIONES
DE VULNERABILIDAD.**





LA AGRICULTURA FAMILIAR ES UNA ACTIVIDAD FUERTEMENTE IMPACTADA POR EL CAMBIO CLIMÁTICO.

pañía mundial *Desarrollando Ciudades Resilientes: ¡Mi ciudad se está preparando!* con el objetivo de aumentar el compromiso político con la reducción de desastres y la adaptación al cambio climático. Además, impulsa la sustentabilidad y la corrección de los errores causados por el desarrollo productivo, el crecimiento urbano y la falta de planificación en los principales centros urbanos del mundo (*Ver recuadro*).

Para que no nos tape el agua

A fin de colaborar en situaciones de exceso hídrico, el INTA desarrolló una serie de tecnologías aptas para el contexto climático señalado por la UNISDR que van desde la **siembra directa**, las **buenas prácticas agrícolas** hasta las tecnologías de riego, entre otras.

Estos desarrollos fueron destacados por el director general del CIAT –Ruben Echeverría– por tratarse de conocimientos que permitirán enfrentar los nuevos desafíos marcados por el cambio climático.

“El cambio climático invita a **profundizar la colaboración internacional** entre los diversos organismos compe-

tentes, a fin de aumentar los esfuerzos para tener una agricultura más sustentable”, aseguró.

Desde hace 25 años, el Prohuerta es considerado el primer programa nacional de agroecología destacado por su experiencia en el cuidado del ambiente y de la agricultura sustentable.

“Desde el programa trabajamos por la **prevención** y la **toma de conciencia**. Así, fomentamos el reciclado, la reutilización de los materiales, el no uso de agroquímicos, la no contaminación y la potabilización de las aguas”, detalló su coordinadora nacional.

Más información:

Ricardo Mena, jefe de la Oficina Regional Las Américas de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR).

Edith S. de Obschatko, especialista en Políticas del Instituto Iberoamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Verónica Piñero, coordinadora nacional del programa Prohuerta del INTA.

Ruben Echeverría, director general del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Gabriel Delgado, secretario Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

COMPETITIVIDAD

Malezas: el desafío para el agro que viene

Distribuidas por casi todo el país, representan uno de los principales problemas en los lotes e interfieren en la cosecha de los cultivos, lo que implica pérdidas de hasta 1.300 M de dólares por año. Monitoreo permanente, planificación y rotación, las principales estrategias para su control.

Por Cecilie Esperbent

Según los especialistas una **maleza** es aquella planta que crece de forma silvestre en una zona cultivada. En los últimos años, los sistemas agrícolas extensivos de la Argentina y del mundo se vieron afectados por la aparición de especies resistentes al control químico, lo que preocupa cada vez más a los productores agropecuarios debido no solo al costo económico de su control, sino también, por la frecuencia de su aparición.

Al competir por el agua y los nutrientes del suelo, **generan pérdidas económicas** e interfieren durante la cosecha. De hecho, un trabajo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires y la empresa Adama Argentina, en el país se invierten alrededor de 1.300 millones de dólares por año para combatir este problema.

Un estudio de campo liderado por el docente de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Mar del

Plata e investigador de la Unidad Integrada del INTA Balcarce –Buenos Aires–, Francisco Bedmar, demuestra que **existe una competencia real con los cultivos**.

Trabajos realizados en el sudeste bonaerense, con cultivos bajo siembra convencional y sin control de malezas, mostraron reducciones promedio en los rindes de 76 % en soja, 65 % en maíz y hasta 38 % en girasol si no se las controla. “La magnitud de





EN UN LOTE, SIN CONTROL DE MALEZAS, LAS MERMAS EN LOS RINDES LLEGAN EN SOJA AL 76 %, EN MAÍZ AL 65 % Y EN GIRASOL AL 38 %.

las pérdidas varía mucho según el cultivo, el sistema de labranza, las condiciones edáficas –de suelos–, climáticas y las especies de malezas”, explica Bedmar.

Por esto, su manejo y control se convirtió en una de las principales preocupaciones de los productores debido a que afecta a la **competitividad del cultivo**. De acuerdo con Fernando García Frugoni, coordinador del Proyecto Nacional de Malezas de la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA), “en la historia de la producción de alimentos del mundo, las malezas siempre estuvieron presentes y afectaron a los cultivos”.

El principal problema es que “compiten por agua, radiación solar y nutrientes y **cuando el cultivo detecta la competencia reduce su tasa de crecimiento** y, por lo tanto, afecta a la rentabilidad y genera pérdidas económicas”, advierte Frugoni y reconoce: “Sin dudas, las tecnologías significaron un salto cualitativo para el control, pero con el paso del tiempo y la no modificación de algunas prácticas, dejaron de funcionar y aparecieron las resistencias”.

En cuanto al **costo económico extra**, según estimaciones de AACREA se invierten **entre 700 y 1.100 millo-**

nes de dólares al año para el control. “Esto es un gasto extra a la inversión que hace el productor para llevar adelante un cultivo”, expresa Frugoni y asegura que lo importante es entender **“cuánto se deja de ganar en un lote, porque esta es la ecuación que determina la rentabilidad”**.

Para evitar el surgimiento de nuevas resistencias, Bedmar considera fundamental el **monitoreo permanente de los lotes** y la planificación, para actuar a tiempo y evitar que se agrave el problema. “En muchos lotes, las fallas en el control con herbicidas se deben a las aplicaciones tardías sobre malezas muy desarrolladas”, señala.

Además de conocer la historia de aplicaciones en el lote, es imprescindible “realizar un diagnóstico correcto de las especies de malezas y su estado de desarrollo antes de la aplicación de productos de posemergencia”, explica Bedmar quien agrega: “De esta manera, se podrá mantener a las poblaciones de malezas en niveles por debajo de umbrales de daño económico”.

Desde 2010 hasta la fecha, la Red de conocimiento en Malezas resistentes (REM), coordinada por Aapresid, confirmó la resistencia y el alerta rojo de 16 especies de malezas. “Esto significa que, en los últimos años, la presión de selección que se ejerce sobre

EL CONTROL DEBE COMENZAR ANTES DE LA SIEMBRA DEL CULTIVO.



el lote aceleró los tiempos, lo que obliga a los productores a estar informados para **tomar decisiones**", expresa Martín Marzetti, gerente de la REM.

Entre las principales malezas resistentes al glifosato detectadas en la Argentina, se encuentran sorgo de alepo (*Sorghum halepense*), raigrás anual (*Lolium multiflorum*), raigrás perenne (*Lolium perenne*), yuyo colorado (*Amaranthus quitensis* y *Amaranthus palmeri*), capín (*Echinochloa colona*), pata de ganso (*Eleusine indica*), nabón (*Raphanus sativus* L.), rama negra (*Conyza bonariensis*) y gramilla mansa (*Cynodon hirsutus*), entre otras.

Para Marzetti, "es necesario un cambio de mentalidad, dejar atrás viejas recetas porque la repetición de las mismas prácticas a lo largo del tiempo

inevitablemente generan **presión de selección** sobre las malezas".

Es que, según los especialistas, **el manejo no se limita a la aplicación de herbicidas**. Al contrario, su **uso indiscriminado** derivó en la aparición de resistencia a distintos ingredientes activos. "Con el manejo sistemático de las malezas se busca reducir la emergencia y la capacidad competitiva que tienen con los cultivos y limitar el uso de herbicidas sólo a aquellas situaciones en que sea necesario", indica Marzetti.

Un síntoma del manejo

En los últimos años, el **control químico** se transformó en el método de intervención más utilizado y eficiente

en la lucha contra las malezas, para lo cual es imprescindible contar con **información previa y planificar** para que el problema no se agrave.

En este sentido, los **herbicidas** demostraron ser **buenos complementos** para el manejo de malezas. Aunque los especialistas advierten que el control debe comenzar antes de la siembra del cultivo, para eliminar las emergidas y 'guachas' de cultivos anteriores.

Para el especialista en control de malezas del INTA Manfredi –Córdoba–, Diego Ustarroz, la clave está en **recorrer los lotes, identificar las especies** y hacer un **manejo de sitio específico**. "Conocer la historia del lote permitirá **ajustar el manejo** de acuerdo con la comunidad de malezas presentes, poniendo énfasis en las de difícil control".

Antes de aplicar productos de posemergencia, una de las primeras recomendaciones es realizar un diagnóstico para **identificar correctamente las especies presentes** y determinar su estado de desarrollo. En el caso de aplicar herbicidas preemergentes, será indispensable llevar un registro de cuáles especies de malezas podrían emerger, basado en el **conocimiento de la historia del lote**.

Respecto de los factores que acentúan la problemática, el especialista



PIEDRA LIBRE A LAS QUE RESISTEN

Conocer dónde se desarrollan algunas de las malezas tolerantes y resistentes más importantes del país es fundamental para estar alertas y saber cómo actuar. Con esta premisa, la REM presentó en el 2013 el primer mapa de malezas de la Argentina.

Se trata de una herramienta que les permite al productor y al técnico ubicar geográficamente dónde se encuentra una maleza y, de ese modo, se puede eliminar a los primeros individuos que se detectan en un lote. “Frecuentemente, al ser desconocida en una zona, al principio una especie pasa desapercibida y, cuando se le presta la debida atención, ocupa una superficie que es difícil de manejar”, explica Marzetti.

Dividido por tolerantes y resistentes, en el mapa aparecen los grupos de especies identificados en cada localidad de la Argentina. Según el gerente de la REM, para la construcción del mapa se realizaron consultas a técnicos de 178 partidos y departamentos con mayor porcentaje de agricultura extensiva del país como Salta, Tucumán, Chaco, Santiago del Estero, Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos, Buenos Aires, La Pampa y San Luis.

Según Marzetti, “el mapa se pensó para la prevención debido a que no todos los campos están afectados. La idea es que un productor lo vea y tenga información para la toma de decisiones por lo que no marcamos por hectáreas sino por departamentos censados”.

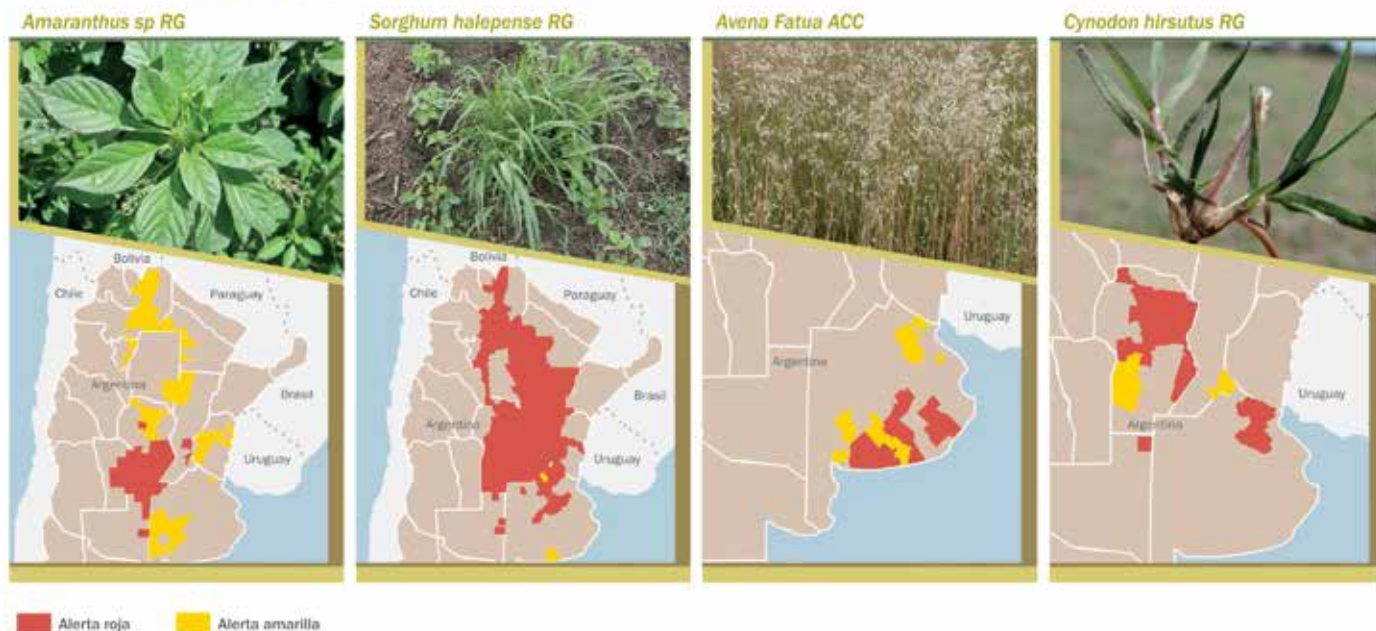
del INTA Manfredi remarca la **escasez de rotación** dado el predominio del cultivo de soja, el uso de glifosato en muchos casos como única herramienta de control, la gran superficie agrícola bajo **arrendamiento de corta duración** y la ausencia de monitoreos en los lotes.

“En muchos casos, las fallas en el control con herbicidas se deben a las aplicaciones tardías sobre malezas muy desarrolladas”, explicó Ustarroz quien aseguró: “Esto es común en alquileres tardíos o en lotes cosechados en invierno”.

Aunque las estrategias para el control, no se terminan acá. La rotación aparece como otra herramienta de manejo necesaria en esta lucha debido a que “reduce la presión de selección, esto se debe a que el período de crecimiento de un cultivo –fecha de siembra y ciclo–, la acción de los herbicidas selectivos disponibles y la cantidad de residuos remanentes que quedan en el suelo tras la cosecha cambian entre los cultivos”, expresa Ustarroz.

Hoy, queda claro que si no se piensa en un manejo integrado de malezas, no hay solución para las especies resistentes. Porque, según el técnico del INTA Manfredi, “no se puede erradicar una maleza del lote, aunque se puede disminuir su población y, para eso, es

Radigrafía de las malezas resistentes



necesario **minimizar la producción de semillas** mediante diferentes prácticas de manejo”.

Para Ustarroz, “aunque parezca una práctica antigua y superada, la eliminación en forma manual –cuando se encuentran en bajas densidades– es fundamental para evitar la producción de semillas de aquellas plantas que podrían ser resistentes a los herbicidas utilizados”.

Aunque, Ustarroz aclara que “en especies perennes, con órganos de reproducción subterráneos, es más difícil realizar este manejo”. Sin embargo, “se pueden utilizar herbicidas con un modo de acción diferente para evitar que las plantas semillen”.

“A medida que las plantas crecen, las alternativas de control se reducen, los costos de los tratamientos se incrementan e, incluso, se puede favorecer la resistencia”, indicó el técnico de Córdoba. Por esto, es esencial comprender la biología de las malezas y conocer lo que impide su germinación.

Asimismo, Ustarroz afirma que “es importante **combinar herbicidas** posemergentes con aquellos que tengan acción residual en el suelo, de amplio espectro, y que sean eficaces en el control de malezas problemáticas”.

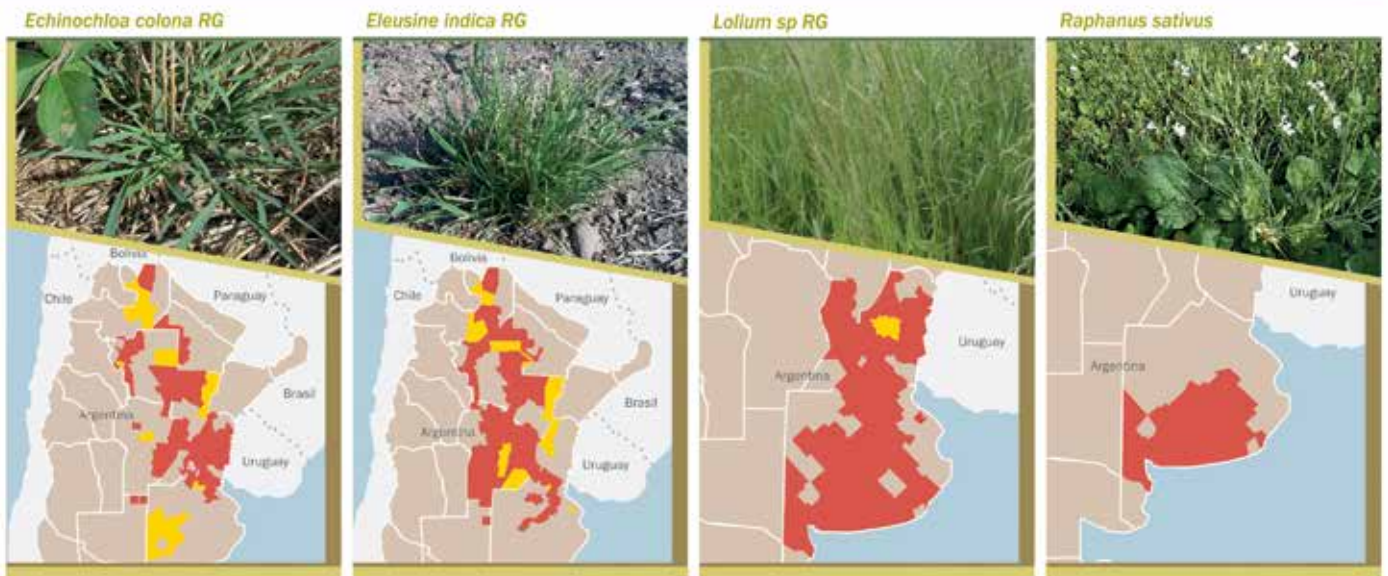
Para una aplicación eficiente

La agricultura de precisión llegó para quedarse. Es que, gracias a estas herramientas, surgen desarrollos para la toma de decisiones que hoy resultan imprescindibles. Sin ir más lejos, con **sensores** equipados en las máquinas es posible **detectar** dónde se encuentran los manchones de **malezas** y, así, **planificar la aplicación** de herbicidas en tiempo real a medida que aparecen las malezas. De esta manera, se reduce y direcciona el uso de los productos.

“La **aplicación selectiva** responde a la necesidad de utilizar productos distintos sobre las malezas que sobreviven a los tratamientos tradicionales y puede economizar el agroquímico”, señala el coordinador del Laboratorio de electrónica del Instituto de Ingeniería Rural del INTA, Andrés Moltoni.

Mediante la emisión de luz roja, que es absorbida por las plantas vivas y una infrarroja, que es reflejada por éstas, **la máquina escanea el suelo y detecta dónde debe colocar el producto**. Según estimaciones del Laboratorio de electrónica del INTA, gracias a la aplicación específicamente dirigida de agroquímicos en el barbecho, se puede **reducir hasta un 70 % el uso de productos químicos**, dependiendo del grado de enmalezamiento del lote.

“CUANDO EL CULTIVO DETECTA LA COMPETENCIA REDUCE SU TASA DE CRECIMIENTO Y, POR LO TANTO, AFECTA A LA RENTABILIDAD Y GENERA PÉRDIDAS ECONÓMICAS”, ADVIERTE FRUGONI.



Fuente: elaboración propia a partir de la información publicada en <http://www.aapresid.org.ar/rem/mapa-de-malezas/>

**SEGÚN AACREA,
EN LA ARGENTINA SE
INVIERTEN ALREDEDOR
DE 1.100 MILLONES DE
DÓLARES POR AÑO PARA
COMBATIR A LAS MALEZAS.**



El dispositivo está basado en el método de detección NIR/RR, el cual determina la cantidad de luz reflejada por la planta en las longitudes de onda del rojo e infrarrojo cercano. Según Moltoni, “calcula un índice llamado NDVI o índice verde, que indica si está en presencia de malezas verdes. Si el sensor las detecta, se habilita la pulverización y se aplica el producto químico en esa zona determinada”.

Asimismo, Moltoni aclara que el uso de este **dispositivo** está pensado para el momento de **aplicación de herbicidas en el barbecho**, es decir, para la pulverización previa a la siembra. “El detector no distingue entre una maleza y un cultivo, sólo identifica plantas verdes”.

Pero, “además de generar un gran beneficio económico debido al alto costo que conlleva la aplicación de herbicidas, se **disminuye notablemente el impacto ambiental y el uso de agua**”, resalta Moltoni.

Más Información:

Francisco Bedmar
bedmar.francisco@inta.gov.ar
Fernando García Frugoni
fgfrugoni@gmail.com
Martín Marzetti
marzetti@aaapresid.org.ar
Diego Ustarroz
ustarroz.diego@inta.gov.ar
Andrés Moltoni
moltoni.andres@inta.gov.ar
Andrés Méndez
mendez.andres@inta.gov.ar

VISIÓN ARTIFICIAL DEDICADA AL AGRO

El ingenio de técnicos, productores y empresarios para el desarrollo de tecnología que pueda ayudar al control de las malezas avanza a paso firme. Basado en **visión artificial**, un software de video o fotografía inteligente permite detectar, identificar y eliminar las malezas en cualquier momento de su desarrollo incluido cuando aparecen con el cultivo en pie. “En general, las técnicas que se utilizan actualmente para controlarlas mediante el uso de sensores son costosas”, dijo el coordinador del área de agricultura de precisión del INTA, Andrés Méndez.

De hecho, una empresa argentina presentó un **software de video inteligente** y con **visión artificial** que las reconoce de forma automática, prescribe la dosis correcta del herbicida a utilizar y lo suministra en ese preciso instante.

El software tiene la capacidad de procesar y obtener los datos necesarios que permiten distinguir entre un cultivo y una maleza, según la morfología de las plantas en sus diferentes estadios. “El detector está equipado con cámaras de alta definición que se colocan sobre el botalón de la pulverizadora; de esta manera, se obtienen imágenes digitales, que son procesadas en tiempo real y permiten la **identificación de distintas especies vegetales**”, explica Méndez.

Como el detector identifica exactamente el tipo de especie vegetal que se encuentra en el campo, “el productor o contratista puede calcular cuánto herbicida se debe aplicar según el tamaño de la planta”, señala Méndez quien reflexiona: “Si a esta tecnología se le suman imágenes satelitales, se podrían delimitar zonas de control diferenciadas con productos activos diferentes que se aplicarían con drones tipo helicópteros o robots”.

MANEJO SUSTENTABLE

Malezas, la expresión de un sistema

El manejo de las malezas necesita un abordaje integral y de largo plazo que contribuya a la sustentabilidad de los agroecosistemas. El monitoreo, la rotación y el uso racional de los herbicidas son algunas de las prácticas clave para integrar.

Por D. Novelli y M. C. Cámpora





**“LA PRESENCIA
DE UNA MALEZA EN EL
LOTE ES UNA RESPUESTA
A LO QUE HACEMOS”.
(MARIO VIGNA)**

En los últimos 50 años, el **uso de herbicidas** fue el enfoque más utilizado para controlar las malezas en la Argentina. Su eficacia, renovada por el constante lanzamiento de nuevos insumos, instaló en el imaginario agropecuario que era posible y necesario erradicar estas especies, perjudiciales para el desarrollo de los cultivos en altos niveles de población.

Según los especialistas, la aparición de **malezas resistentes y tolerantes** es una de las consecuencias que provoca el empleo rutinario de unos pocos herbicidas. Los investigadores remarcan que este tipo de esquemas consolida un modelo productivo de corto plazo, con escasas rotaciones y una alta dependencia a insumos externos.

La certeza de que las malezas son un efecto de la acción pone de relieve la importancia de transformar las prácticas agronómicas. En este sentido, los expertos destacan la aplicación de los principios del **Manejo Integrado de Malezas (MIM)** que permiten producir y, al mismo tiempo, asegurar la **sustentabilidad del agroecosistema**.

A futuro, científicos del INTA y de otras entidades señalan el potencial del **mejoramiento genético** y de la **biotecnología** para lograr algunos avances en el **control de malezas**. No obstante, reconocen que estas investigaciones se encuentran en una instancia incipiente y resaltan la intervención del sector público como impulsor del conocimiento.

A qué se llama maleza

El especialista del INTA Bordenave-Buenos Aires-, Mario Vigna, define maleza como “cualquier planta que interfiere con los propósitos del hombre en un determinado lugar y tiempo, ya sea en un cultivo o en una etapa de este”.

De acuerdo con Vigna, **las malezas tienen caracteres adaptativos** que les permiten invadir los cultivos. Por ejemplo, el hecho de que germinen en el mismo momento que las especies agrícolas y comiencen el ciclo de crecimiento en simultáneo dificulta las tareas de control.

No obstante, el investigador advirtió sobre la necesidad de revisar las

UN PROBLEMA GLOBAL

Los especialistas observan que el problema relacionado con las malezas explotó en los principales países productores de granos, y hoy generan problemas graves de resistencia en países como Estados Unidos, Brasil, Argentina y Australia.

En los países limítrofes, explica Elba de la Fuente, existen muchas similitudes con respecto al manejo de las malezas. “El esquema de manejo es parecido y los problemas que observamos en nuestro país, también se encuentran allí”, asegura.

Según la investigadora, de continuar el sistema de manejo actual, con poca variación en las estrategias que se utilizan y focalizado en un mismo esquema con pocas alternativas, “los problemas relacionados con la sustentabilidad de las malezas seguirán manifestándose en cualquier parte del mundo”.

“Es un problema global, que existe en todo el mundo, con ciertas variantes, donde el problema real es la evolución de la resistencia y la de especie”, concluye la especialista.

“EL CONTROL DE LAS MALEZAS NO PASA ÚNICAMENTE POR SOLUCIONES QUÍMICAS, TARDE O TEMPRANO LA RESISTENCIA SE GENERARÁ A TODOS LOS HERBICIDAS”.
(MARTÍN VILA AIUB)

prácticas agronómicas a la hora de intervenir en esta problemática. “Es necesario tomar en cuenta que **la presencia de una maleza en el lote es una respuesta a lo que hacemos**”, asegura Vigna.

Martín Vila Aiub, del Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas vinculadas con la Agricultura (IFEVA) que depende del CONICET y de la FAUBA, explicó que “uno de los impactos negativos provocados por las malezas es que **compiten por luz, agua y nutrientes**, lo que significa menos recursos para los cultivos de interés para el productor”.

Además de reducir su rendimiento, “las malezas causan problemas de contaminación en la calidad de la semilla que perjudica la calidad del grano”, agrega el especialista.

El origen de la resistencia

De acuerdo con los expertos, la **evolución de las malezas** surge de un proceso continuo que se debe a diferentes factores. De este modo, puede



**“A FUTURO, EL CONTROL DE MALEZAS POSIBLEMENTE PROVENDRÁ DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO, DE LA BIOTECNOLOGÍA Y DEL DESARROLLO DE MÉTODOS NO QUÍMICOS”.
(JUAN CARLOS PAPA)**

estar incentivado por la selección de biotipos que se adaptan a las modificaciones del hombre; por la aparición de nuevas formas o biotipos dentro de la población ya existente; por hibridación; por la transformación de especies cultivadas en malezas o por la introducción de poblaciones de otras regiones.

Según Vigna, de estos procesos surgen las “**malezas de difícil control**” o “**malezas emergentes**”, un problema que crece sostenida y aceleradamente en la Argentina, favorecido por el uso rutinario y repetido de las mismas herramientas de control. Y agrega: “Dentro de esta categoría se distinguen las “malezas tolerantes y resistentes” a herbicidas y a pesar de que ellas tienen origen diferente comúnmente se las considera como equivalentes”.

El investigador explica que las malezas tolerantes provienen en gran medida de áreas sin cultivo o del barbecho, están adaptadas al no laboreo, no son bien controladas en esa etapa, prolongan su ciclo en el cultivo y, en general, escapan a la receta clásica que se utiliza en reemplazo al arado.

En ese sentido, especialistas del INTA comenzaron a observar esta problemática a finales de los años

‘90. El investigador del INTA Oliveros—Santa Fe—, Juan Carlos Papa, cuenta que “en la zona central y núcleo sojera ya se identificaron **más de 40 especies consideradas tolerantes o de difícil control** en sistemas de siembra directa”.

Las especies resistentes, en cambio, “son las que ya no responden a los herbicidas con los que normalmente se las controlaban”, explica Vigna, y precisa: “La evolución o cambio más notorio en la población de la especie fue en el genotipo, producto de una presión de selección basada en un solo factor, que es el herbicida contra el cual se generó resistencia”.

En el mundo, los casos de resistencia crecen sostenidamente. “Actualmente, en nuestro país **hay registrados oficialmente 16 casos** y la tendencia continúa”, asegura el investigador.

Un manejo integral del sistema

En los últimos 50 años, los herbicidas fueron la herramienta más utilizada para el control de malezas en sistemas agrícolas extensivos, con escasas rotaciones y alta dependencia a un número reducido de insumos. Su desarrollo y uso fuera de un marco



ecológico quedó circunscrito a un **enfoque de corto plazo** que considera solo la eliminación de la competencia.

Uno de los principales aspectos asociados a este problema, según Papa, se relaciona con el régimen de tenencia de la tierra, “con los arrendamientos de los campos, que operan en una escala temporal que abarca el ciclo de un cultivo (6 a 8 meses) y en la escala espacial limitada al lote en arrendamiento”.

“El productor medio, dentro del contexto en el que opera, demanda la tecnología mínima indispensable para solventar ese corto plazo que, en general, son soluciones químicas baratas y simples y que traen aparejadas consecuencias negativas”, asegura el especialista.

Según la docente de FAUBA y presidente de la Asociación Argentina de Ciencias de la Maleza (ASACIM) y de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM), Elba de La Fuente, esta problemática se traduce en una **“simplificación y homogeneización del agroecosistema”**.

Por su parte, Papa indica que “la elección de **estrategias de reducción o de erradicación** de malezas,



LAS CLAVES DEL MANEJO

1. Monitorear los lotes.

Conocer la historia del lote permitirá ajustar las estrategias de manejo de acuerdo con la comunidad de malezas presentes y poner énfasis en las especies más difíciles de controlar. Además de identificar el **tipo de malezas**, el **diagnóstico** es fundamental para observar su estado de desarrollo y para realizar un **registro** de aquellas que podrían emerger. Esta información, a su vez, ayuda a determinar **cuáles son los herbicidas pre-emergentes** que podrían aplicarse.

2. Diseñar una estrategia integrada de manejo.

En general, las **estrategias de control** se basan en el uso de uno o de muy pocos herbicidas que, utilizados en forma sistemática, simplifican las tareas de control y hacen que las malezas generen mayor resistencia. Para evitarlo, los técnicos recomiendan llevar a cabo **rotaciones de cultivos**, emplear **variedades de rápido crecimiento** en pos de acelerar el cierre del surco y sembrar **cultivos de cobertura** que demoren o reduzcan el nacimiento de las malezas.

3. Evitar la producción de semillas de malezas resistentes.

La **producción de semillas de malezas resistentes** puede prevenirse con diferentes métodos a fin de evitar una fuerte presión de selección. Por su parte, las plantas que escapan a los herbicidas **deben ser eliminadas**, en lo posible, **de manera manual** y cuando el lote recién comienza a infestarse. De igual modo, con el objetivo de contener su introducción y expansión, se aconseja la **correcta limpieza** de vehículos, cosechadoras y otros equipos agrícolas antes de ingresar al campo.

4. Hacer rotación de cultivos.

Además de mejorar la **estructura y biodiversidad del suelo**, la **rotación** disminuye la incidencia de algunas especies resistentes. Esto se debe a que el período de crecimiento de un cultivo – fecha de siembra y ciclo –, la acción de los herbicidas selectivos disponibles y la cantidad de residuos remanentes que quedan en el suelo tras la cosecha cambian entre los cultivos. Estas diferencias aportan **diversidad al sistema** y **reducen la presión de selección** que favorece la emergencia de las malezas.

5. Realizar un control químico planificado.

En los últimos años, el empleo de **productos de síntesis** se transformó en el método de intervención más utilizado para el tratamiento contra las malezas. Al respecto, los especialistas resaltan la **importancia de realizar un diagnóstico** del estado de crecimiento de las malezas, ya que muchas veces las **fallas en el control** con insumos son consecuencia del **carácter tardío** de las aplicaciones.



**“EL PROBLEMA ES DEL SECTOR AGRÍCOLA, NO SÓLO DEL PRODUCTOR”.
(ELBA DE LA FUENTE)**

en lugar de **estrategias de prevención y contención**, se vio favorecida por factores tecnológicos, como la alta eficacia de los principios activos y la tecnología de aplicación, y por factores económicos y socio-culturales, como la disminución de los costos relativos, la escala productiva y los actores involucrados en el proceso de producción”.

Entonces, para Vila Aiub, el desafío consiste en pensar que “el control de malezas no pasa únicamente por soluciones químicas ya que, tarde o temprano, la resistencia se generará a todos los herbicidas”.

En ese sentido, de la Fuente agrega que aún en los casos que utilicen control químico, se debe **pensar en términos de sustentabilidad**. “Hace más de 30 años que no aparecen nuevos principios activos para controlar las malezas, con lo cual si no se aplican buenas prácticas de manejo tampoco se podrán utilizarse esos mismos productos en el futuro”, asegura.

Así, la aplicación de los principios del **Manejo Integrado de Malezas (MIM)**, según los investigadores, se posiciona como la **única manera**

efectiva de contribuir a la sustentabilidad del agroecosistema.

En esa línea, Vigna descarta el manejo basado solamente en herbicidas y enumera otras alternativas que pueden tenerse en cuenta, al margen de las nuevas tecnologías apoyadas en eventos biotecnológicos. “Existen varias herramientas que evitan, minimizan u optimizan el empleo de herbicidas como, por ejemplo, la rotación o secuencias de cultivos, el cambio de las fechas de siembra, la adopción de cultivares competitivos, la arquitectura de cultivo y el uso de cultivos de cobertura y de modelos predictivos de emergencia de malezas”, apunta.

Por su parte, Vila Aiub afirma que **el manejo integrado es la única opción a largo plazo**, ya que difícilmente aparezcan nuevos principios activos en el mercado. “El desarrollo de herbicidas por parte de las compañías es un proceso muy costoso y lleva mucho tiempo”, asegura.

De cara al futuro

“El problema es del sector agrícola, no solo del productor”, afirma de



**LA APLICACIÓN DE LOS
PRINCIPIOS DEL MANEJO
INTEGRADO
DE MALEZAS (MIM),
ES LA ÚNICA MANERA
EFECTIVA DE CONTRIBUIR
A LA SUSTENTABILIDAD
DEL AGROECOSISTEMA.**

la Fuente, y agrega: “Si existen problemas para implementar prácticas más sustentables, **los organismos públicos deben proporcionar herramientas que sean accesibles al productor**. Para que él pueda hacer un cambio necesita el apoyo del Estado, de la investigación, de la tecnología”.

En ese sentido, Vila Aiub afirma que las instituciones públicas deben apostar a la investigación básica. “Cuanto más conozcamos la biología, ecología y fisiología de las especies, más oportunidad tendremos de identificar la debilidad de cada especie”, asegura.

Asimismo, resalta el rol de los programas de educación a los productores y de entrenamiento constante a los extensionistas. “Estos son pilares estratégicos de acción y, en nuestro país, ya hay algunas iniciativas”, dice.

Según Juan Carlos Papa, el control de malezas a futuro “posiblemente provendrá del **mejoramiento genético** y de la **biotecnología**”, así como “del **desarrollo de métodos no químicos** que si se adoptan y aplican en forma racional, armónica y equilibrada

incrementarán la diversidad relativa del agroecosistema, su estabilidad y su sustentabilidad”, afirma.

Vila Aiub explica que el mejoramiento genético permite obtener una mayor habilidad competitiva de los cultivos y un desarrollo foliar rápido que, una vez emergidos, puedan cubrir el suelo rápidamente. “Esto disminuye la cantidad de luz y los individuos de cualquier especie de maleza, aún las resistentes a herbicidas que emergen junto con el cultivo, crecen en un ambiente con poca luz y disminuyen”, asegura, al tiempo que destaca: “También se reduce la producción de semillas, lo que genera un fuerte impacto demográfico en la población de la maleza”.

Más información:

Juan Carlos Papa

papa.juan@inta.gob.ar

Mario Vigna

vigna.mario@inta.gob.ar

Martín Vila Aiub

vila@ifeva.edu.ar

Elba de la Fuente

fuentes@agro.uba.ar

EL CLIMA ESTÁ CAMBIANDO

“En los próximos 40 años se juega nuestro futuro”

El Director General del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Colombia, Ruben Echeverría, reconoce que el desafío más importante frente al cambio climático es la falta de tiempo.

Por Mario Migliorati

“Lo que debemos conocer es qué va a pasar en los próximos años, de qué manera se verá afectado el productor”.

Ciudadano uruguayo, radicado en Cali, ha trabajado en asuntos de desarrollo agrícola y rural a nivel internacional durante más de tres décadas. Como titular del CIAT los últimos 6 años, uno de los 15 centros internacionales de investigación agrícola que preparan los ejes técnicos para la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21), reconoce que la agricultura -incluye a la ganadería- junto con el cambio en el uso de la tierra son las **responsables de casi un tercio** de las emisiones mundiales de **gases de efecto invernadero** (GEI). Pero también que es el sector que sufrirá los impactos por las mayores temperaturas, fenómenos climatológicos más extremos y problemas de plagas y enfermedades que afectarán a los cultivos más importantes para la alimentación humana.

Bajo el concepto de que es posible **llevar adelante una agricultura climáticamente inteligente** con los conocimientos disponibles actualmente, este ingeniero agrónomo y doctor en economía agrícola, refleja su deseo de impulsar iniciativas “de campo y

no tanto de revistas científicas”, es decir, más pragmáticas para incrementar la productividad y reducir los gases de efecto invernadero de manera sostenible.

En la ciudad Buenos Aires, tras organizar desde el CIAT junto al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, el Foro Internacional “El Clima está Cambiando”, destacó el lugar de los ministerios que, junto a los INTA de los países de la región, **han tomado el tema con mucha fuerza.**

Una de sus principales definiciones es que el desafío está estrechamente vinculado al tiempo, en esta carrera frente al cambio climático. ¿Cuál es, en este punto, la posición de los países de América Latina y el Caribe?

Hay mucha heterogeneidad en América Latina y el Caribe porque cada país tiene una agricultura diferente. El cambio climático va a impactar o afectar a cada país de forma desigual. **La Argentina está muy bien preparada sobre todo en adaptación y puede hacer mucho más en mitigación** y, en el contexto mundial, su emisión de gases de efecto invernadero no es tan grave, según como se la mida. No es

tan importante si se la compara con el hemisferio norte más desarrollado. Entonces, veo al país bien preparado desde ambiente, ciencia y tecnología y en los organismos como las Universidades, el INTA y el ministerio de Agricultura; también, en cuanto a los pronósticos, estrategias y resultados de investigación aplicada a adaptarnos a la vulnerabilidad climática. Es importante mantener estos esfuerzos mediante presupuestos consistentes con el problema, de largo aliento.

Y cuáles son las perspectivas en el largo plazo...

Lo más difícil no es pensar qué va a pasar a 100 años. **El mensaje más importante es que tenemos varios escenarios muy posibles a 100 años**, quizás entre 2 y 4 grados más de temperatura en el planeta y cambios en el régimen pluviométrico. Lo que debemos conocer es **qué va a pasar en los próximos años**, de qué manera se verá afectado el productor. ¿Cuándo debemos sembrar en 2016 de acuerdo a la terminación del actual fenómeno de El Niño?, ¿cuáles son las prácticas de manejo de suelo y agua, de rotaciones, de ahorro de insumos químicos, entre otras tecnologías que deberíamos promover? Por

esta razón, nuestro trabajo en el CIAT está adaptado a investigación de menor plazo, ahí está nuestro desafío.

Para el CIAT, ¿qué está faltando en cuanto a información para el productor?

Los pronósticos hablan de temperatura y humedad, dicen: “va a llover, va a hacer calor”. Por más que el productor agropecuario tome en cuenta estos datos, puede tener una idea pero no alcanza. Nuestro trabajo consiste entonces en conocer cuál es el pronóstico en la finca y en la región, porque consideramos que es lo que falta en las proyecciones internacionales. Acercarlas y sumarlas a buenos consejos agronómicos, es la clave.

Mucho se habla, en distintos ámbitos, acerca de adaptación y mitigación. ¿Cómo hace el productor para poder interpretar estos conceptos y poder intervenir?

De manera individual, el productor puede hacer muy poco, dado que tiene que ser **un esfuerzo colectivo**

regional, nacional y mundial. No hemos logrado todavía alcanzar una solución de mitigación real, dadas las ‘fallas de mercado’ y las debilidades institucionales, más los intereses de países muy industrializados. Por ejemplo, la mitad de los gases que emite Argentina provienen de la agricultura y gran parte son producto de la ganadería. Entonces, qué puede hacer el productor, **generar prácticas concretas** en lo que se denomina **agricultura inteligente**, para que le sirva a su economía y no solo para contribuir al planeta. El cómo hacerlo viene de la mano de la instrumentación y aplicación de rotación de cultivos, mejor manejo de ganado, en un tema donde los argentinos son líderes mundiales, más siembra directa, menos uso de combustibles fósiles y revertir los procesos de desertificación, además de un mejor uso del agua.

Y a nivel de adaptación...

Como los gases ya se emitieron y su efecto invernadero ya es palpable ahora tenemos que adaptarnos, esto lleva a producir variedades de cultivares re-

**“EL CAMBIO CLIMÁTICO
VA A IMPACTAR
O AFECTAR A CADA PAÍS
DE FORMA DESIGUAL”**



“En los próximos 40 años se juega nuestro futuro”

LA AGRICULTURA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE

Propone prioridades así como dar respuesta al cambio climático, al abordar el fortalecimiento del desarrollo agrícola con estrategias dirigidas a los pequeños productores. Entre sus objetivos, contempla alcanzar la soberanía alimentaria y metas de desarrollo ante un clima en constante cambio y una creciente demanda de alimentos.

Para el CIAT, su implementación responde a la posibilidad de abordar las concesiones y sinergias entre productividad, adaptación y mitigación. Además, refleja las prioridades de los diferentes países y actores interesados en lograr sistemas alimentarios más eficientes, efectivos y equitativos que, a su vez, enfrentan desafíos en las dimensiones: ambiental, social y económica.

El inventario crítico de las prácticas actuales, las opciones a futuro, los marcos institucionales y los recursos financieros, brindan en cada país un panorama de las condiciones actuales para iniciar un diálogo sobre los puntos de partida para invertir en la agricultura climáticamente inteligente a escala.

“LA INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA DEBE BRINDARNOS CONOCIMIENTOS MÁS PRECISOS DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO”

sistentes a mayores temperaturas, a sequías e inundaciones, es decir, que se puedan adaptar a todos los terrenos ya que los agricultores están experimentando la variabilidad y el cambio climático. La investigación agrícola debe brindarnos conocimientos más precisos de los impactos del cambio climático, identificando las opciones de adaptación que se pueden poner al alcance de la población rural, especialmente, aquella de escasos recursos.

¿Qué lugar se plantea el CIAT para integrar desarrollos y propuestas junto a los productores en Colombia?

En Colombia contamos con un programa con el ministerio de Agricultura multi-año y con fondos destinados en adaptar al sector agropecuario al cambio climático. Trabajamos con los gremios de productores, universidades, ONG y muchos otros actores en la preparación de un plan nacional de adaptación. Apuntamos a contar con mejores variedades y mejor agronomía, mejor uso de suelos y agua, nuevos escenarios para el uso de la tierra en el futuro, porque los cultivos se desplazarán a otras zonas como parte del proceso de adaptación.

Las proyecciones del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), con quien el CIAT tiene un estrecho vínculo, dan cuenta de pérdidas entre

30 mil y 50 mil millones de dólares de cara al 2050. ¿Qué países o quiénes serán los perjudicados y qué medidas deben tomarse para disminuir esos impactos?

En el mundo habrá una **enorme demanda mundial de alimentos para 9 mil millones de habitantes en 2050**, con menos tierra, menos agua, con más cambio climático y una población urbana con menos conocimientos sobre lo rural. Esto traerá una mayor demanda a los países exportadores como Argentina. **Los precios de los alimentos**, con altibajos, **van a seguir en aumento**. Actualmente el 40 por ciento de la variabilidad climática afecta a los cultivos que conocemos y, sin





**“NO HEMOS LOGRADO
TODAVÍA ALCANZAR
UNA SOLUCIÓN
DE MITIGACIÓN REAL”**

embargo, muchos países de la región no producen ni la mitad de lo que genera la Argentina por hectárea.

Por eso, el estudio realizado por el BID debe considerarse como positivo, porque señala que si bien la agricultura deberá pagar costos, también está llamada a solucionar el gran desafío de aumentar la productividad de una manera ambientalmente inteligente.

Usted suele emplear el término “matrimonio infeliz”, al que se genera entre el clima y la agricultura ¿qué nos quiere señalar?

¡Es exactamente así!, la agricultura y el clima conviven por ahora en un

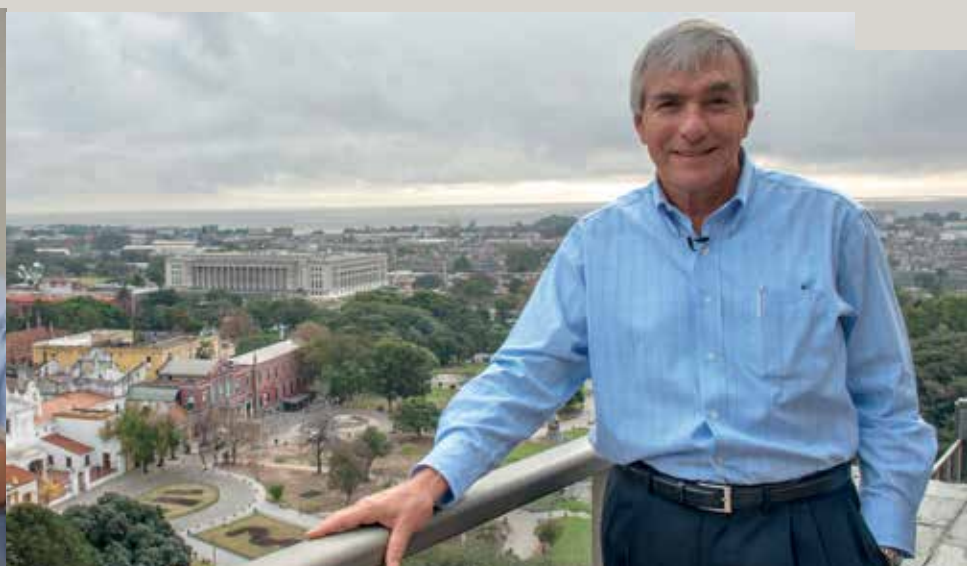
matrimonio infeliz; la agricultura daña mucho al clima por la emisión de gases pero el clima cambiante afecta muchísimo a la agricultura. No conviven tan bien como podrían si nos adaptáramos mejor y lográramos un ciclo virtuoso en donde la agricultura emita menos, fije más carbono y sea mucho más eficiente en el uso de recursos.

¿Cuál es el estado de la discusión acerca de las responsabilidades diferenciadas frente al cambio climático, entre los países desarrollados y en vía de desarrollo?

Los países que se desarrollaron han hecho un enorme consumo no sosteni-

ble de energía. Y lo que ahora se está tratando de hacer es llegar a un acuerdo mundial de cambiar ese patrón energético, pero todavía no se ha logrado y hay enormes intereses que se oponen. Lo bueno es que desde 2011 la agricultura entra en los acuerdos, que eran totalmente ambientales desde la Cumbre de Río de Janeiro celebrada en 1992. En la medida en que la agricultura se integre a este diálogo nos vamos a dar cuenta de que tenemos mucho que ganar en el sur, como productores de alimentos y exportadores.

¿De qué manera las investigaciones en biotecnología pueden incidir en mejorar la capacidad de peque-



“En los próximos 40 años se juega nuestro futuro”



“ES IMPORTANTE LA PRESENCIA DEL ESTADO PARA FINANCIAR LOS TEMAS QUE EL MERCADO NO ABORDARÁ”

¿Pueden los productores para disminuir las brechas de acceso a la tecnología?

La biotecnología es clave, aunque todavía contamos con muy poca información. Es una herramienta más como muchas otras y no es la panacea que va a solucionar la seguridad alimentaria, pero puede ayudar muchísimo. En el CIAT hacemos investigación convencional pero también nos iniciamos en genéticamente modificados porque ahí puede haber descubrimientos que nos permitan ganar 20 años en la adaptación al cambio climático.

¿Pueden los países de la región trabajar en políticas conjuntas en ciencia y tecnología para potenciar los mecanismos y resolver las asimetrías que se presentan?

Es posible, **Argentina ha invertido mucho más en ciencia y tecnología en los últimos años.** Colombia viene aumentando su inversión en investigación agrícola rápidamente. Brasil y México tienen sistemas de investigación bastante avanzados. Pero, si observamos la foto regional, en promedio todavía estamos invirtiendo 1 peso en investigación agrícola por cada 100 pesos producidos por el sector. El mundo más desarrollado, que a veces criticamos por temas de comercio o de

emisión de gases, está invirtiendo casi 4 pesos por cada 100. Si pudiéramos aumentar los presupuestos de investigación aplicada a lo agroalimentario a nivel nacional y si además nos conectáramos mejor en América Latina, más esfuerzos colectivos entre países que enfrentan similares desafíos, estaríamos mucho mejor preparados para lo que viene.

¿Y qué lugar le toca a los privados en esta compleja trama?

El cambio climático es un ejemplo claro de fallas de mercado, donde el mercado y las empresas solos no lo van a arreglar, al contrario, han sido parte del desafío y los problemas. Es importante la presencia del Estado para financiar los temas que el mercado no abordará. Y si pensamos que en el 2030 donde se va a requerir un 35 por ciento más de alimentos, **el sector privado tiene mucho por hacer.**

Usted tiene una mirada optimista en todas sus respuestas, ¿en qué la sostiene?

Así es, cuando estudiaba agronomía en Uruguay en la década del '70 me decían: “Usted va a ser conductor de taxi, porque no tiene ningún futuro la

agricultura”. Y lo que paso después de transcurridos 40 años es que todos nos damos cuenta que para mitigar, para adaptar, para brindar seguridad alimentaria y para disminuir guerras, migraciones y alcanzar la paz social, **es la agricultura inteligente y el desarrollo rural los que tienen un rol importante.**

¿Por qué tenemos que internalizar la relación entre cambio climático y tiempo?

Es el desafío más importante que tenemos, nos queda poco tiempo ya que en términos de investigación, por ejemplo, lleva 10 o 20 años desarrollar variedades aclimatadas y esto representa el verdadero desafío. Si nos coordináramos un poco más entre organismos y entre países, quizás en un lapso de 15 a 25 años logremos terminar esta maratón en muy buena forma. Y le llamo la maratón del cambio climático porque hay que prepararse y tener mucha paciencia para saber correr más de 42k, es decir, 40 años. **En los próximos 40 años se juega nuestro futuro.**

Más información:

Ruben Echeverría, Director General del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) <http://ciat.cgiar.org/es/>

Pastillas

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

Suelos vulnerables y vulnerados

Investigadores del INTA aportaron enfoques sobre la situación de este recurso estratégico para el país durante la celebración del año internacional. Con el énfasis puesto en **conceptos de suelos vulnerables** por la posición en el paisaje, por el rédito y las exposiciones a situaciones climáticas extremas, o suelos vulnerados por procesos erosivos de origen antrópico que han afectado su productividad, los investigadores de la institución **desarrollaron un diagnóstico centrado** en respuestas que los avances científicos técnicos proyectan sobre este recurso natural. Hace más de 50 años las investigaciones en el país están orientadas a promover instancias de manejo de suelos.

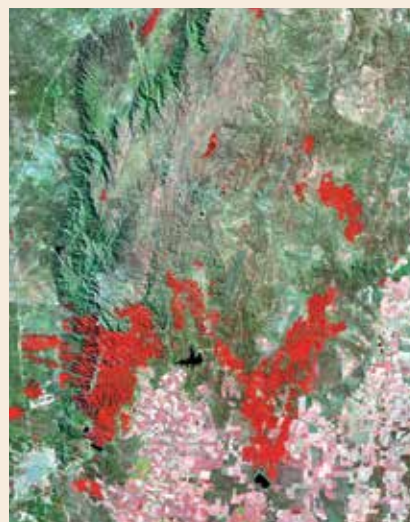


Indicadores de calidad del suelo

Las 25 unidades del INTA, junto a otras instituciones, identifican y analizan indicadores para el monitoreo de la sustentabilidad de los sistemas productivos. Con la mirada puesta en los crecientes **procesos de degradación** de los suelos en tierras incorporadas recientemente a la actividad agropecuaria, como en aquellas con historia agrícola, ganadera y forestal, desde el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria se investiga para generar protocolos de monitoreo de la calidad del suelo. La línea de investigación integra en su desarrollo además de las **unidades del instituto, 8 Universidades Nacionales y 5 organismos**, entre centros nacionales y del extranjero, y aborda en **6 ecorregiones**.

Emergencias ambientales

El INTA, la CONAE y la Universidad de Córdoba trabajan en alertas y respuestas tempranas a eventos extremos. Enfocado en desarrollar productos para la prevención y el seguimiento de incendios y catástrofes climáticas, un equipo de investigadores de la institución, la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEyN), la Facultad de Astronomía, Matemática y Física (FAMAF) de la Universidad Nacional de Córdoba y la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, utiliza datos satelitales y sistemas de información geográfica (SIG), como herramientas para la detección y la cuantificación de su ocurrencia.



Cuencas forestales

El INTA cuenta con un programa de investigación que asegura recursos genéticos de alto valor, competitivos y con acceso a todos los productores. La investigación en **mejoramiento genético forestal** que se impulsa desde el INTA apunta a generar material de propagación mejorado de especies nativas e introducidas. Se trata de una red de 70 especialistas que desde el Programa de Mejoramiento Genético Forestal (PROMEF) buscan **incrementar y diversificar** la oferta de madera de calidad para contribuir a la rentabilidad y a la sustentabilidad de su cadena productiva en todo el país. Además, entre sus objetivos está el de **conservar** el recurso genético.

Trampas de luz

El INTA genera información para el manejo de plagas agrícolas, a través de una red de trampas de luz, que permite anticiparse y evitar daños económicos. Investigadores crearon en Paraná, Entre Ríos, un Sistema de Alerta formado por una red de trampas de luz, que complementa tecnológicamente el monitoreo a campo de 11 especies plaga con impacto económico en los cultivos de soja, maíz, sorgo y trigo. Con 10 años de registro, la información se distribuye a más de 2 mil usuarios y, además, se sistematiza para desarrollar modelos poblacionales que ayudan a explicar las fluctuaciones de abundancia de los insectos.



Esquila preparto, una tecnología de adopción masiva y alto impacto en la producción ovina de la Patagonia

MUELLER, J.P.¹

RESUMEN

La esquila de lanares poco antes de la parición tiene ventajas y desventajas que dependen del ambiente y del sistema de producción. Investigaciones realizadas por el INTA en Patagonia demostraron que la esquila preparto de ovejas tiene beneficios importantes en términos de sobrevivencia de sus corderos y calidad de lana y no ofrece mayor riesgo de mortandad de las ovejas esquiladas si se toman determinadas precauciones. Las experiencias indican que es posible incrementar las tasas de señalada en 10 puntos porcentuales, mejorar el rendimiento al peine de la lana en 7 puntos porcentuales y aumentar la resistencia a la tracción de la lana 7 N/ktex. Sobre este conocimiento, la esquila preparto ha sido adoptada progresivamente y llegó aproximadamente al 40% de los ovinos de la región. Una valorización económica de esa adopción indica que el beneficio para la producción ovina de la Patagonia es de aproximadamente 14,9 millones de dólares, de los cuales el 31% se adjudica al mayor valor de la lana y el 69% al valor de los corderos adicionales.

Palabras clave: cordero, sobrevivencia, lana, rendimiento, Merino.

ABSTRACT

Pre-lambing shearing of sheep has advantages and disadvantages that depend on the environment and production system. Research conducted by INTA in Patagonia showed that pre-lambing shearing has significant benefits in terms of survival of lambs and quality of wool and offers no increased risk of death if certain precautions are taken. The experiences indicate that it is possible to increase lamb marking rates by 10 percentage points, improve wool combing yield by 7 percentage points and increase staple strength by 7 N/ktex. Based on this information pre-lambing shearing has been adopted progressively reaching about 40% of the sheep in the region. An economic valuation of that uptake indicates that the benefit to sheep production of Patagonia is approximately US\$ 14.9 million, of which 31% is due to the higher value of wool and 69% to the value of the additional lambs.

Keywords: lamb, survival, wool, yield, Merino.

¹INTA EEA Bariloche. Modesta Victoria 4450, San Carlos de Bariloche, (8400) Río Negro, Argentina.

Correo electrónico: mueller.joaquin@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

En la cría de lanares la elección de la fecha de esquila es una herramienta de manejo crucial por sus múltiples consecuencias productivas y económicas. A principios del siglo pasado ya se informaba, en Escandinavia, sobre los efectos de diferentes frecuencias y fechas de esquila, incluyendo esquilas de ovejas antes del parto en invierno. Tal esquila permitía achicar el espacio necesario en los galpones de invernada, además se comprobó que la esquila preparto facilitaba el acceso de los corderos a la ubre y que permitía obtener lana más limpia (Dyrmundson, 1991). En los años 1930, la esquila preparto se difundió en campos de la Isla Sur de Nueva Zelanda (Dabiri, 1994). En esos años también se observó que corderos nacidos de ovejas esquiladas preparto nacían más pesados y tenían mayor sobrevivencia lo cual despertó el interés en otras regiones productoras de lanares del mundo. Progresivos ensayos fueron mostrando que ese efecto beneficioso no se plasmaba en ambientes menos rigurosos como por ejemplo en Texas, EE.UU. (Falck *et al.*, 2002).

Los primeros reportes de esquila preparto en la Argentina datan de ensayos realizados en los años 1970 (López Escribano e Iwan, 1981; Mueller, 1980). Al igual que en otros ambientes de clima benigno en el mundo, la esquila preparto en la Argentina no produjo beneficios en términos de sobrevivencia de corderos en ambientes pampeanos (Krieger y Lloyd, 1975; Irazoqui y Giglioli, 1984; Lynch, 2012), pero dio resultados positivos en la Patagonia donde fue adoptada progresivamente. En ese proceso de adopción el INTA tuvo un rol decisivo (Borrelli, 2001; de Gea, 2007). En este trabajo se revisan las principales investigaciones que dieron sustento técnico a la extensión de la esquila preparto en la Patagonia y se realiza una estimación del impacto productivo y económico en la región.

Investigaciones en la Patagonia

La secuencia cronológica de investigaciones sobre esquila preparto en la Patagonia comienza con un ensayo realizado en los años 1973, 1974 y 1975 en el Campo Experimental de INTA en Río Mayo y publicado por López Escribano e Iwan (1981) quienes estudiaron el efecto de la

esquila preparto sobre la sobrevivencia y el crecimiento de corderos Merino con la intención de aumentar los porcentajes de señalada. Los resultados fueron claramente favorables para la esquila preparto en cuanto a sobrevivencia de los corderos. En promedio de los tres años, los corderos de ovejas esquiladas tuvieron una sobrevivencia del 94,3% y los de ovejas de esquila tradicional un 85,9% (tabla 1). En cambio, las diferencias en pesos corporales no eran consistentes entre años, por lo que los autores consideraban que no podían adjudicar los resultados de sobrevivencia a mayores pesos al nacimiento y que no había certeza sobre el tipo de campos y condiciones en los cuales era factible que se repitan los resultados prometedores obtenidos.

Se sabía por investigaciones en el exterior que ovejas esquiladas aumentan el consumo voluntario (Webster y Lynch, 1966) y que en condiciones climáticas desfavorables buscan reparo (por ejemplo Lynch y Alexander, 1976). Esto motivó un nuevo ensayo con ovejas Merino en los años 1978 y 1979 en el mismo campo, pero utilizando dos cuadros de pastoreo muy diferentes en fisonomía y disponibilidad de forraje (Mueller, 1980). Uno de los cuadros fue caracterizado como "Malo" en disponibilidad de forraje y con arbustivas bajas ofreciendo escaso reparo y otro cuadro fue caracterizado como "Bueno" en disponibilidad forrajera con partes de mallín y partes de ladera con arbustivas altas ofreciendo abundante reparo.

En la tabla 2 se observa que, en promedio, el peso corporal de corderos en el cuadro "Bueno" superó ampliamente a los registros del cuadro "Malo" confirmando la diferencia en oferta forrajera observada entre ellos. Pero también se esperaba una menor diferencia en sobrevivencia a favor de corderos nacidos de ovejas esquiladas preparto en el cuadro "Malo" ya que este no disponía del forraje ni del reparo para facilitar la expresión del efecto de la esquila. Sin embargo, en ambos cuadros la ventaja para la esquila preparto, tanto en términos de sobrevivencia como de peso corporal, al nacimiento de los corderos fue similar.

Ese resultado fue sorprendente y extremadamente importante porque permitía sugerir la esquila preparto incluso a productores con cuadros de parición pobres en forraje y reparo. Por otro lado, en este ensayo no hubo mortandad de ovejas esquiladas preparto (murieron 3 ovejas lanudas).

Año	Sobrevivencia (%)		Peso al nacimiento (kg)		Peso al destete (kg)	
	Preparto	Posparto	Preparto	Posparto	Preparto	Posparto
1973	98,2	93,1	4,49 ^a	4,35 ^a	22,8 ^a	22,5 ^a
1974	95,0	82,5	4,02 ^a	3,69 ^b	24,1 ^a	19,7 ^b
1975	89,6	82,1	3,68 ^a	3,66 ^a	22,1 ^a	21,7 ^a
Promedio	94,3 ^a	85,9 ^b	4,06	3,90	23,0	21,3

Tabla 1. Efecto de la esquila preparto sobre la sobrevivencia y peso corporal de corderos en tres años.

Nota: Los pesos corporales son promedio de machos y hembras. Letras distintas entre tratamientos de esquila indican diferencias significativas ($P < 0,05$). La interacción tratamiento con año resultó significativa ($P < 0,05$) para peso al nacimiento y peso al destete. *Fuente:* Adaptado de López Escribano e Iwan (1981).

Cuadro	Sobrevivencia (%)		Peso al nacimiento (kg)		Peso al destete (kg)	
	Preparto	Posparto	Preparto	Posparto	Preparto	Posparto
Malo	92,3	80,2	4,05	3,85	17,1	16,4
Bueno	93,0	84,9	4,23	4,07	27,1	26,1
Promedio	92,7 ^a	82,6 ^b	4,14 ^a	3,96 ^b	22,1 ^a	21,3 ^b

Tabla 2. Efecto de la esquila preparto sobre la sobrevivencia y pesos corporales de corderos en cuadros con diferente disponibilidad de forraje y reparo.

Nota: Los resultados son promedio de dos años y un total de 872 ovejas y 780 corderos. Para sobrevivencia las diferencias fueron significativas entre esquilas ($P < 0,01$) y entre cuadros ($P < 0,05$). Para peso al nacimiento y peso al destete las diferencias fueron significativas entre esquilas y entre cuadros ($P < 0,01$). Las interacciones fueron todas no significativas ($P > 0,05$). *Fuente:* Mueller (1980).

Característica	Preparto (n=640)	Posparto (n=556)
Peso de vellón sucio (kg)	2,92 ^b	4,08 ^a
Peso de vellón limpio (kg)	1,97 ^b	2,45 ^a
Promedio diámetro de fibras (mic)	19,5 ^b	19,7 ^a

Tabla 3. Efecto de la esquila preparto sobre la producción y calidad de lana de borregos/as.

Nota: Promedio de sexos y años. n=suma de tres años y ambos sexos. Letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0,05$). No se detectaron interacciones ($P > 0,05$). *Fuente:* Adaptado de González y Barrera (1985).

Por cierto, en ambos años la condición corporal de todas las ovejas era relativamente buena (2 a 2,5 puntos en la escala de Jefferies, 1961) y se tuvo la precaución de no retener las ovejas más de 6 horas fuera de sus cuadros durante el operativo de esquila. En consecuencia, con la recomendación de esquila preparto cuando las ovejas tienen un mínimo de condición corporal y no son privadas del acceso al forraje por más de 6 horas, el INTA comenzó la difusión masiva de la esquila preparto en Patagonia (González, 1985).

Había en esa época confianza en la esquila preparto como técnica mejoradora de los porcentajes de señalada, pero no había experiencia local sobre las causas de la mayor sobrevivencia más allá de la relación con el mayor peso al nacimiento de los corderos de ovejas esquiladas preparto. A los fines de comprobar el comportamiento al parto de ovejas esquiladas y no esquiladas se ejecutó un nuevo ensayo, en el mismo campo de Río Mayo durante 1981, utilizando un cuadro de parición con sectores de reparo y sectores sin reparo (Barrera y González, 1985). Durante los 18 días del pico de parición se contabilizaron a la mañana, al mediodía y al atardecer los números de ovejas esquiladas y no esquiladas ubicadas en cada sector del cuadro. En 9 de los 18 días, la proporción de ovejas esquiladas era mayor en los sectores con reparos ($P < 0,05$), en particular a la mañana. En esos 9 días la temperatura ambiental, la temperatura del suelo y en particular la velocidad del viento fueron más desfavorables ($P < 0,05$) que en los días en que

no hubo comportamiento diferencial (Barrera y González, 1985). Del ensayo se infiere que, al menos, parte de las diferencias en sobrevivencia de corderos de ovejas esquiladas y no esquiladas se puede deber a diferencias en su comportamiento de búsqueda de reparo.

En los años 1981, 1982 y 1983 se realizaron los primeros ensayos formales para estudiar el efecto de la esquila preparto sobre la lana. Estos ensayos se llevaron a cabo en el Campo Experimental de INTA en Pilcaniyeu con la raza Merino. Un primer ensayo determinó la pérdida de lana que implica adelantar la primera esquila (borregos/as) a la fecha del preparto de ovejas, considerando que los productores que se inclinan por una esquila preparto de sus ovejas prefieren esquila en la misma fecha a todos los animales, incluyendo a los borregos/as y evitando así una segunda esquila en el año (González y Barrera, 1985). La producción en lana limpia se redujo al 80% y la producción de lana sucia al 72% (tabla 3), evidenciando el efecto de 65 días adicionales en el crecimiento de lana en los borregos/as esquilados en la fecha tradicional ("posparto"). Cabe notar que esos días coinciden con el rebrote primaveral del campo.

En el mismo campo y en los mismos años se estudió el efecto de la esquila preparto sobre la lana de ovejas de 2 y 3 años, en este caso todas con 12 meses de crecimiento de lana (González *et al.*, 1988). Los autores observaron una diferencia significativa en peso de vellón sucio a favor de la esquila tradicional, pero sin diferencia en peso de vellón limpio (tabla 4). La diferencia en rinde al lavado en ambas categorías de ovejas fue de 7 puntos porcentuales (67 frente a 60%) a favor de las ovejas esquiladas preparto. El mayor rinde al lavado de lanas preparto se adjudica al hecho de que en la Patagonia la esquila de fin de invierno evita la acumulación de tierra en el vellón que suelen provocar los vientos de primavera.

Estos dos ensayos indicaron que con la esquila preparto "se pierde" lana de borregos/as y se mantiene la cantidad de lana limpia de adultos. En ambos ensayos también se observó un pequeño aumento en el diámetro de fibras de animales esquilados preparto. Los autores relacionaron ese aumento con una menor proporción de lanas débiles o "quebradizas" en esquilas preparto. La enseñanza que dejaron ambos ensayos es que para hacer valer el mayor rinde al lavado y la eventual mayor resistencia a la tracción

Característica	Ovejas de 2 años		Ovejas de 3 años	
	Preparto (n=220)	Posparto (n=276)	Preparto (n=261)	Posparto (n=303)
Peso de vellón sucio (kg)	4,16 ^b	4,57 ^a	3,98 ^b	4,46 ^a
Peso de vellón limpio (kg)	2,78 ^a	2,75 ^a	2,69 ^a	2,71 ^a
Promedio de diámetro de fibras (mic)	21,3 ^a	20,9 ^b	21,4 ^a	21,0 ^b

Tabla 4. Efecto de la esquila preparto sobre la producción y calidad de la lana de ovejas de 2 y 3 años de edad.

Nota: Promedio de tres años, n=suma de ovejas en los tres años. Letras diferentes indican diferencia significativa ($P<0,05$). *Fuente:* Adaptado de González *et al.* (1988).

Característica	Esquila preparto		Esquila posparto	
	con 115 días de gestación (n=9)	con 130 días de gestación (n=22)	testigo 115 (n=8)	testigo 130 (n=26)
Largo de gestación (días)	151,8 ^a	149,0 ^b	150,5 ^a	149,3 ^a
Peso de corderos (kg)	3,78 ^a	3,14 ^a	3,55 ^a	3,05 ^a

Tabla 5. Efecto de la esquila preparto en diferentes edades gestacionales sobre el largo de gestación y el peso al nacimiento.

Nota: Letras diferentes dentro de tratamiento indican diferencias significativas ($P<0,05$). Interacción esquila x edad gestacional significativa ($P<0,05$). *Fuente:* Cueto *et al.* (1994).

de las lanas esquiladas preparto estas debían venderse según su calidad certificada por laboratorios.

Se proponía realizar la esquila preparto unos 15 días antes del comienzo de la parición (González, 1985), es decir, a los 130 días de gestación promedio. Sin embargo, no había una comprobación experimental de la fecha óptima para la esquila preparto, y en Nueva Zelanda Morris *et al.* (1999) observaron que una esquila más temprana, por ejemplo a los 67 días en lugar de 130 días de gestación, tenía ventajas en términos de sobrevivencia de corderos. Esto motivó un ensayo con ovejas Merino en el Campo Experimental de Pilcaniyeu durante 1992 (Cueto *et al.*, 1994). En este ensayo se esquilaban en la misma fecha ovejas con 115 y 130 días de gestación para lo cual fueron inseminadas con el intervalo correspondiente. Además, se dejaron ovejas de ambos grupos como testigos en una esquila posparto. El control de la fecha de inseminación y de la fecha de parto en este ensayo permitió estudiar el largo gestacional de los diferentes grupos de ovejas. Debido a

que la interacción entre esquila y edad gestacional fue significativa ($P<0,05$), las comparaciones se realizaron dentro de cada tratamiento de esquila. La tendencia de los pesos al nacimiento fue favorable para la esquila preparto realizada a los 115 frente los 130 días de gestación; lo mismo se observó para la esquila posparto, pero el número de corderos fue insuficiente para detectar significancia estadística ($P>0,05$) en ambos casos (tabla 5). En cambio, el largo de gestación fue significativamente ($P<0,05$) mayor en ovejas esquiladas con 115 frente a 130 días de gestación; esta diferencia no alcanzó significancia estadística ($P<0,05$) en las ovejas de los grupos testigo.

A los fines de comprobar el efecto de la alimentación de la oveja preñada sobre el largo de gestación, Cueto *et al.* (1996) realizaron un nuevo ensayo en el Campo Experimental de INTA en Pilcaniyeu en 1993 con ovejas Merino que a partir de la esquila a los 115 días de gestación recibieron dos niveles de alimentación hasta el parto. Resultó que el nivel de alimentación no afectó ni al largo de gesta-

Característica	Ovejas con alimentación		Ovejas esquiladas	
	Restringida (n=39)	<i>Ad libitum</i> (n=43)	Preparto (n=39)	Posparto (n=43)
Peso de ovejas (kg) ¹	46 ^b	52 ^a	47 ^b	52 ^a
Largo de gestación (días)	150,0 ^a	150,4 ^a	150,9 ^a	149,5 ^b
Peso de corderos (kg)	4,0 ^a	4,0 ^a	4,1 ^a	3,8 ^b

Tabla 6. Efecto de la alimentación de madres a partir del día 115 de gestación y esquila preparto sobre el peso al nacimiento de corderos.

Nota: 1= Peso corporal de ovejas a las 3 semanas del tratamiento de alimentación. Letras diferentes dentro de tratamiento indican diferencias significativas ($P<0,05$). Interacción alimentación x esquila no significativa ($P>0,05$). *Fuente:* Cueto *et al.* (1996).

Nivel de alimentación de ovejas	Peso de ovejas a 15 días del parto (kg)	Peso al nacimiento (kg)		
		Preparto (n=41)	Posparto (n=48)	Promedio
Bajo (n=40)	38 ^b	4,1	3,8	4,0 ^b
Alto (n=49)	45 ^a	4,5	4,2	4,3 ^a
Promedio		4,3 ^a	4,1 ^b	

Tabla 7. Efecto de la alimentación de madres durante toda la gestación y esquila preparto sobre el peso al nacimiento de corderos.

Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$). Interacción alimentación x esquila no significativa ($P > 0,05$). *Fuente:* Cueto *et al.* (1995).

ción ni al peso de corderos, pero que nuevamente ovejas esquiladas preparto tenían corderos de mayor largo gestacional y mayor peso al nacimiento (tabla 6).

Como la hipótesis de que los tratamientos de alimentación de ovejas del ensayo fueron muy breves para expresar resultados a nivel de peso al nacimiento, Cueto *et al.* (1995) volvieron a estudiar el efecto de la esquila preparto sobre el peso al nacimiento de corderos en el mismo campo durante 1994, pero con los tratamientos de alimentación (alta y baja disponibilidad forrajera) durante todo el período de gestación. Las ovejas comenzaron el tratamiento con 43 kg y, en este caso, se constató diferencia entre los pesos al nacimiento de ovejas con diferente tratamiento nutricional. Además, se repitió el fenómeno de mayor peso corporal en corderos de ovejas esquiladas preparto, incluso en ovejas de alimentación restringida durante toda la gestación (tabla 7).

Los resultados indican que existirían mecanismos, tales como el incremento en la movilización de reservas corporales o modificación de la concentración materna de glucosa y cortisol, que determinarían una mejor nutrición fetal en corderos de ovejas esquiladas (Vipond *et al.*, 1987; Black y Chesnutt, 1990). A los fines de probar esta hipótesis Cueto *et al.* (2002) midieron en ovejas restringidas y no restringidas los niveles de glucosa (2-3 horas post esquila) y cortisol plasmático (1.^{er} y 3.^{er} día post esquila) concluyendo que la esquila preparto incrementa la concentración plasmática de glucosa materna, independientemente del nivel nutricional a la esquila. Cueto *et al.* (2002) observaron además un incremento en la concentración plasmática de cortisol materno en el primer día posterior a la esquila preparto, no así en el tercer día post esquila. Estos resultados indican que el aumento del peso al nacimiento de los corderos de ovejas esquiladas preparto no obedecería a un único mecanismo fisiológico, sino en cambio estaría mediado por un conjunto de procesos fisiológicos.

Adopción

Las primeras esquilas preparto en la Patagonia se realizaron en el año 1971 en las Estancias Sunica y San Ramón, ambas de la compañía Lahusen. Martín Lahusen había observado en una visita a Australia que la esquila preparto reduce la mortandad de corderos y decidió probar la tecnología en esos dos campos de la compañía. Uno de los primeros productores en seguir el ejemplo fue el veci-

no lindero de Sunica, Pancho Toulon. Otro vecino, Eudasio Vargas practicó la esquila preparto en su establecimiento La Cumbre alrededor de los años 1973-19974 y en el año 1978 Ivor Hughes la llevó a cabo en El Kakel luego de visitar a su amigo, el administrador de Sunica, Otto Bittermann. Los primeros campos que aplicaron la esquila preparto se enfrentaban a pronósticos agoreros de vecinos, amigos y parientes, pero ninguno sufrió pérdidas de animales por el hecho de remover el vellón en una época con mayor riesgo climático en comparación con la esquila tradicional de verano (comunicación personal Sr. Vernon Hughes).

Ya en los años 1980 la esquila preparto se extiende a toda la Patagonia con reportes de adopción incluso en regiones con riesgo climático mayor como en Santa Cruz (Borrelli, 2001). En Patagonia Norte la nevada extraordinaria del año 1984 motivó a muchos productores a realizar esquila preparto ante la posibilidad de muerte o pérdida de animales enlanados (comunicación personal Ing. Adolfo Sarmiento). La Cooperativa Agrícola Ganadera de Norpatagónica también promovió la esquila preparto con la finalidad de mejorar los lotes de lana que en esa época ya eran vendidos con análisis de lana (comunicación personal Ing. Adolfo Sarmiento).

Para fines de los años 1980 las recomendaciones para aplicar una esquila preparto exitosa se consolidan (González, 1985; Borrelli, 2001) con pocas modificaciones y novedades posteriores. Estas recomendaciones tienen que ver con la organización de un servicio controlado y corto, la esquila en fecha apropiada, esquila de ovejas en buen estado corporal, esquila con precaución (preferentemente desmaneada), retención de animales poco tiempo fuera de sus cuadros, entre otras. En algunos ambientes de clima más extremo se sugiere el uso del peine de nieve o volver al uso de la esquila a tijera que deja un remanente de lana mayor y reduce el riesgo potencial de hipotermia (Dabiri *et al.*, 1995).

A partir de los años 1990 la adopción de la esquila preparto ya es masiva. Un indicador de ello es la proporción de muestras de lana (core test) de lotes esquilados preparto que fueron enviados para análisis a los laboratorios de lana de Bariloche y Rawson. Por ejemplo, en la provincia de Río Negro, en las zafras 1994/1995 a 1999/2000, el 43% de los 2300 análisis realizados fueron de lotes preparto y en los años 2000/2001 a 2004/2005 el 71% de los 7766 análisis realizados fueron de lotes preparto. En este último período

do en la provincia del Chubut el 31% de los 3142 análisis fueron de lotes preparto (Elvira *et al.*, 2006). Borrelli (2001) estimaba en el 30% los campos con esquila preparto en la provincia de Santa Cruz.

Es muy probable que, actualmente, los porcentajes de adopción de la esquila preparto sean mayores ya que el productor que la no retorna a la esquila tradicional. En promedio se estima que el 40% de los establecimientos patagónicos adoptaron la esquila preparto. Esporádicamente hay información de casos de muerte de animales esquilados preparto. Estos casos siempre se vinculan a eventos climáticos muy adversos, en particular viento con lluvias o frío muy intenso, eventos acompañados de manejos inadecuados, por ejemplo ovejas en muy mala condición corporal o con excesivo tiempo sin acceso a forraje durante la esquila (comunicación personal Ing. Adolfo Sarmiento).

Campos con escasa infraestructura para juntar, esquilar y soltar con prontitud los ovinos durante la esquila, o campos que no pueden controlar eficazmente el servicio pueden tener dificultades con la esquila preparto y suelen ser los campos que prefieren la esquila tradicional.

Impacto productivo y económico

Las ventajas de la esquila preparto no se restringen a la mejora en la calidad de la lana y a la mayor sobrevivencia y peso de los corderos. Ventajas adicionales tienen que ver con reducción y mejor distribución del trabajo de campo, mayor flexibilidad en el manejo de veranadas e internadas, ingresos económicos anticipados, etc. (González, 1985; Borrelli, 2001).

Las desventajas de la esquila preparto incluyen un mayor riesgo climático, mayor consumo de forraje y eventualmente una menor flexibilidad en la fecha de esquila. También se pierde producción de lana de borregos/as que eventualmente se puede recuperar con una esquila adicional de capones/ovejas antes de su venta. La mortandad de ovejas puede ser mayor por razones climáticas adversas, pero también puede ser menor por la mayor movilidad de ovejas esquiladas para pararse ante una caída, escapar de predadores o buscar forraje y agua. En casos excepcionales la esquila preparto ha salvado animales. Por ejemplo, en ocasión de la erupción del volcán Puyehue en junio de 2011, ovinos no esquilados preparto en ese año tuvieron

serias dificultades para movilizarse por la acumulación de ceniza en su vellón.

A los fines de ensayar una cuantificación del impacto productivo y económico que produce la adopción de la esquila preparto, en la Patagonia se toma en cuenta solamente su efecto sobre la sobrevivencia de corderos y sobre la calidad de lana Merino. Se considera solo la lana Merino ya que el SIPyM (2015) no ha encontrado diferencias de precio entre lanas cruza (lanas Corriedale) esquiladas pre y posparto en el mercado local.

Según estadísticas de SENASA (2013) la población ovina (sin corderos) de las provincias de Río Negro, Chubut y Santa Cruz a marzo de 2013 era de 7.135.077. De este total se estima que 5.937.382 son de raza Merino. Para ello se asume que todos los ovinos de Río Negro y Chubut y la mitad de los ovinos de Santa Cruz son Merino. Si el 40% de los ovinos de la Patagonia se esquilan preparto (incluyendo animales secos), entonces 2.374.953 Merinos producen lana preparto. Si se asume además que el peso de vellón promedio en ovinos esquilados preparto es de 4,185 kg (7% menos que un vellón de lana posparto de 4,5 kg), entonces la Patagonia produce aproximadamente 9.939.177 kg de lana Merino preparto, 748.110 kg menos de lana que si fuese toda posparto.

Según un extenso estudio (Mueller *et al.*, 2013), lanas preparto tienen mayor rinde al peine (7 puntos porcentuales), igual finura, menor largo de mecha (4,5 mm) y mayor resistencia a la tracción (7 N/ktex) (tabla 8). Polanco (2005) comprobó que el menor largo de mecha es compensado por la mayor resistencia a la tracción de lanas preparto permitiendo obtener alturas de top deseables. La mayor resistencia a la tracción de lanas preparto se debe a que la esquila se produce normalmente en la época de mayor debilidad de la lana. Los perfiles de diámetros medio en mechales de lana que muestran sus diámetros menores en los extremos están asociados a vellones más resistentes (Sacchero *et al.*, 2010).

A los fines de poner en valor las diferencias en calidad de lana pre y posparto se analizan los precios de la lana al 9 de marzo de 2015 del SIPyM (2015). En esa fecha el precio de lana preparto Merino (20 mic y 60% rinde) fue de 3,81 USD/kg "al barrer" y de lana posparto Merino (20 mic y 53% rinde) fue de 3,11 USD/kg. Multiplicando la producción de lana por su precio se desprende que la esquila preparto

Característica	Río Negro		Chubut	
	Preparto (n=5489)	Posparto (n=2277)	Preparto (n=961)	Posparto (n=2181)
Rinde al peine (%)	57,1	53,7	62,6	57,3
Diámetro de fibras (mic)	20,0	20,0	19,9	19,9
Largo de mecha (mm)	85	91	85	88
Resistencia a la tracción (N/ktex)	28,6	22,1	33,8	26,4

Tabla 8. Resultados de análisis de fardos (core test) de lanas vellón en lotes comerciales de zafras 2000/2001 a 2004/2005.

Fuente: Mueller *et al.* (2013).

aporta anualmente unos 4,6 millones de USD (tabla 9) con el actual nivel de adopción.

Para estimar la producción adicional de corderos usamos la misma estadística de SENASA (2013) según la cual, en las tres provincias, la cantidad de ovejas es de 4.451.898. Asumiendo nuevamente que el 40% de esas ovejas se esquilan preparto y que esas ovejas señalan en promedio 10 puntos porcentuales más de corderos (por ejemplo 70 en lugar de 60% de señalada), entonces 1.780.759 ovejas producen 178.076 corderos adicionales (tabla 10).

Para adjudicar un valor económico a estos corderos se utilizan los precios al 20 de febrero de 2015 del IPyGP (2015). Los precios de corderos varían según su peso al gancho y según la región de comercialización. Un precio conservador es de 45 pesos/kg gancho. Considerando corderos de 11 kg al gancho y una paridad de 8,6 pesos/USD (paridad utilizada por el SIPyM en esa fecha) el valor del cordero es de 57,56 USD/cab, que multiplicado por el número de corderos adicionales indica que la esquila preparto aporta más de 10,2 millones de dólares anuales en términos de corderos adicionales (tabla 10), sin considerar un posible mayor peso al destete (venta) de corderos provenientes de las madres esquiladas preparto (Mueller, 1980).

El aporte económico total de la esquila preparto por cantidad y calidad de lana y corderos adicionales resultó en 14,9 millones de USD anuales, el 31% del beneficio se adjudicó a la mejora en calidad de lana (a pesar de la pequeña pérdida en cantidad) y el 69% a la mayor producción de corderos. Los principales supuestos en este resultado son el porcentaje de adopción de la esquila preparto, la mejora

de la sobrevivencia de corderos y el precio diferencial de lana Merino preparto. A los fines de discutir la relevancia de estos supuestos se realizó un análisis de sensibilidad de los resultados reduciendo el porcentaje de adopción de 40 a 30%, reduciendo la mejora de la sobrevivencia de corderos a la mitad (10 a 5%) y reduciendo el diferencial de precio de lana preparto también a la mitad (22,5 a 11,25%). Aplicando estos supuestos conservadores en forma independiente el beneficio de la esquila preparto se reduce aproximadamente en un tercio y aplicando los tres supuestos conservadores en simultáneo el beneficio debido a la esquila preparto en la producción de ovinos de las provincias de Río Negro, Chubut y Santa Cruz alcanza 4,7 millones de dólares anuales (figura 1).

DISCUSIÓN

La esquila de ovejas poco antes del parto y en pleno invierno fue una decisión audaz del productor que inicialmente introdujo la práctica a la Patagonia, pero las investigaciones que le sucedieron para evaluar beneficios y riesgos confirmaron las ventajas en términos de sobrevivencia y crecimiento de corderos si se toman determinadas precauciones en el manejo de los animales y la esquila misma. Los 10 puntos porcentuales de incremento de la producción de corderos observados experimentalmente (Mueller, 1980) concuerdan con los 12 puntos porcentuales de incremento observados por siete productores patagónicos (Borrelli, 2001) y con el promedio de resultados observados por ejemplo en Escocia (Falck *et al.*, 2002). La presente revisión indica que son varios los mecanismos

Parámetro	Parcial		Total		Diferencia
	Preparto 40%	Posparto 60%	Con adopción (40/60)	Sin adopción (0/100)	
Total ovinos a esquila (n)	2.374.953	3.562.429	5.937.382	5.937.382	0
Producción de lana (kg)	9.939.177	16.030.930	25.970.107	26.718.217	-748.110
Valor lana (USD)	37.868.263	49.856.192	87.724.455	83.093.654	4.630.801

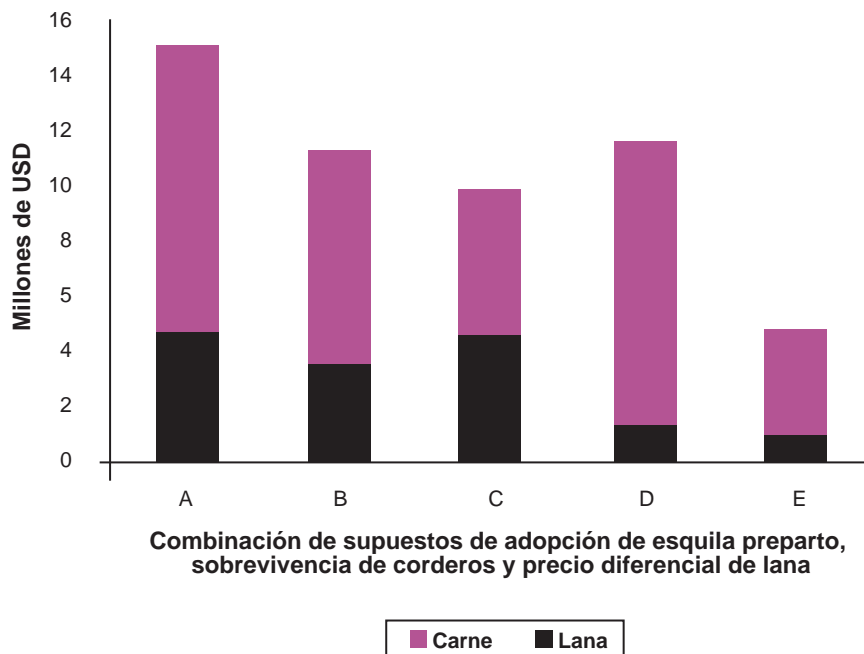
Tabla 9. Impacto económico de la esquila preparto en términos de cantidad y calidad de lana adicional.

Supuestos: Ovinos esquilados preparto 40% del total; Peso de vellón preparto=4,185 kg y posparto=4,5 kg; Precio de lana preparto=3,81 USD/kg barrer y posparto=3,11 USD/kg barrer.

Parámetro	Parcial		Total		Diferencia
	Preparto 40%	Posparto 60%	Con adopción (40/60)	Sin adopción (40/60)	
Total ovejas a servicio (n)	1.780.759	2.671.139	4.451.898	4.451.898	0
Producción de corderos (n)	1.246.531	1.602.683	2.849.215	2.671.139	178.076
Valor cordero (USD)	71.748.031	92.247.468	163.995.498	153.745.780	10.249.719

Tabla 10. Impacto económico de la esquila preparto en términos de corderos adicionales.

Supuestos: Ovinos esquilados preparto 40% del total; Producción de corderos preparto=70% y posparto=60%; Precio del cordero=57,56 USD/cabeza.



Combinación de supuestos de adopción de esquila preparto, sobrevivencia de corderos y precio diferencial de lana

■ Carne ■ Lana

Figura 1. Contribución de la carne y la lana al beneficio económico generado por la esquila preparto con diferentes supuestos. Supuesto A: 40% de adopción, 70% frente a 60% de señalada, 3,81 frente a 3,11 USD/kg de lana preparto. Supuesto B: igual a A, pero 30% de adopción. Supuesto C: igual a A, pero 65% frente a 60% de señalada. Supuesto D: igual a A, pero 3,55 frente a 3,11 USD/kg de lana. Supuesto E: B, C y D en simultáneo.

biológicos que, encadenados, determinan la mayor sobrevivencia de corderos nacidos de ovejas esquiladas preparto. La menor protección contra el frío en ovejas esquiladas incrementa la concentración plasmática de glucosa materna mejorando la nutrición fetal y aumentando el peso al nacimiento (Vipond *et al.*, 1987; Cueto *et al.*, 2002). Los mayores pesos al nacimiento reducen la superficie específica y consiguiente pérdida de calor del cordero expuesto al frío. Esos corderos encuentran con más facilidad los pezones de sus madres y estas buscan reparo protegiendo al propio cordero (Barrera y González, 1985).

Las investigaciones en Patagonia también demostraron ventajas en la calidad de lana esquilada preparto tanto en términos de rendimiento al lavado como en términos de resistencia a la tracción (Mueller *et al.*, 2013). Estos resultados se explican por las características climáticas de la región y el perfil de diámetros de fibra típicos (Sacchero y Elvira, 2015). Estudios recientes indican que los extremos de fibra en las bobinas (tops) de lana esquilada preparto son más finos que en bobinas de lana posparto, con lo cual se reduce el efecto de picazón en prendas confeccionadas con ese tipo de lanas (Sacchero y Elvira, 2015). El mercado premia las lanas preparto con mayores precios, en particular en el segmento de las lanas más finas (SIPyM, 2015). Por ello también la esquila preparto suele ser necesaria en establecimientos que producen lana superfina (Mueller *et al.*, 2005). A estas características de interés textil se suman otros aspectos de la lana esquilada preparto que normalmente no se reflejan en el precio, pero pueden ser relevantes para productores o industrias particulares.

Por ejemplo, lanas preparto pueden reducir significativamente los costos de comercialización (envases, flete) y los costos de industrialización (espacio de depósito, mano de obra, desgaste de maquinaria).

La adopción de la esquila preparto se estima en el 40% de los ovinos de las provincias de Río Negro, Chubut y Santa Cruz y queda la tarea de superar las limitaciones de infraestructura, logística y conocimientos que impiden incrementar ese nivel de adopción. De todos modos, la esquila preparto es un ejemplo de tecnología estudiada, adaptada y transferida que genera sustanciales beneficios a la producción ovina de la Patagonia.

AGRADECIMIENTOS

A Marcela Cueto y a Mario Elvira por sus sugerencias de mejora al texto y a Otto Bittermann y Vernon Hughes por sus contribuciones a la historia de la esquila preparto.

BIBLIOGRAFÍA

- BARRERA, E.; GONZÁLEZ, R. 1985. Efecto de la esquila preparto sobre el comportamiento durante la parición de ovejas Merino en la Patagonia. Com. Tec. INTA EEA Bariloche N.º PA 2, 6 pp.
- BLACK, H.; CHESTNUTT, D. 1990. Influence of shearing regime and grass silage quality on the performance of pregnant ewes. Anim. Prod. 51, 573-582.
- BORRELLI, P. 2001. Capítulo 9: Esquila preparto, p. 203-208. En: BORRELLI, P.; OLIVA, G. (Eds.). Ganadería sustentable en la Patagonia austral. INTA Regional Patagonia Sur, 269 pp.

- CUETO, M.; GIBBONS, A.; GIRAUDO, C. 1995. Efecto de la esquila preparto y alimentación materna sobre el peso al nacimiento de corderos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 15, 1006-1008.
- CUETO, M.; GIBBONS, A.; GIRAUDO, C.; SOMLO, R.; TADDEO, H. 1996. Efecto de la alimentación y esquila preparto sobre el peso y longitud de gestación de corderos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 16, 195-201.
- CUETO, M.; GIBBONS, A.; WOLFF, M.; TADDEO, H.; GONZALEZ, R. 1994. Influence of prelambling shearing on gestation length and birthweight of Merino lambs. *Proc. IV World Merino Conf. Montevideo, Uruguay, Uruguayan Wool Secretariat*, 270 pp.
- CUETO, M.; GIBBONS, A.; GIRAUDO, C.; TADDEO, H.; BALSAMO, N.; PITTAU, A. 2002. Efecto de la esquila y nivel nutricional pre parto sobre la concentración materna de glucosa y cortisol. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 22 (Sup. 1), 73-74.
- DABIRI, N. 1994. The effects of pre-lamb shearing on feed intake, metabolism and productivity of sheep. PhD Thesis. Massey University, 182 pp.
- DABIRI, N.; MORRIS, S.T.; PARKER, W.J.; MCCUTCHEON, S.N.; WICKHAM, G.A. 1995. Productivity and cold resistance in ewes pre-lamb shorn by standard or cover comb. *Aust. J. Agric. Res.* 46, 721-732.
- DE GEA, G. 2007. El ganado lanar en la Argentina. Segunda Edición. Universidad de Río Cuarto, 280 pp.
- DYRMUNDSSON, O.R. 1991. Shearing time of sheep with special reference to conditions in northern Europe: A review. *Icel. Agr. Sci.* 5, 39-46.
- ELVIRA, M.G.; JACOB, M.; TADDEO, H.R.; SACCHERO, D.M. 2006. Informe de la calidad de lanas en las provincias argentinas durante el periodo 1995 a 2005. INTA-Prolana, 45 pp.
- FALCK, S.J.; CARSTENS, G.E.; WALDRON, D.F. 2002. Effects of prenatal shearing of ewes on birth weight and neonatal survivability of Lambs. *Sheep & Goat Res. J.* 17, 14-20.
- GONZÁLEZ, R. 1985. Esquila preparto. *Rev. Presencia INTA Bariloche.* Año 1 N.º 2, 28-31.
- GONZÁLEZ, R.; BARRERA, E. 1985. Efecto de la esquila anticipada (fin de septiembre) sobre la cantidad y calidad de la lana y la ganancia de peso en borregas y capones Merino Australiano en la Patagonia. *Com. Tec. INTA EEA Bariloche N.º PA 5*, 5 pp.
- GONZÁLEZ, R.; BARRERA, E.; IWAN, L.G. 1988. Efecto de la esquila preparto sobre la cantidad y calidad de la lana de ovejas Merino Australiana en la Patagonia. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 8, 137-141.
- IPyGP. 2015. Informe de precios de carne y ganado de Patagonia. N.º 11. INTA.
- IRAZOQUI, H.; GIGLIOLI, C. 1984. Pre-lambing shearing grass wind – breaks and lamb mortality. *World Rev. Anim. Prod.* 20, 72-76.
- JEFFERIES, B.C. 1961. Body composition scoring and its use in management. *Tasmanian J. Agric.* 32, 19-21.
- KRIEGER, D.; LLOYD, C. 1975. Influencia de la protección y la esquila pre-parto sobre la mortalidad del cordero recién nacido. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad de Mar del Plata.
- LÓPEZ ESCRIBANO, H.; IWAN, L. 1981. Efecto de la esquila pre-parto en la sobrevivencia y crecimiento de corderos. *Prod. Anim.* 7, 550-555.
- LYNCH, G.M. 2012. Efecto de la esquila preparto sobre la mortalidad neonatal en ovinos. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur, 108 pp.
- LYNCH, J.; ALEXANDER, G. 1976. The effect of gramineous windbreaks on behaviour and lamb mortality amongst shorn and unshorn sheep during lambing. *Appl. Anim. Eth.* 2, 305-325.
- MORRIS, S.T.; KENYON, P.R.; BURNHAM, D.L.; MCCUTCHEON, S.N. 1999. The influence of pre-lamb shearing on lamb birthweight and survival. *Proc. New Zealand Grassland Assoc.* 61, 95-98.
- MUELLER, J.P. 1980. El efecto de cuadro de parición y esquila preparto sobre la supervivencia y crecimiento de corderos Merino Australiano en Patagonia. En *Memorias I Jornadas Técnicas de Actualización en Producción Animal. Viedma, Río Negro, 3-5 de septiembre. Consejo de Tecnología Agropecuaria de la Provincia de Río Negro*, 137-143 pp.
- MUELLER, J.P.; SACCHERO, D.M.; DUGA, L. 2005. Interacción genotipo ambiente sobre la producción de lana superfina en la Patagonia. 2. Calidad de lana. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 25, 143-152.
- MUELLER, J.P.; ELVIRA, M.G.; SACCHERO, D.M. 2013. Animal fibers in Argentina: production and research. 6th Symposium on South American Camelids and 2nd European meeting on Fiber Animals, (Ed. D. Allain), En: 64th EAAP Annual meeting, Session 43, Nantes, France, 25-30 August. http://old.eaap.org/Previous_Annual_Meetings/2013Nantes/Papers/Published/S43_12.pdf (verificado 28 de junio de 2015).
- POLANCO, V. 2005. Efecto de la fecha de esquila sobre características de interés comercial en lanas finas. Tesis de Grado. Cátedra de Ovinos. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires, 49 pp.
- SACCHERO, D.M.; ELVIRA, M.G. 2015. Influencia de la esquila preparto en el procesamiento de la lana Merino. En: MUELLER, J.P.; CUETO, M.I.; ROBLES, C.R. (Eds.) *Actualización en Producción Ovina 2015*. Ediciones INTA Bariloche, 113-132 pp.
- SACCHERO, D.M.; WILLEMS, P.; MUELLER, J.P. 2010. Perfiles de diámetro de fibra en lanas preparto de ovejas Merino. 1. Estudio comparativo de líneas genéticas. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 30, 31-42.
- SENSA. 2013. <http://www.senasa.gov.ar/indicadores.php?in=1> (verificado 28 de junio de 2015).
- SIPyM. 2015. Mercado de lanas. Semana 36. INTA – Prolana, <http://www.prolana.gov.ar> (verificado 28 de junio de 2015).
- VIPOND, J.E.; KING, M.E.; INGLIS, D.M.; HUNTER, E.A. 1987. The effect of winter shearing of housed pregnant ewes on food intake and animal performance. *Anim. Prod.* 45, 211-221.
- WEBSTER, M.; LYNCH, J. 1966. Some physiological and behavioral consequences of shearing. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 6, 234-239.

Caracterización socio-productiva de la situación postceniza del área de Comallo (Río Negro)

MUZI, M.E.¹; LOSARDO, P.G.²

RESUMEN

El área de influencia del Municipio de Comallo se ubica en el departamento Pilcaniyeu, provincia de Río Negro. La principal actividad productiva es la ganadería extensiva ovina y caprina. La zona atravesó un proceso de sequía al cual se suma la afectación por ceniza volcánica por la erupción del volcán Puyehue en junio de 2011. Considerando la importancia de dimensionar y visualizar la situación del sector, el objetivo de trabajo consiste en realizar una caracterización socio-productiva postceniza de los productores del área de influencia del Municipio de Comallo. Se partió de un análisis estadístico descriptivo del padrón de productores del Municipio de Comallo (2013). Se elaboró un dispositivo metodológico basado en entrevistas semiestructuradas a productores agropecuarios seleccionados al azar en cantidades proporcionales en relación con el total de productores en cada paraje. Se consideraron dos acontecimientos climático-naturales como puntos de lectura: la nevada de 1984 y las cenizas de 2011. Entre los principales resultados en el período 1984-2013 se observó una disminución del stock de animales menores del 78% y de los miembros de las familias que habitan en el campo del 91% al 43% representando la compleja dinámica campo-pueblo. El 87% de los casos son productores que no pueden vivir exclusivamente de la actividad productiva predial y un 70% no cubren el autoconsumo de carne, por lo que deben recurrir a otras estrategias. Sin embargo, hay un permanente movimiento poblacional campo-pueblo. El 64% de los hogares agropecuarios perciben asignaciones estatales, el 82% son pensiones jubilatorias. El vínculo campo-pueblo, la franja etaria de 20 a 65 años como sujetos de políticas estatales, el repoblamiento de los campos, entre otros, son cuestiones a tener en cuenta a la hora de definir políticas públicas.

Palabras clave: pequeños productores, ceniza, sequía, autoconsumo, políticas públicas.

ABSTRACT

The Municipality of Comallo is located in the department of Pilcaniyeu, Río Negro province. The main productive activity is the extensive ranching sheep and goat. This area suffered a drought process and the effects caused by the eruption of Puyehue volcano in June 2011. The aim is to make a socio-productive characterization after the ash in the area of influence of the Comallo Municipality. A descriptive analysis of the producers register of Comallo (2013) was performed. A methodological device based on semi-structured interviews randomly selected in proportionate amounts related to the total number of producers in each small rural location of farmers was developed. Two natural climate events such as reading points: snowfall in 1984 and the ashes of 2011 were considered. The main results in the period 1984-2013 denote a decrease in the small animals stock of the 78% with a proportion of residents living in the farm of 91% to 43%, representing the dynamic rela-

¹INTA (IPAF- Región Patagonia), Alberdi 61, Plottier, Neuquén, Argentina. Correo electrónico: muzi.eugenia@inta.gob.ar

²Secretaría de Agricultura Familiar, San Martín 615, Bariloche, Río Negro, Argentina. Correo electrónico: plosardo@hotmail.com

tionship farm-village. The 87% is represented by producers who cannot live exclusively of the farm productive activity and a 70% cannot afford the self-consumption of meat, so they must resort to other survival strategies. However, there is a permanent moving of population farm-village in search of educational, employment alternatives and health. The 64% of farm households receive state appropriations and the 82% are retirement pensions. The farm-village relation, the age group of 20-65 years as state policy subjects, the repopulation of the farms, among others, is issues to consider when defining public policies.

Keywords: small farmers, ash, drought, self-consumption, public policies.

INTRODUCCIÓN

La localidad de Comallo está ubicada en la provincia de Río Negro, departamento Pilcaniyeu, sobre la ruta nacional 23, a 110 km al este de Bariloche. El municipio tiene como área de influencia el paraje de Comallo y aledaños, Pilquiniyeu del Limay, Laguna Blanca, Blancura Centro (ubicada en el departamento de Pilcaniyeu y en El Cuy), Mencué y Naupa Huen (ambos en el departamento del El Cuy). Forma parte de la meseta patagónica y se caracteriza por su escasa población rural distribuida en pequeñas localidades y parajes menores de 2000 habitantes.

El clima es semiárido frío con un promedio de precipitaciones anuales de 237 mm. (EASDALE, M.H. *et. al.*, 2011). La zona atravesó un proceso de ocho años de sequía que se inició en el año 2005-2006, al que se le sumó la afectación por ceniza volcánica por la erupción del cordón Cautín-Puyehue en junio 2011. Según el análisis socio-productivo elaborado por INTA- EEA Bariloche, el 91% de los productores son familiares de pequeña escala (minifundistas)¹ y poseen el 43% de los animales (ovinos, bovinos y caprinos) (INTA, 2011). El Comité de Emergencia (COEM) evaluó la mortandad de animales hacia fines del 2011, cuyo promedio resultó de 50% (EASDALE, M.H. *et. al.*, 2011).

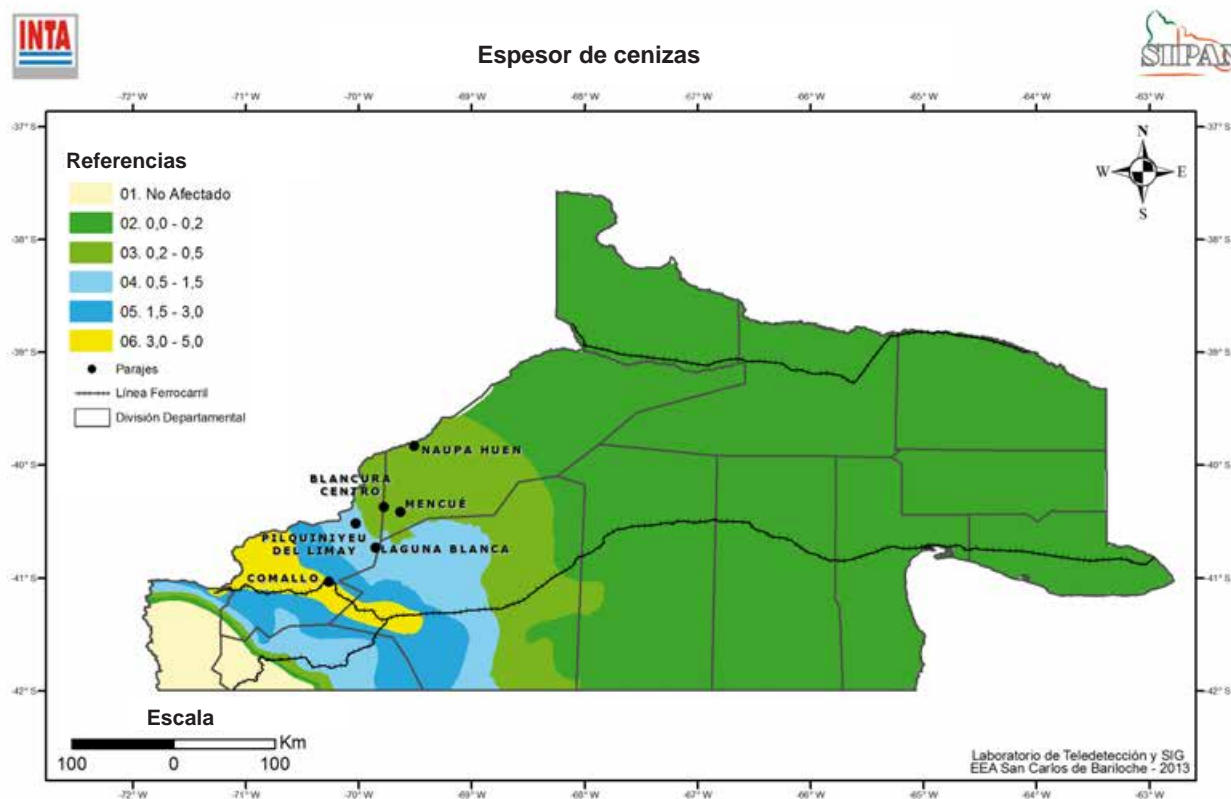


Figura 1. Detalle del nivel de afectación de cenizas por paraje

Fuente: Laboratorio de Teledetección y SIG. EEA San Carlos de Bariloche (2013)

¹Caracteriza a los productores en minifundistas, familiares capitalizados, empresariales. La fuente de datos es el SENASA, CNA 2002 y Ley Caprina.

Las cenizas caídas con la erupción del volcán impactaron diferencialmente en los distintos parajes del área de influencia del Municipio de Comallo.

Durante el año 2012 se produjeron una serie de aluviones que afectaron principalmente la zona aledaña al ejido de Comallo. Asimismo, en enero del 2013 las tormentas afectaron a los parajes de Pilquiniyeu del Limay, Blancura Centro y algunas zonas de Comallo, siendo perjudicados en menor medida los parajes de Laguna Blanca y Mengué.

Frente a esta situación, el Municipio de Comallo, la Subsecretaría de Agricultura Familiar (SSAF) y el Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Pequeña Agricultura Familiar de la Región Patagonia (IPAF) consideraron de importancia dimensionar y visualizar la situación del sector que se caracteriza por el considerable emplazamiento de pequeños productores.

Considerando la tipología de pequeño productor (PP) propuesta por Obschatko *et al.*, 2007, el "PP" se caracteriza por: trabajar directamente en la explotación, no emplear trabajadores no familiares remunerados permanentes, no tener la explotación como forma jurídica la "sociedad anónima" o "en comandita por acciones". Tiene en cuenta un límite físico para la explotación productiva que puede realizar el PP con su trabajo directo, el de su familia y el del personal contratado transitoriamente. En el caso de la región patagónica se considera de 5000 ha el límite de la explotación, 200 ha de superficie cultivada y hasta 500 Unidades Ganaderas (UG)² (Obschatko *et al.*, 2007: 33).

A los pequeños productores se los clasifica en 3 tipos según la cantidad de UG, las ha implantadas y el nivel de pobreza:

- PP Tipo 1: estrato superior de PP familiar capitalizado que puede evolucionar (reproducción ampliada de su sistema de producción). No presenta rasgos de pobreza. Los criterios de corte de los indicadores son: de 100 a 500 UG y más de ½ ha implantada con frutales (Obschatko *et al.*, 2007: 36).

- PP Tipo 2: estrato intermedio de PP familiar (los llamados campesinos) que posee una escasez de recursos (tierra, capital, etc.) que solamente le permite la reproducción simple (mantenerse en la actividad) y presenta algunos rasgos de pobreza por falta de acceso a servicios sociales básicos. Los criterios de corte de los indicadores son: entre 51 y 100 UG y hasta ½ ha implantada con frutales (Obschatko *et al.*, 2007: 36).
- PP Tipo 3: estrato inferior de PP familiar, cuya dotación de recursos no le permite vivir exclusivamente de su explotación y mantenerse en la actividad, por lo que debe recurrir a otras estrategias de supervivencia. Posee acentuadas condiciones de pobreza. Los criterios de corte de los indicadores son: hasta 50 UG y no poseer superficie implantada con frutales (Obschatko *et al.*, 2007: 36). Aquí se introduce implícitamente el concepto de pluriactividad. En muchos casos, la explotación es el lugar de residencia, pero no el medio de vida, el cual se obtiene de trabajos generalmente fuera de ella.

Bajo este marco, el objetivo de la presente investigación consiste en realizar una caracterización socio-productiva de la situación postceniza de los productores del área de influencia del Municipio de Comallo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el diseño de la investigación se partió del relevamiento realizado por el Municipio de Comallo en el 2013. El objetivo consistió en registrar y actualizar la cantidad de animales que tienen los productores y la situación de tenencia de la tierra. Del total de los 719 productores (Municipio de Comallo, 2014) se relevaron 662 (92%).

Se seleccionaron 31 productores distribuidos porcentualmente en función del total de cada paraje. Se realizó una selección aleatoria de titulares y la misma cantidad de "suplentes" como "reserva" para los casos en que se necesitara realizar algún reemplazo. Para el diseño de la

Paraje	Cant. Total	% sobre el total	Muestra	% sobre la muestra	Nivel de cenizas (mm)
Blancura Centro	57	9%	3	9%	0,2-0,5
Mengué	169	25%	8	25%	0,2-0,5
Nahupa Huen	75	11%	3	11%	0,2-0,5
Laguna Blanca	103	16%	5	16%	0,5-1,5
Pilquiniyeu del Limay	62	9%	3	9%	0,5-1,5
Comallo	196	30%	9	30%	3,0-5,0
Total	662	100%	31		

Tabla 1. Selección de productores por paraje. Detalle de la distribución de productores seleccionado por parajes.

Fuente: Elaboración propia según datos del padrón municipal (2013)

²Equivalencias: 1 UG = 1 bovino = 5 ovinos = 5 caprinos = 2 llamas.

investigación también se tuvieron en cuenta los niveles de afectación de las cenizas en cada paraje.

Para la recolección de información se elaboró un protocolo de entrevista semiestructurada con el objetivo de obtener datos sociales y productivos correspondientes a dos momentos históricos marcados por eventos climático-naturales: la nevada de 1984 y la ceniza de 2011/12.

El procesamiento de las entrevistas semiestructuradas implicó un análisis tanto cuantitativo como cualitativo.

RESULTADOS

Caracterización estructural de uso y tenencia de la tierra según el padrón de productores (2013)

Siguiendo los criterios de clasificación del PROINDER 2007, el 97% de los productores del padrón municipal pertenecen al estrato de PP, ya que tienen menos de 5000 ha y ninguno llega a tener 500 UG. No se registraron productores con superficie implantada con frutales, por lo tanto, el criterio de diferenciación para la tipología de PP se concentra solamente en la cantidad de UG que cada uno

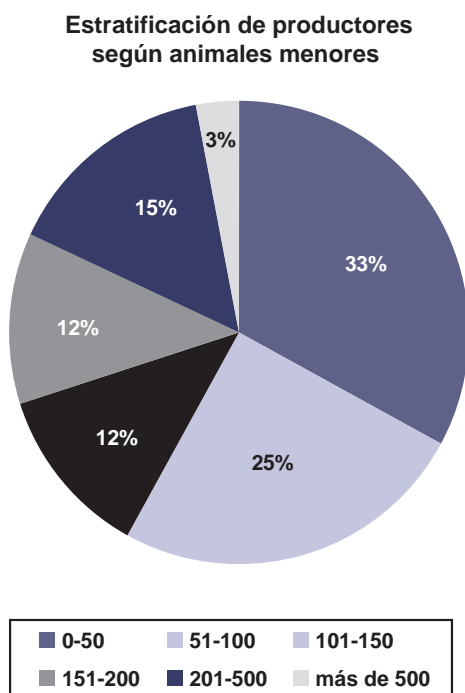


Figura 2. Estratificación de productores según animales menores. Caracterización detallada en función de las ugm por rangos: 0-50; 51-100; 101-150; 151-200; 201-500 y más de 500.

Fuente: Elaboración propia según datos del padrón municipal (2013)

posee. De ello resulta que el 87% de los PP (tipo 3) tienen una dotación de recursos que no les permite vivir exclusivamente de la actividad productiva. El 10% de los PP (tipo 2) solamente puede garantizar su reproducción simple (mantenerse en la actividad). El 3% restante (tipo 1), podría evolucionar teniendo una reproducción ampliada de su sistema de producción.

Las instituciones de desarrollo que intervienen en la región clasifican a los productores en función de estratos definidos por la cantidad unidades ganaderas menores (ugm) (ovinos y caprinos) que poseen.

El promedio general de ganado menor por productor es de 162 animales. Sin embargo, si analizamos los estratos, el que mayor participación tiene es el que corresponde a productores con menos de 50 ugm, siguiéndole en importancia aquellos que tienen entre 50 y 100.

El consumo de carne estimado que garantiza la reproducción social para una familia tipo (4 personas) requiere de 40 ugm por año. Para poder lograr esa cantidad, con los índices reproductivos promedio de hatos y majadas (señalada de 55-60%), se hace necesario contar con 150 animales menores³ (100-120 madres). Por lo tanto, el 70% de los productores no llega a tener 150 ugm, y no cubriría sus propias necesidades de consumo (Pérez Centeno, 2007).

En Comallo, Laguna Blanca, Blancura Centro y Naupa Huen, más del 70% de los productores no alcanzan a criar la cantidad necesaria de animales para satisfacer el autoconsumo, implicando la dependencia de fuentes externas de provisión de carne para la alimentación del hogar. En Pilquiniyeu del Limay los estratos son más homogéneos, resaltando el de 151 a 200 ugm con un 26%. De los pocos productores con más de 500 animales Mengué condensa la mayor cantidad (6%), y es el paraje donde hay mayor cantidad de estancias (5) que abarcan el 70% aproximado de su superficie.

Tenencia de la tierra

Se consideraron tres situaciones vinculadas a la tenencia de la tierra: propiedad, comunitaria y tenencia precaria⁴. El 56% de los productores de la zona tienen un vínculo de tenencia precaria con los campos en los que habitan y producen. El 21% corresponden a tierras de posesión comunitaria y está representado por los parajes de Pilquiniyeu del Limay y Blancura Centro. El 23% restante corresponde a tierras en propiedad. Retomando la definición de PP de PROINDER, ningún caso tiene la figura de "sociedad anónima" ni "en comandita por acciones".

El 80% de los campos en propiedad y la mayoría de casos de tenencia precaria (39%) están en el paraje de Comallo donde el padrón de productores es mayor y más heterogéneo del resto. Sin embargo, al indagar en los por-

³Son 30 ugm en valores de PROINDER.

⁴Esta categoría incluye: Permiso precario (de ocupación), certificado de tierras, convenio de deslinde, liquidación de canon y mensura.

Tenencia	Blancura Centro	Comallo	Laguna Blanca	Naupa Huen	Pilquiniyeu del Limay
Precaria	20%	54%	81%	89%	15%
Propiedad	0%	44%	13%	11%	2%
Comunitaria	80%	2%	6%	0%	83%

Tabla 2. Tenencia de la tierra por paraje. Detalle de tipo de tenencia por paraje.

Fuente: Elaboración propia según datos del padrón municipal (2013)⁵

centajes que integran Laguna Blanca y Naupa Huen, la tenencia precaria es el vínculo que casi la totalidad de los productores tienen con la tierra.

Análisis de las entrevistas semiestructuradas

Situación productiva de los entrevistados

De la muestra seleccionada, el 93% (26 casos) corresponde al PP Tipo 3, mientras que el 7% restante (2 casos en el paraje de Mengué) al PP Tipo 2. Las 2 entrevistas del paraje de Naupa Huen no se han realizado por cuestiones climáticas.

El 14% de los entrevistados tienen menos de 50 ugm y se encuentran todos en Comallo, que es además el paraje con mayor nivel de afectación de cenizas. El estrato más numeroso dentro de la muestra (32%) es el que tiene entre 51 y 100 ugm y los encontramos dispersos en todos los parajes. Los productores que tienen entre 101 y 150 ugm representan un 11% y están todos en Mengué. Si consideramos 150 animales como el umbral de satisfacción de las necesidades nutricionales, el 57% de los productores de la muestra no alcanza esa condición.

El porcentaje restante se distribuye entre los productores que tienen entre 151 y 200 (22%); y entre 201 y 500 ugm (21%), cuya mayoría encontramos en Mengué. Ningún productor de la muestra supera actualmente los 500 animales.

A pesar de la disminución del stock total de ovinos y caprinos, algunos parajes han recuperado cierta cantidad de animales en el último período.

Los parajes que representan mayores pérdidas en el período inicial de las cenizas fueron Comallo, Pilquiniyeu del Limay y Laguna Blanca, lo cual se corresponde con el nivel de afectación.

Comallo registra el mayor porcentaje de pérdida de stock (78%). A ello es necesario añadirle los aluviones que afectaron fuertemente a la zona en el año 2012 y las tormentas de enero de 2013. El stock promedio de los nueve casos estudiados en el 2013 era de 87 animales, mientras que antes de la nevada era de 726, es decir, que el stock actual representa el 12% del stock de los mismos productores en 1984. Al considerar los cambios de stock del 2011-2013, es llamativa la disminución tardía

Paraje	Previo nevada 1984 (a)	Desp. nevada 1944 (b)	Variación 1984 (a-b)	Previo cenizas 2011 (c)	Desp. cenizas 2011 (d)	Variación 2011/12 (c-d)	2013 (e)	Variación 2011-2013 (c-e)	Nivel afectación cenizas (mm)
Blancura Centro	1300	1314	1%	630	370	-41%	518	-18%	0,2-0,5
Mengué	4680	2892	-38%	3682	1890	-49%	1415	-62%	0,2-0,5
Pilquiniyeu del Limay	1580	940	-41%	1355	471	-65%	366	-73%	0,5-1,5
Laguna Blanca	2970	2095	-29%	1660	792	-52%	674	-59%	0,5-1,5
Comallo	6536	2740	-58%	3431	769	-78%	789	-77%	3,0-5,0
Total	17066	9981	-42%	10758	4292	-60%	3762	-65%	

Tabla 3. Variación de animales menores por paraje. Detalle de la variación de ugm por período: antes y después de la nevada de 1984, antes y después de las cenizas de 2011, antes de las cenizas al 2013.

Fuente: Elaboración propia según el material de trabajo de campo 2013.

⁵Mengué no figura debido a que en dicho paraje no fue relevada la variable "Tenencia de la tierra".

en Mengué (62%). Tratándose de un paraje con bajo nivel de afectación (0,2-0,5 mm), podría explicarse debido al agravamiento por la sequía, dadas las condiciones agroecológicas del paraje (alto y frío), o por tratarse de majadas mayores donde su cuidado pudo ser más complejo. La misma tendencia puede observarse en Pilquiniyeu del Limay (donde además impactaron las tormentas de enero de 2013) y en Laguna Blanca; ambos con un nivel medio de afectación (0,5-1,5 mm).

En el caso de Blancura Centro la pérdida inicial por cenizas (2011-2012) representa una recuperación del 14% en el 2013. Asociamos esto a majadas y hatos pequeños cuyo cuidado pudo hacerse más detalladamente. Si lo comparamos con Mengué, aun considerando que el nivel de afectación es el mismo, Blancura Centro es un paraje con zonas más bajas y sectores más cálidos.

La cantidad promedio del total de animales por productor previo a la nevada de 1984 era de 610, previo a la ceniza era de 384, y actualmente es de 134. Estos datos indican una disminución del stock del 78% en la totalidad del período 1984-2013 y una disminución del 65% considerando el período 2011-2013.

Residencia

En el año 1984, el 91% de los miembros que componían la unidad doméstica residían en el campo y el 9% restante vivía en el pueblo. Antes de la erupción del volcán en 2011 la cantidad de miembros de las unidades domésticas residiendo en el campo desciende al 48%, y luego de las cenizas (2013) al 43%. El promedio de individuos por hogar residiendo en el campo en 1984 era de 5 personas y pasó a ser de 2 individuos desde 2011 al 2013. Sin embargo, el promedio de individuos totales por unidad doméstica (residiendo en el campo y en el pueblo) se redujo de 5 personas en 1984 a 4 personas en el 2013.

Según los datos relevados, parte de este movimiento poblacional son mujeres y niños que, a pesar de seguir formando parte de la misma unidad doméstica, deciden trasladarse a vivir al pueblo para garantizar la educación de sus hijos, dado que no hay escuelas en la zona rural dispersa.

Trabajo

La pérdida de trabajo predial se asocia de algún modo a la disminución del stock ganadero y de personas que habitan en el hogar agropecuario.

En general, el trabajo predial con los animales es desarrollado por hombres adultos; el promedio de integrantes por hogar que reside en el campo es de 2 individuos, este se corresponde con la permanencia de hombres adultos en el predio para trabajar/cuidar la majada, que suele ser con algún hijo/a o esposa/o. En el año 2013, el promedio etario de los jefes/as de familia era de 56 años.

Como consecuencia de la disminución del stock ganadero disminuye el empleo temporario, el cual generalmente se vincula a faenas rurales, principalmente la esquila.

El aumento del trabajo extrapredial permanente suele ser desarrollado por quienes habitan en el pueblo. Algunos tienen almacén, otros trabajan en el Municipio, pero la mayoría trabajan en la escuela como porteros/as, en la limpieza, como cocinero/a o auxiliar.

Aportes del Estado

El 64% de la muestra de los hogares agropecuarios perciben asignaciones estatales: el 82% de estos está representado por pensiones jubilatorias, el 11% a la niñez⁶ y el 7% restante pensiones por fallecimiento.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El universo relevado por la municipalidad (662/719) demuestra que a pesar de la mención de eventos climáticos adversos, el 92% de los productores tiene vínculo con su unidad productiva y su territorio. Sin embargo, existe un movimiento poblacional permanente entre el campo y el pueblo en búsqueda de alternativas laborales y educativas, representado en el 57% de los productores que no fueron encontrados en los campos a la hora de realizar las entrevistas. De modo que a la hora de planear estrategias de intervención pública es necesario tener en cuenta esta compleja relación campo-pueblo, expresando la diversidad de actividades y expectativas que estas presentan.

	Trabajo Predial			Trabajo extrapredial permanente			Trabajo extrapredial temporario		
	1984	2011-12	2013	1984	2011-12	2013	1984	2011-12	2013
Promedio por hogar	4,1	1,9	1,7	0,3	0,5	0,6	0,8	0,7	0,6

Tabla 4. Tipo de trabajo por hogar. Promedio de miembros de la unidad doméstica (residentes en el campo y en el pueblo) con los diferentes tipos de trabajo

Fuente: Elaboración propia según el material de trabajo de campo 2013.

⁶Asignación Universal por Hijo y Madre 7 hijos.

En función del stock ganadero disponible se puede concluir que el 87% de los productores tienen una dotación de recursos que no les permite vivir exclusivamente de la actividad productiva por lo que deben recurrir a otras estrategias de supervivencia, ya sea a través del trabajo extrapredial de algún miembro de la familia, la posibilidad de la articulación campo-pueblo y los aportes que reciben del Estado.

Se ha señalado que el 64% de los hogares perciben aportes estatales y el 82% corresponde a pensiones jubilatorias, indicando una política que no fortalece directamente al arraigo rural de quienes están en edad de realizar trabajos prediales (20-65 años). Los ingresos familiares se refuerzan mediante ingresos extraprediales que se obtienen principalmente de las personas en edad laboral en áreas urbanas de proximidad. Pensar una política pública formulada en función de la permanencia predial y del trabajo productivo destinada a dicha franja etaria podría ser una herramienta que estimule el fortalecimiento del sistema productivo, el arraigo campesino y el recambio generacional en los campos.

El análisis de los datos indica una disminución del stock de animales menores del 78% en el período 1984-2013. La pérdida del stock de animales y la disminución de la población campesina aparecen vinculadas. Por lo tanto, recomponer las economías prediales repoblando los campos es un dato central en el arraigo campesino. Sin embargo, se considera necesario revisar el enfoque de esa producción ganadera en función de las necesidades del sector campesino, de la zona y la región, garantizando el autoconsumo de alimentos (carne) y reorientando los excedentes hacia el abastecimiento del mercado interno.

Al comparar los datos previos a la nevada de 1984 y el stock previo a la ceniza, la disminución del stock es del 37%, es decir, luego de 30 años no ha llegado a recuperarse. Para interpretar esto se deben contemplar otros aspectos del modelo productivo que hace cuestionar sobre las especies criadas y las razas promovidas para la región, mejoradas en cuanto a fibra, pero debilitadas en cuanto a rusticidad y prolificidad y enfocadas al mercado externo. Asimismo, es necesario tener en cuenta los problemas económicos derivados de la especialización productiva (producción de fibra vinculada al modelo agroexportador) en contraposición con una economía que garantice la seguridad alimentaria de sus habitantes. El abandono de campos de grandes y medianos productores por caída de la rentabilidad trajo dos consecuencias que devienen en pérdida de ingresos para las familias campesinas. Por un lado, la proliferación de predadores debido a la liberación de zonas antes ocupadas y, por otro, la disminución de ingresos extraprediales (changas agropecuarias) vinculados al trabajo temporal en campos con mayor dotación de animales. De

este proceso resulta una combinación entre la disminución del stock ganadero, la pérdida de empleo agropecuario extrapredial y la pérdida de población campesina.

En síntesis, estos datos indican situaciones altamente contradictorias. Por un lado, poblaciones campesinas productoras de alimento con cientos y miles de hectáreas, largos procesos que conllevan al despoblamiento rural asociado a la pérdida de stock y, consecuentemente, a un quiebre de la principal estrategia de supervivencia del sector campesino. Por otro lado, un alto vínculo con la tierra y presencia en los campos de la población que migra. Estos datos merecen alguna reflexión de lo realizado en los últimos 30 años vinculado a la intervención estatal y al asesoramiento técnico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de Marcelo Pérez Centeno, José Luis Zubizarreta y María Rosa Lanari, a los productores de Comallo y la financiación del proyecto AEEES-302451 (INTA).

BIBLIOGRAFÍA

EASDALE, M.H.; VILLAGRA, S.; BIDINOST, F.; PERALTA, C. 2011. Estado de situación y propuesta de acción para la producción ganadera afectada por la sequía y la ceniza volcánica en la Provincia de Río Negro. Grupo de Sistemas de Producción y Territorios. Área de Desarrollo Rural. INTA EEA Bariloche (<http://sipan.inta.gov.ar/bibliografia/pdf/21.PDF>, verificado 06 de octubre de 2014).

INTA 2011. Análisis económico-productivo de la región afectada por la caída de cenizas del cordón Caulle-Puyehue, en la provincia de Río Negro (2011a). Centro Regional Patagonia Norte, EEA Valle Inferior y EEA Bariloche. <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/MSEAySACDP/file/AnalisisEconomico.pdf> (verificado 03 de octubre de 2014).

MUNICIPALIDAD DE COMALLO. Documento interno de trabajo 2014. Río Negro.

OBSCHATKO, E.; FORTI, M.P. y ROMÁN M. 2007. Los pequeños productores en la República Argentina. Importancia en la producción agropecuaria y en el empleo en base al censo Nacional Agropecuario 2002. Serie Estudios e Investigaciones, N.º 10, DDA, SAGPyA, PROINDER. Buenos Aires.

PÉREZ CENTENO, M. 2007. Transformaciones de las estrategias sociales y productivas de los crianceros trashumantes de la provincia de Neuquén y sus relaciones con las intervenciones de desarrollo. Tesis doctoral. INTA. Université Toulouse le Mirail. Solicitud de pensión no contributiva-Pensión por madre de siete o más hijos. Ministerio de Desarrollo Social de la Nación. Presidencia de la Nación. <http://www.desarrollosocial.gob.ar/Uploads/i1/Tramites/Tr%C3%A1mite%20Pensi%C3%B3n%20a%20madre%20de%207%20o%20C3%A1s%20hijos.pdf> (verificado 16 de septiembre de 2014).

Sistemas de cultivo alternativos desarrollados por productores en el sudeste de la provincia de Buenos Aires

SALEMBIER, C.¹; ELVERDIN, J.²; MEYNARD, J.M.³

RESUMEN

El proceso de expansión de la soja (denominado sojización) en la pampa argentina ha tenido como consecuencia la especialización de numerosas explotaciones agrícolas en el cultivo de soja. Sin embargo, muchos actores del sector agrícola cuestionan la sustentabilidad de los sistemas especializados en ese cultivo. Aun así, cabe preguntarse si las afirmaciones que se hacen sobre la sojización consideran la diversidad de los sistemas de cultivo practicados en las explotaciones agrícolas pampeanas. Este artículo presenta los resultados de un trabajo que se realizó con el fin de identificar y analizar sistemas de cultivo alternativos desarrollados por productores en el partido de Balcarce. El trabajo se dividió en cuatro etapas: (i) caracterización de un sistema predominante basado en el cultivo de soja en la zona de estudio, (ii) identificación de productores que practican sistemas de cultivo alternativos, (iii) descripción y análisis de los distintos sistemas, (iv) evaluación agroambiental y económica de esos sistemas. Se identificaron sistemas alternativos en el partido de Balcarce con prácticas agrícolas distintas de las del sistema predominante. Los sistemas alternativos son caracterizados por rotaciones largas y diversificadas, la combinación de siembra directa y labranza mínima, el uso limitado de plaguicidas, etc. La evaluación reveló que dichos sistemas podían tener mejores resultados agroambientales que el sistema predominante, lo cual nos permitió identificar algunas líneas y preguntas para futuras investigaciones agronómicas.

Palabras clave: innovaciones del terreno, evaluación multicriterio, partido de Balcarce, sistema de cultivo, sojización, sustentabilidad agrícola.

ABSTRACT

The cropping systems of the Argentine Pampas are characterized by the predominance of the soybean crop in the rotation, including in some cases, soybean monoculture. This rose concerns about the sustainability of the production practices. These considerations, however, may neglect the actual diversity of the cropping systems practiced in the Pampas. This article identifies and analyzes alternative cropping systems developed by farmers of the Balcarce County. The research has four main parts: (i) characterization of a predominant system based on the soybean crop, (ii) identification of farmers that undertake alternative cropping systems, (iii) description and analysis of the different systems, and (iv) agro-environmental and economic assessment of these systems. Alternative cropping systems with practices contrasting with those typical of the most common system were identified. The alternative systems exhibit longer and more diverse crop rotations, the combination,

¹INRA, Sciences pour l'Action et le Développement, UE0411 Domaine Expérimental Alénya Roussillon, Mas Blanc, 66200 Alénya, Francia. Correo electrónico: chloe.salembier@supagro.inra.fr

²INTA, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, Laboratorio AGRITERRIS. Casilla de correo 276, Balcarce, Argentina (7620). Correo electrónico: elverdin.julio@inta.gob.ar

³INRA, Sciences pour l'Action et le Développement, UMR SAD-APT, 16, rue Claude Bernard 75231 Paris Cedex, France. Correo electrónico: meynard@grignon.inra.fr

in the rotation, of direct seeding and minimum tillage, limited use of pesticides, etc. The assessment revealed that alternative cropping systems could have better agro-environmental results than the most common system based on the soybean crop. These findings allowed the identification of future agronomic research lines.

Keywords: *On-field innovations, multicriteria assessment, Balcarce County, cropping system, soybeanization, farming sustainability*

INTRODUCCIÓN

El fenómeno conocido actualmente como «sojización de las pampas» consiste en un aumento constante, iniciado en los años noventa, de la superficie destinada cada primavera-verano a la producción de soja en el conjunto de las zonas de cultivo. La sojización generalmente se describe como un proceso de uniformización de las prácticas agrícolas en un territorio determinado. La hegemonía de la soja en el territorio de La Pampa no es casual. El cultivo de soja ofrece muchas ventajas a los productores, tanto desde el punto de vista agronómico como económico u organizativo. En las Pampas, el cultivo forma parte de un paquete tecnológico (soja RR + siembra directa + glifosato); su plasticidad permite cultivarla en entornos edafológicos y climáticos muy diversos (terrenos inclinados, de baja capacidad para la producción agrícola) (Andrade y Sadras, 2002), con una presencia casi nula de malezas en el inicio de su inserción durante su ciclo (uso del glifosato) y una reducción de los problemas de erosión y evaporación del suelo, debido a la siembra directa (Castilla, 2013). El paquete tecnológico es muy sencillo de utilizar y permite ahorrar tiempo. La soja actualmente se exporta a un mercado internacional en plena expansión y representa una forma de cultivo poco arriesgada, tanto a nivel comercial como de producción (INTA, 2011). Esas ventajas han originado que, desde los años noventa, numerosas explotaciones hayan ido especializándose en ese cultivo, que se ha convertido en el cultivo principal de las rotaciones y suele sembrarse cada año en las mismas parcelas agrícolas (INTA, 2011).

Desde hace varios años, asociaciones (p. ej., la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa -Aapresid-), investigadores, asesores agrícolas e incluso productores ponen en duda la sustentabilidad (tanto desde el punto de vista medioambiental como social) de los sistemas de cultivo especializados en la soja. A partir de los años noventa, la expansión del cultivo de soja y la simplificación de las labores agrícolas provocaron un incremento de los flujos migratorios hacia las ciudades (proceso iniciado a principios del siglo xx) contribuyendo también a la pérdida de conocimientos propios de la agricultura tradicional local (Hernández, 2009; Hernández, 2007; Albaladejo, 2011, Chaxel *et al.*, 2011). La expansión del monocultivo, o cuasi-monocultivos de soja, ha dado lugar a una homogeneización del paisaje con efectos negativos para la diversidad de la fauna local y los servicios ecosistémicos ligados a la biodiversidad (Benton *et al.*, 2003; Carreño y Viglizzo, 2010). Además contribuyó a aumentar el riesgo de desa-

rollo de plagas y enfermedades en todo el territorio. La simplificación de las prácticas agrícolas lleva asociado el uso repetido del glifosato, que generó la tolerancia de algunas malezas a este herbicida (como, por ejemplo, *Amaranthus sp.*, *Avena fatua L.*, *Lolium sp.* o incluso *Sorghum halepense*. Vila-Aiub, M. M. *et al.*, 2008), lo cual provoca que el productor tenga que recurrir a la utilización de herbicidas adicionales (Caviglia *et al.*, 2004). La expansión de los campos de cereales y plantas oleaginosas en áreas seminaturales, asociada a técnicas de cultivo con un uso intensivo de insumos, aumenta las emisiones de gases de efecto invernadero (Carreño *et al.*, 2010) y contribuye a la contaminación de las aguas subterráneas (Aparicio *et al.*, 2008). En lo que respecta al suelo, los residuos de soja no aportan suficiente cantidad de carbono orgánico. Hay estudios que demuestran que, a medio plazo, en el caso del monocultivo o de los sistemas basados esencialmente en la soja, el nivel de humus en el suelo disminuye, aun en sistemas de siembra directa (Studdert y Echeverría, 2000; Studdert *et al.*, 2009; Zazo *et al.*, 2011).

Sin embargo, es necesario preguntarse si las afirmaciones que se hacen sobre la sojización pasan por alto la diversidad de los sistemas de cultivo (SC) desarrollados en las explotaciones agrícolas pampeanas. El trabajo que se presenta en este artículo se basa en la hipótesis de que existen, en las Pampas, productores que han desarrollado métodos de producción que tienen mejor comportamiento ambiental, que el del sistema predominante. El objetivo de la investigación es identificar, describir y evaluar, a partir de criterios económicos, agronómicos y medioambientales, los sistemas de cultivo alternativos desarrollados por los productores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de la zona de estudio

El trabajo de investigación se llevó a cabo entre 2012 y 2013 en el partido de Balcarce, situado en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. Ese distrito se caracteriza por presentar actividades agrícolas diversificadas. Actualmente se observan explotaciones de policultivo, explotaciones mixtas, o especializadas en la papa. Sin embargo, desde hace dos décadas, en el partido de Balcarce, siguiendo la tendencia nacional, la soja ha ido ganando protagonismo año tras año en el conjunto de las superficies de cultivo, siendo del 4,7% de la superficie sembrada en la campaña 1992/1993, 13,5% en 2002/2003, llegando al 53% en 2012/2013 (SIIA, 2015).

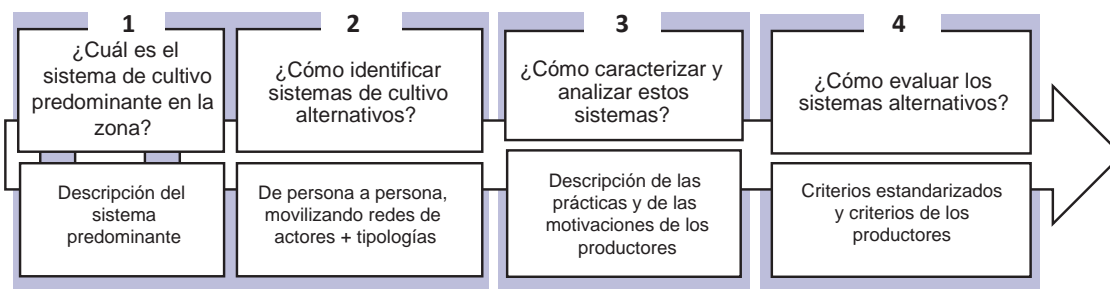


Figura 1. Esquema recapitulativo de las etapas del trabajo.

Metodología de identificación, caracterización y evaluación de sistemas de cultivo alternativos desarrollados por productores

La metodología utilizada en este trabajo se basó en 4 etapas (figura 1): (1) caracterización del sistema de cultivo basado en soja (llamado «sistema de cultivo predominante» o SC0); (2) identificación de productores que utilizan sistemas de cultivo alternativos; (3) caracterización de los sistemas de cultivo y de su estrategia agronómica; (4) evaluación de los sistemas de cultivo alternativos a partir de criterios económico, agronómicos y medioambientales, comparándolos con el sistema de cultivo predominante.

- **Etapa 1:** a través de entrevistas semidirigidas, tres asesores, un contratista, dos productores y dos investigadores describieron en los mismos términos el sistema de cultivo que, según ellos, ocupa la mayor parte de la superficie agrícola del partido de Balcarce. Ese sistema de cultivo se basa en rotaciones de dos años con siembra de soja cada año en la misma parcela agrícola. Este sistema de cultivo se utilizó después como «referencia» para identificar sistemas de cultivo alternativos.
- **Etapa 2:** a través de asesores agrícolas (privados, así como del INTA y del CREA), investigadores del INTA y agricultores, se identificaron productores que se consideraban apropiados para realizar el estudio (21 explotaciones).
- **Etapa 3:** una vez identificados los productores, se realizó la descripción (mediante entrevistas semidirigidas) de los sistemas de cultivo «alternativos»: desde la rotación de cultivos a las prácticas de cultivo por especie. Las entrevistas se centraron en (i) la lista de prácticas de los sistemas de cultivo y (ii) los factores que motivaron a los productores a aplicar dichas prácticas (¿qué tipo de rotación de cultivos realizan?; ¿qué técnicas emplean para cada cultivo?; ¿por qué motivo utilizan esas prácticas?). Los sistemas de cultivo alternativos se agruparon por tipos en función de su estrategia agronómica (lazo entre prácticas agrícolas y motivaciones). La elaboración de un Análisis de Componentes Principales (ACP) a partir de las prácticas más representativas de las estrategias agronómicas de los sistemas permitió confirmar estadísticamente las agrupaciones.

- **Etapa 4:** el objetivo de la evaluación fue comparar los resultados de los sistemas alternativos entre sí y con el sistema de cultivo predominante. Los indicadores escogidos para realizar el trabajo (tabla 1) se corresponden con los criterios que utilizaron los productores encuestados para evaluar sus prácticas (criterios presentados cuando explicaban sus motivaciones) y con otros criterios de evaluación complementarios para determinar la sustentabilidad agroambiental de los sistemas de cultivo.

RESULTADOS

Descripción de la estrategia agronómica del sistema predominante y de los sistemas de cultivo alternativos desarrollados por productores

El sistema de cultivo predominante, que los distintos participantes encuestados en el partido de Balcarce describieron entre 2012 y 2013, se caracteriza por una rotación de una duración de dos años con tres cultivos distintos: soja de ciclo largo durante el primer año (de noviembre a mayo), un cereal en el segundo año (trigo y, recientemente mayor participación de cebada; en función de los precios del mercado) y soja de segunda (de finales de diciembre-principios de enero a mayo-junio).

Todas las investigaciones coinciden al constatar que la estrategia agronómica de este sistema se basa en el objetivo de conseguir una rentabilidad económica elevada a corto plazo. Esto se consigue (i) utilizando un capital mínimo (destinado principalmente al alquiler de las tierras, las prestaciones de servicios de contratistas o encargados de campo y los insumos) y (ii) previniendo cualquier riesgo que exponga la producción mediante la utilización sistemática de insumos químicos para obtener una productividad satisfactoria. Además, los dos productores encuestados señalaron que también buscan optimizar el uso del suelo (limitar los períodos de barbecho con soja de segunda).

A diferencia de los del sistema predominante, los productores que ponen en práctica los veintidós sistemas de cultivo alternativos identificados señalaron que gestionan su actividad productiva con una visión de negocio a medio y largo plazo (principalmente, porque cultivan sus propias

Indicador	Descripción, cálculo e interpretación
Indicador de aumento de malezas tolerantes al glifosato	La información de este indicador cualitativo fue recopilada durante las entrevistas con los productores. Los sistemas de cultivo se clasificaron en tres categorías en función de la tolerancia identificada en las parcelas por los agricultores: i) ninguna tolerancia identificada en los campos por el agricultor (Nota=1); ii) tolerancia que no afecta las técnicas de cultivo (Nota=2); iii) tolerancia perjudicial según el agricultor y utilización de herbicidas adicionales (ingredientes activos distintos del glifosato) (Nota=3). Esta información proviene tanto de observaciones del agricultor en su campo como de lo que le diagnostica el asesor con el cual trabaja.
Indicador de frecuencia de tratamientos (IFT) (Brunet <i>et al</i> , 2007)	El IFT refleja el uso de productos fitosanitarios y la «dependencia» que tienen los agricultores de esos productos. Para calcular el IFT, se tuvo en cuenta el conjunto de años de rotación (cultivos extensivos y praderas). $IFT \text{ parcela} = \sum t [(DA/DHt) \times PPT]$ donde <i>DA</i> es la dosis aplicada, <i>DH</i> la dosis homologada por la guía de productos fitosanitarios (CASAFE, 2007), <i>PPT</i> la ratio superficie tratada/superficie total de la parcela y <i>t</i> el tipo de tratamiento. Para el cultivo de papa (el «papero» alquila la misma parcelas cada 5 años), se utilizaron técnicas de cultivo basadas en las descripciones de dos productores y un técnico del INTA.
Indicador de evolución del carbono orgánico en el suelo (COS, kg C/ha)	El COS se calculó con el programa SIMEOS-AMG, desarrollado por Agro-Transfert Ressource et Territoire y el INRA (Duparque <i>et al.</i> , 2011). Esta aplicación permite simular la evolución del carbono orgánico en el suelo de una parcela, para un sistema de cultivo determinado. Los cálculos se basan en los trabajos realizados por Andriulo <i>et al.</i> , (1999) en Argentina y Francia.
Indicadores de volatilización de NH ₃ , emisión de N ₂ O, lixiviación de NO ₃ y consumo energético	Estos indicadores permiten evaluar la carga de nitrógeno y el consumo energético de una parcela para un sistema de cultivo determinado. Se calculan con el programa CRITER, a través del método INDIGO (Bockstaller y Girardin, 2008), para el conjunto de la rotación.
Valor agregado bruto (VAB en \$) de cultivos extensivos	El VAB es la diferencia entre la producción bruta y los gastos. Los gastos incluyen los costos ligados a los insumos y la mano de obra (contratistas, Mesa de Asesores CREA de Mar y Sierras). Para el cálculo, se utilizaron (i) los rendimientos medios por cultivo proporcionados por los productores (en las entrevistas), y (ii) los precios de venta de las producciones y de los productos y servicios (medias interanuales de los precios de 2003 a 2013, precios proporcionados por el programa Agroseries (AACREA). En el caso de las rotaciones que incluyen cultivos forrajeros anuales de 3 a 4 meses, el producto bruto correspondiente a ese período se calculó a partir (i) del peso promedio de la carne por hectárea en el caso de la producción de carne (avena = 135 kg/ha, raigrás italiano = 220 kg/ha, sorgo = 216 kg/ha) y (ii) de la media interanual de los precios de venta del kilo de carne (de 2003 a 2013). El VAB se considera un indicador económico que proporciona información sobre el valor agregado generado por hectárea a corto plazo. En el caso de las rotaciones que incluyen praderas plurianuales, el cálculo solo se realizó para los años correspondientes a los cultivos extensivos. El valor agregado generado por las praderas entra dentro de una lógica de gestión a medio-largo plazo de la ganadería y del conjunto de la explotación. Por eso, resulta difícil compararlo con los VAB de los cultivos anuales, obtenidos a nivel de parcela, que forman parte de estrategias comerciales a corto plazo.
Rendimiento de la inversión (RI en \$/\$)	El RI es la relación entre el VAB y los gastos para un sistema de cultivo determinado. Se utilizaron los mismos datos que en el cálculo del VAB. En el caso de las rotaciones que incluyen praderas plurianuales, el cálculo solo se realizó basándose en los años de cultivos extensivos (no se tuvieron en cuenta los años de cultivo de papa, cuyo valor agregado bruto se obtiene a partir del alquiler de las tierras).
Indicador de riesgo (%)	Es el coeficiente de variación calculado a partir de las variaciones interanuales de los precios y de los rendimientos correspondientes a un cultivo de la rotación (a excepción de las praderas plurianuales) para un sistema determinado. Este indicador se calculó con el programa RISK (http://www.palisade.com/risk/). Se tomaron como referencia las variaciones de precios y rendimientos del AACREA para el distrito de Balcarce.
Indicador de optimización del uso del suelo (%)	Porcentaje de suelo ocupado por cultivos (cereales, oleaginosas, forrajes) o praderas durante el año. Este indicador refleja el nivel de intensificación en el uso del suelo.

Tabla 1. Lista de los indicadores utilizados para evaluar los sistemas de cultivo, descripciones de su significado y modalidades de cálculo e interpretación.

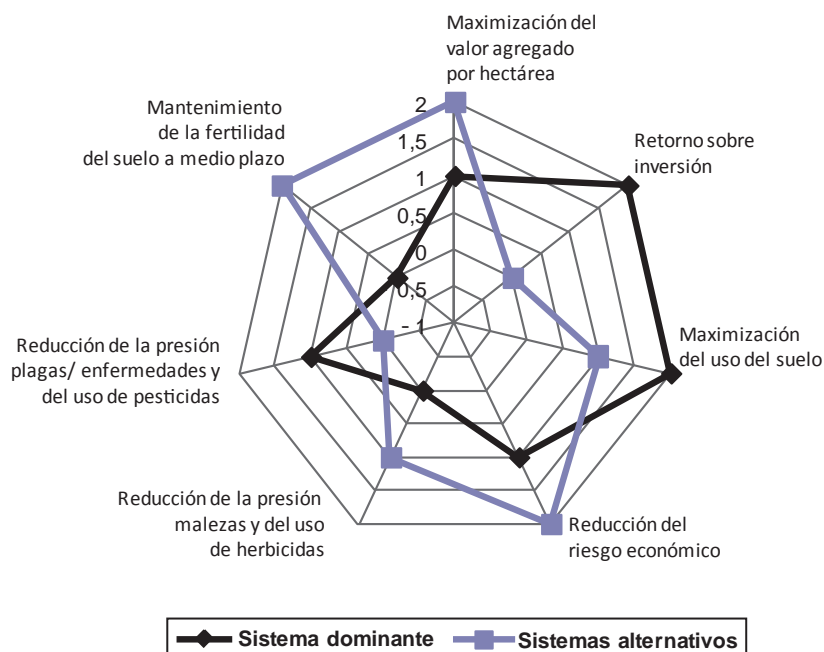


Figura 2. Criterios de evaluación mencionados por los productores que desarrollan el sistema predominante (curva negra) y por los productores que desarrollan los sistemas de cultivo alternativos (curva gris).

tierras). A la hora de explicar las motivaciones que los han conducido a poner en práctica dichos sistemas de cultivo alternativos, los productores mencionaron otros criterios además de la rentabilidad económica a corto plazo (figura 2). Esos criterios específicos hacen referencia a rendimientos económicos y agroambientales.

La tabla 2 presenta las principales características agronómicas de los veintidós sistemas de cultivo alternativos. Se clasificaron en cinco tipos en función de la estrategia agronómica (similitudes entre los sistemas utilizados y criterios de evaluación mencionados por los productores). Por otro lado, la tabla 3 reúne las principales rotaciones de cultivo identificadas.

El tipo 1 (SC del 1 al 3) engloba sistemas de cultivo similares al sistema predominante, con rotaciones más diversificadas (de 3 años de media), pero utilizan insumos (plaguicidas y fertilizantes) de manera intensiva. La siembra directa y la aplicación sistemática de plaguicidas permiten ganar tiempo y simplificar las labores, ya que se considera que las observaciones de campo requieren demasiado tiempo. En dos de las tres parcelas del tipo 1 se riega regularmente el maíz y la soja.

El tipo 2 (SC del 4 al 9) se caracteriza por rotaciones largas y diversificadas (4 años de media), con una incorporación ocasional de colza, girasol, maíz, trigo o cebada. La soja se siembra con menos frecuencia que en el sistema predominante y el tipo 1. Los productores afirman que los motivos por los que diversifican las rotaciones son:

La disminución de los riesgos sanitarios en las parcelas y reducción del uso de plaguicidas. Se refieren sobre todo a las malezas. Por ese motivo intentan alternar distintos principios activos. Para ellos, es muy importante no contribuir al desarrollo de poblaciones tolerantes al glifosato.

El mantenimiento de la fertilidad de los suelos a medio plazo mediante el cultivo de cereales (trigo, cebada y maíz), cuyos residuos orgánicos tienen una relación C/N elevada y permiten conservar los niveles de humus.

La diversificación de las especies o las variedades, así como de las vías de comercialización, con el fin de repartir los riesgos (ligados al mercado o a la producción).

La distribución de las cargas de trabajo entre varias especies durante el año. Algunos intentan escalonar las fechas de siembra de la soja de segunda para disminuir los riesgos climáticos y la siembran después de la colza, el trigo y la cebada.

Todos los sistemas de cultivo del tipo 2 son utilizados por propietarios que asumen la gestión de la actividad productiva y dan mucha importancia al hecho de mantener la fertilidad del suelo a medio plazo.

Los tipos 3 (SC del 10 al 15) y 5 (SC del 19 al 22) son practicados en explotaciones mixtas (agricultura y ganadería) por productores que se ocupan de la actividad productiva. En el tipo 3 las rotaciones son cortas (de 2 a 3 años) y la soja de segunda es sustituida por un verdeo (raigrás o

avena). Los animales consumen directamente el verdeo o se cosecha para conservarlo. Los verdeos no requieren un uso elevado de insumos ni demasiado tiempo de trabajo. Por eso, los productores lo consideran una producción complementaria, como en el caso de la soja de segunda, ya que puede compensar una mala cosecha del cultivo anterior. Por otro lado, algunos integran el verdeo como una manera de tener una cubierta vegetal permanente en las parcelas (mantenimiento de la estructura del suelo y reducción de la erosión). Esos sistemas de cultivo (tipo 3) utilizan algunas técnicas, poco comunes ni conocidas: (i) labranza mínima en determinados años para descompactar el suelo pisoteado por los animales durante el pastoreo del verdeo (p. ej.: arado, rastra de discos), (ii) control mecánico de malezas o incluso, en el caso de un productor, (iii) pasar una henificadora para voltear la cubierta vegetal y favorecer la eliminación de algunas plagas (p. ej., el bicho bolita, la babosa, semilla de malezas), que los pájaros comen. La integración de esos cultivos en la rotación, junto con las observaciones recurrentes realizadas por los productores y la labranza ocasional, permite reducir el uso de plaguicidas (que se utilizan más como curativos que preventivos).

En el tipo 4 (SC del 16 al 18), la rotación es más extensa y se diversifica utilizando maíz, trigo, cebada, colza, avena, además de recurrir al cultivo periódico (cada cinco años) de la papa. La tierra se remueve antes y después de cultivar la papa. El propietario alquila las tierras a una tercera persona por un período de un año. El papero se ocupa de todo el proceso: desde la plantación hasta la cosecha. Esta opción ofrece a los productores una renta anual fija, así como un cultivo suplementario para diversificar las rotaciones, lo cual reduce la aparición de plagas y enfermedades en los cultivos. Como el nivel de fertilizantes empleados en el cultivo de la papa es muy elevado, y con el fin de reducir el riesgo de una mala valorización del saldo de nitrógeno, algunos productores dividen el terreno dedicado a la papa para sembrar especies distintas al año siguiente. Debido al uso de labranzas y la prolongación de la rotación, la utilización del glifosato se reduce, pero las exigencias de la papa hacen que la media de los fitosanitarios (fungicidas e insecticidas) utilizados en la rotación siga siendo elevada.

En el tipo 5 (SC del 19 al 22), la rotación de grandes cultivos es relativamente diversificada (cereales y oleaginosas) y se interrumpe periódicamente para incorporar praderas plurianuales durante un período de 2 a 5 años. Según los productores, estas praderas (cultivos de gramíneas y leguminosas) tienen el doble propósito de (i) proporcionar forrajes al ganado durante todo el año y (ii) conservar la fertilidad (química, física y biológica) del suelo gracias a los aportes orgánicos de la pradera y a su función de cubierta vegetal que evita la erosión del suelo. La utilización puntual de la labranza (roturar la pastura para implantar después cultivos anuales), la diversidad de especies y la introducción de praderas plurianuales contribuyen a reducir el uso de plaguicidas (uso nulo algunos años).

A través del análisis de componentes principales (ACP) (figura 3) pudimos confirmar las similitudes entre los sis-

temas de cultivo que se habían agrupado por tipos. El eje CP1 separa los sistemas según la duración y la diversificación de las rotaciones, el uso de glifosato y el empleo de la labranza reducida; el eje CP2 distingue los sistemas en función del uso de plaguicidas (herbicidas no incluidos) y la incorporación de la papa o de los verdeos en las rotaciones.

Resultados de la evaluación de los sistemas de cultivo alternativos y del sistema predominante

La tabla 4 ilustra los resultados de la evaluación multicriterio por tipo de sistemas de cultivo. No se han incluido los indicadores de volatilización de NH_3 , emisiones de N_2O , lixiviación de NO_3 y consumo energético ya que los resultados son bastante similares y relativamente bajos.

Evaluación económica

Los resultados del VAB y del RI son sensibles a las variaciones de rendimiento. Los datos utilizados para realizar los cálculos no proceden de mediciones precisas, sino que se han obtenido a partir de estimaciones de medias proporcionadas por los productores. Además, las medias se han elaborado a partir de muestras pequeñas. Por ese motivo, el análisis de la evaluación económica que proponemos a continuación presenta únicamente las tendencias generales.

El tipo 1 tiene el VAB más alto, mientras que los demás sistemas han conseguido resultados de VAB similares. Eso se debe a los elevados rendimientos del tipo 1, que han resultado favorecidos por la irrigación de algunos cultivos (maíz y soja de segunda en algunos casos). Los otros tipos alcanzaron resultados económicos similares de distintas maneras: (i) el sistema predominante se caracteriza por el uso del suelo más intensivo (optimización del uso del suelo) y cada año introduce la soja en la rotación, en un contexto de plena expansión del mercado de la soja (precios de venta elevados); (ii) los tipos 2, 3 y 5, que utilizan rotaciones largas y diversificadas, requieren de media un consumo de insumos más bajo; (iii) el tipo 4 recurre al cultivo de la papa (cada cinco años se integra en la rotación), que proporciona una renta anual fija y elevada (debido al alquiler de la tierra), y aporta nitrógeno al suelo para el cultivo siguiente (trigo, maíz o girasol).

En lo que respecta al rendimiento de la inversión, los tipos 3 y 5 han conseguido los mejores resultados, seguidos muy de cerca por el sistema predominante (SC0). El tipo 1 ha tenido el peor resultado. El tipo 3 incluye cada dos o tres años el cultivo de forrajes en la rotación que es poco dependiente de insumos (nivel bajo o nulo de plaguicidas y fertilizantes). En cuanto a los cultivos anuales del tipo 5 (sin incluir los años de praderas), es posible que la diversificación de cultivos y el uso de praderas aumenten la regulación biótica y la fertilidad del suelo, de ahí que los cultivos de la rotación no necesiten un uso elevado de insumos (plaguicidas y fertilizantes). Por el contrario, el resultado del tipo 1 está ligado a un nivel elevado de utilización de

		Duración de la rotación	N.º de cultivos durante un período de 5 años	N.º de especies durante un período de 5 años	Frecuencia de soja	N.º de aplicaciones de glifosato	N.º de aplicaciones de plaguicidas (herbicidas no incluidos)	Promedio sobre trigo-maíz kg N/ha	Utilización de labranza	Frecuencia de praderas	Frecuencia de verdeos	Frecuencia de papa	Frecuencia de colza
Tipo 1	SC0	2,0	7,5	2,5	1,0	4,0	2,0	75	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	SC1	3,0	7,5	2,5	0,8	4,0	3,0	126	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	SC2	3,0	6,7	3,5	0,7	4,0	3,7	126	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	SC3	4,0	7,5	4,0	0,8	4,3	3,0	126	1,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Tipo 2	SC4	5,0	7,0	3,5	0,8	3,8	0,0	97	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	SC5	4,0	7,5	4,0	0,8	3,3	1,5	110	2,0	0,0	0,0	0,0	0,3
	SC6	5,0	7,0	4,4	0,7	3,3	1,2	73	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	SC7	5,0	6,0	4,0	0,5	3,0	1,0	66	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	SC8	4,0	5,5	4,0	0,5	2,8	1,3	53	2,0	0,0	0,0	0,0	0,3
	SC9	3,0	5,0	4,0	0,3	2,5	1,8	75	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tipo 3	SC10	3,0	6,7	3,0	0,7	1,0	1,0	41	3,0	0,0	0,3	0,0	0,0
	SC11	2,0	7,5	3,5	0,5	2,0	0,0	91	2,0	0,0	0,5	0,0	0,0
	SC12	2,0	7,5	3,0	0,5	2,8	0,0	105	2,0	0,0	0,5	0,0	0,0
	SC13	2,0	7,5	3,5	0,5	2,0	0,0	80	2,0	0,0	0,5	0,0	0,0
	SC14	2,0	7,5	4,0	0,5	3,0	1,0	75	2,0	0,0	0,5	0,0	0,0
	SC15	2,0	7,5	5,0	0,4	2,7	1,8	75	2,0	0,0	0,3	0,0	0,3
Tipo 4	SC16	5,0	6,0	4,5	0,6	2,8	3,6	112	2,0	0,0	0,0	0,2	0,1
	SC17	5,0	6,5	5,0	0,3	1,6	4,2	92	2,0	0,0	0,1	0,2	0,0
	SC18	5,0	7,0	5,0	0,5	1,6	4,2	92	2,0	0,0	0,1	0,2	0,0
Tipo 5	SC19	5,0	5,0	4,0	0,2	0,8	0,2	78	3,0	0,4	0,2	0,0	0,0
	SC20	6,0	6,7	4,5	0,4	1,7	0,0	105	2,0	0,3	0,1	0,0	0,0
	SC21	9,0	5,5	4,0	0,4	1,7	0,4	92	2,0	0,4	0,2	0,0	0,0
	SC22	12,0	6,3	5,0	0,4	1,5	2,0	66	2,0	0,4	0,0	0,1	0,0

Tabla 2. Principales características de los veintidós sistemas de cultivo alternativos, agrupados en cinco grandes tipos. Se consideraron las características siguientes: duración de la rotación; número de cultivos sembrados en un período de cinco años (cultivos principales y secundarios); número de especies utilizadas en la rotación en un período de cinco años; frecuencia de soja en la rotación; promedio de aplicaciones de glifosato al año; promedio de aplicaciones de plaguicidas al año (herbicidas no incluidos); promedio de aplicaciones de nitrógeno sobre el cereal (trigo o maíz); labranza ocasional (1: siembra directa utilizada en todas las especies; 2: labranza mínima ocasional; 3: labranza ocasional); frecuencia de verdeos, papa y colza en la rotación.

insumos en las parcelas agrícolas (plaguicidas y fertilizantes). El SC0 tiene un RI bastante elevado, puesto que la soja se cultiva cada año en las parcelas y es menos dependiente de insumos (sobre todo, en cuanto a fertilizantes) que la mayoría de los cultivos de diversificación.

Si se exceptúa el tipo 4, que presenta una ventaja adicional, ya que cada cinco años percibe una renta procedente del alquiler de las tierras a un papero, los tipos 2, 3, y 5 presentan el nivel de riesgo más bajo. Eso demuestra que la diversificación de cultivos (cereales, oleaginosas y forra-

je) contribuye a disminuir el riesgo (tanto desde el punto de vista comercial como a nivel de la producción). Algunos productores, con el fin de limitar los riesgos y al mismo tiempo optimizar el uso del suelo, diversifican los cultivos antecesores y las fechas de siembra de soja de segunda (antecesores en los tipos 2, 3 y 4: colza, trigo y cebada). Al contrario de lo que se suele afirmar (INTA, 2011), el sistema predominante no parece el de menor riesgo. La soja de segunda (introducida cada dos años en la rotación para optimizar el uso del suelo, en el SC0 y el Tipo 1) es un cultivo

Rotaciones	
SC0	[S] / [T o C + SII]
Tipo 1	[S] / [T o C+SII] / [(T o C + SII) o G]
	[S] / [T o C + SII] / [M]
	[S] / [Co+SII] / [T o C + SII] / [M]
Tipo 2	[M] / [S] / [T o C + SII] / [S] / [S o (T o C + SII)]
	[G] / [Co + S] / [T o C + SII] / [M]
	[S] / [G] / [M] / [C + SII] / [G o M o S]
	[M] / [S] / [G] / [Co + SII]
	[M] / [S] / [G o M]
Tipo 3	[S] / [A + SII] / [M]
	[S] / [T o C + RG o A o RA].
	[C o Co + SII o A] / [G o M o S]
Tipo 4	[Pa] / [T + SII o M] / [S] / [T o Co + SII] o G] / [S]
	[Pa] / [M] / [S o G] / [(T o C + SII o A o RG] / [S o (T o C + SII)]
	[Pa] / [G] / [T o C + A o RG] / [S] / [T o C + SII]
Tipo 5	[M] / [S] / [A o So] / [P] / [P]
	[S] / [T o C + SII o RA o RG o A] / [S] / [T o C + P] / [P]
	[S] / [G] / [(T o C) + (A o RG o SII)] / [S] / [A + SII] / [P x4]
	[C +SII] / [S] / [T + SII] / [C + SII] / [M o T] / [S o P (x5)] / [Pa] / [M]

Tabla 3. Rotaciones identificadas en los distintos tipos de sistemas de cultivo. Descripción de las rotaciones: entre corchetes [...] se indican (i) la especie principal cultivada en un año determinado; (ii) la especie principal y una especie secundaria [... + ...], y (iii) distintas especies que pueden sustituirse entre sí [... o ...]. S: soja. T: trigo. C: cebada. Co: colza. G: girasol. SII: soja de segunda. M: maíz (granos, dulce o para producir semillas). RG: raigrás. A: avena. So: sorgo. P: pradera. Pa: papa. RA: rebrote del cultivo anterior (usado como forraje).

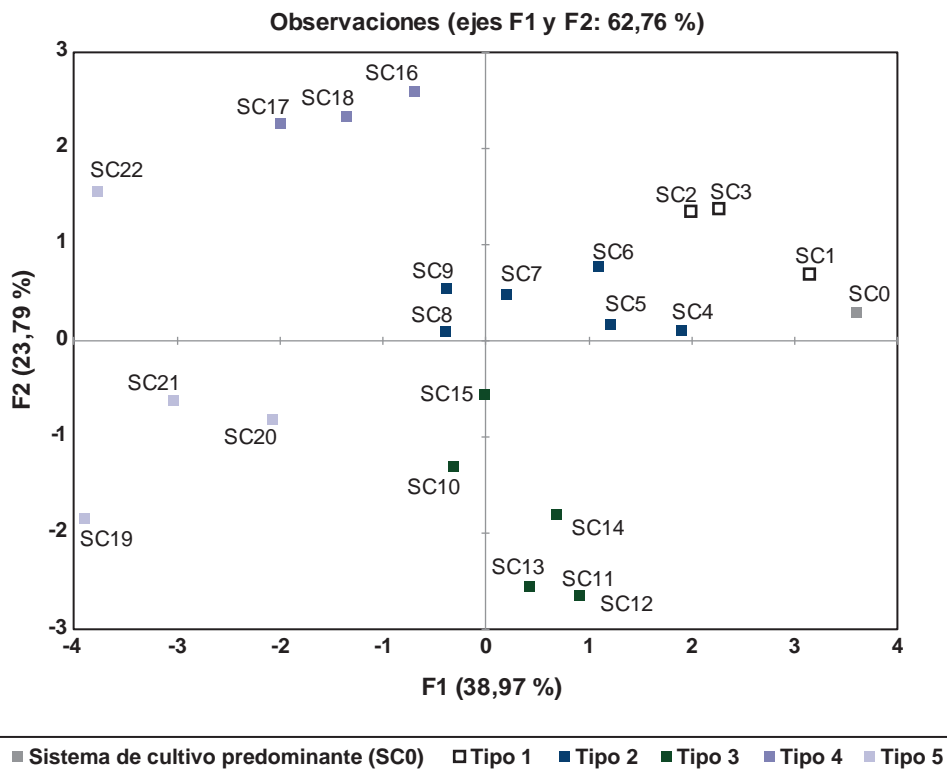


Figura 3. Observaciones proyectadas sobre el plano de los distintos tipos de sistemas de cultivo. Representación de los resultados del Análisis de Componentes Principales (ACP).

Indicadores	SC0	Tipo 1		Tipo 2		Tipo 3		Tipo 4		Tipo 5	
		Med	σ	Med	σ	Med	σ	Med	σ	Med	σ
Riesgo (%)	52,5	52,3	1,3	48,1	2,7	45,8	3,5	36,4	1,9	44,6	3,6
RI (\$/\$)	2,4	1,4	0,2	2	0,4	3	0,6	2,2	0,2	2,7	0,9
VAB (en cientos de \$)	7,5	8,4	2,9	7,3	1,4	7,8	1	7,2	0,8	7,6	2
Máx. uso del suelo (%)	79,2	77,3	2,1	68,4	7,4	77,8	2,8	68,1	3,8	79,2	6,2
COS (kg C/ha)	14,4	15,3	0,4	14,9	0,4	15,0	0,8	14,2	0,6	15,9	0,1
IFT	8,4	9,4	1,3	6,6	2,3	4,5	1,4	7,7	0,8	3	2
Tolerancia (NOTA)	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
Tolerancia (%)	100	0	100	40	50	83	0	33	0	50	0

Tabla 4. Resultados de los indicadores por tipo de sistemas de cultivo. Para seis indicadores, se aplicaron medias (Med.) y desviaciones estándar (σ), mientras que el indicador cualitativo «tolerancia» se expresó en porcentajes de notas iguales a 1 y 3. RI: retorno de la inversión. VAB: valor agregado bruto de cultivos extensivos (expresado en cientos de \$). Máx. uso del suelo: optimización del uso del suelo. COS: Indicador de carbono orgánico. IFT: indicador de frecuencia de tratamientos. Número de sistemas de cultivo por tipo: 3 SC (tipo 1); 6 SC (tipo 2); 6 SC (tipo 3); 3 SC (tipo 4); 4 SC (tipo 5).

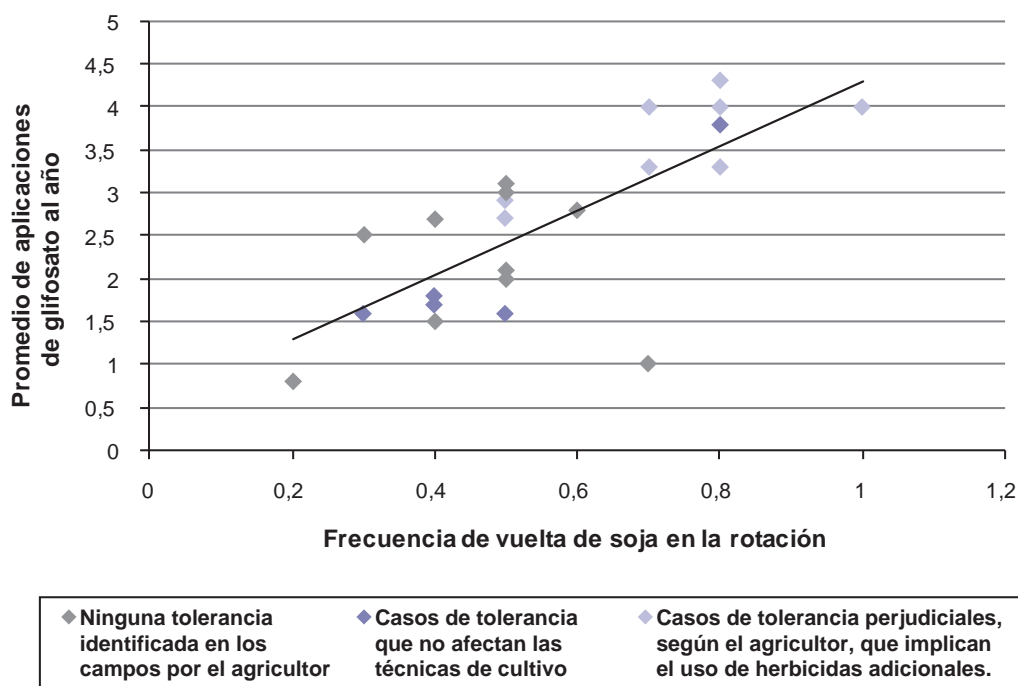


Figura 4. Relación entre la frecuencia de la soja en la rotación, el promedio anual de aplicaciones de glifosato y la presencia de malezas tolerantes (notas del 1 al 3). Se ha ajustado una recta de regresión lineal: $y=3,7768x + 0,5286$.

con riesgo. Esto se debe a que se siembra tarde, después de un cereal (cosecha de diciembre a principios de enero) y su rendimiento puede verse fuertemente afectado por las condiciones de humedad en el suelo y la caída de heladas a principios de otoño (finales de marzo). Aun así, la soja de segunda representa un costo reducido (generalmente no se fertiliza y solo requiere tres aplicaciones de glifosato durante

el ciclo), de ahí que se considere un «plus» que se obtiene después de sembrar un cereal, por su facilidad de manejo.

Evaluación agroambiental

Los resultados obtenidos muestran que el indicador de carbono orgánico (COS) es más elevado en los sistemas

de cultivo alternativos que en el sistema predominante. Debido a la diversificación de especies o a la inclusión de praderas plurianuales en la rotación, los productores consiguen que los niveles de COS se mantengan elevados a mediano y largo plazo. En cambio, como indica el resultado de COS del SC0, no parece que cultivar soja cada año en la misma parcela (cultivo con un nivel bajo de C/N) aporte el carbono orgánico necesario para mantener un nivel elevado, a pesar de la siembra directa. Entre los sistemas diversificados, el tipo 4 ha obtenido el resultado más bajo, debido principalmente a la utilización de la labranza de manera ocasional para sembrar y cosechar la papa.

El sistema predominante y el tipo 1 tienen el IFT más elevado, seguidos muy de cerca por los sistemas de tipo 4. Todos ellos presentan una fuerte dependencia de insumos: en el caso del sistema predominante y del tipo 1, las estrategias de protección de cultivos se basan, sobre todo, en la aplicación sistemática de insumos para obtener rendimientos elevados; el tipo 4, en cambio, requiere un uso intensivo de plaguicidas en el cultivo de papa, lo cual explica en gran parte el elevado IFT. Los tipos 2, 3 y 5 tienen una menor dependencia de insumos debido a la combinación de distintas prácticas agrícolas de los productores: (i) labranza reducida para controlar malezas, (ii) aumento del potencial de regulación biótica gracias a la diversificación de especies y (iii) observaciones de campo para recurrir a las aplicaciones preventivas. Excepto en el caso del tipo 3 (poca dependencia de insumos en el cultivo secundario de forrajes), la presión medioambiental de los plaguicidas es tanto mayor

cuanto mayor es el número de cultivos que se siembran en un período de cinco años (optimización del uso del suelo).

En el sistema predominante y el tipo 1, los productores destacan la presencia de malezas tolerantes al glifosato y el empleo de otros ingredientes activos para controlarlas en los cultivos de soja. Tal y como se indica en la figura 4, que muestra el conjunto de sistemas de cultivo estudiados, la aparición de malezas tolerantes aumenta con el incremento del uso de la soja en la rotación y el número de aplicaciones de glifosato.

La figura 5 muestra la relación entre el indicador de uso de pesticidas (IFT) y el indicador de riesgo. Salvo en el caso del tipo 4 (el cultivo de papa hace que el IFT aumente a la vez que disminuye el riesgo), podemos observar que, en general, los sistemas con menos dependencia de plaguicidas parecen tener un nivel de riesgo más bajo (tipos 2, 3 y 5). Los resultados demuestran que la estrategia que consiste en aplicar plaguicidas de manera preventiva, con el objetivo de evitar la aparición de plagas o enfermedades en rotaciones de duración corta de sistemas especializados en la soja (sistema predominante y tipo 1), no constituye el mejor medio para limitar los riesgos económicos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este estudio nos ha permitido identificar en el partido de Balcarce sistemas de cultivo con prácticas agrícolas distintas de las del sistema predominante. Hemos encontrado

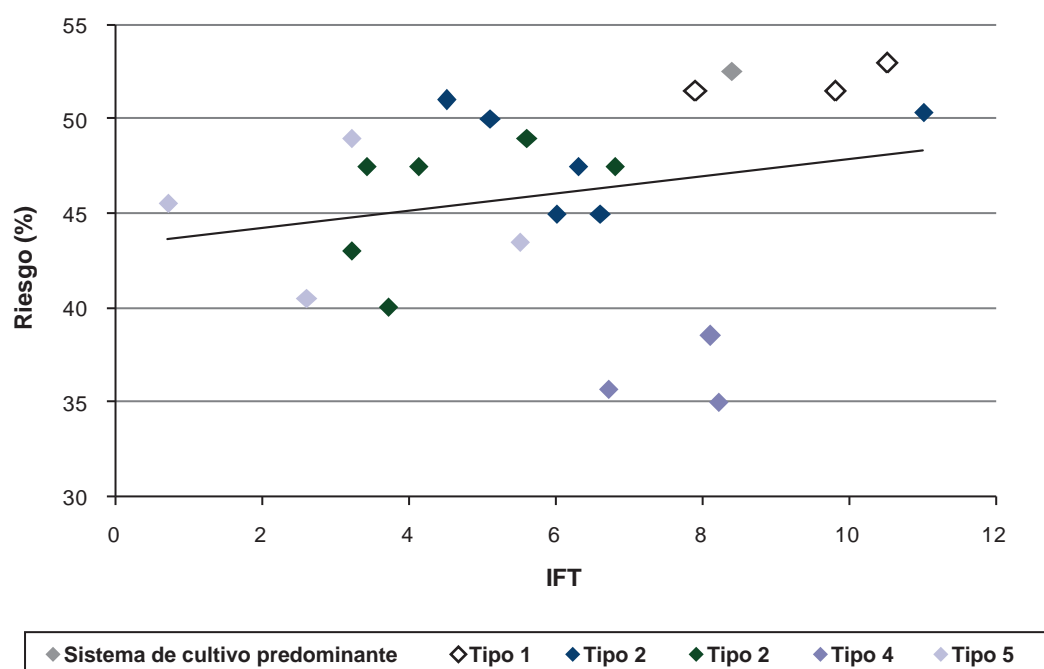


Figura 5. Relación entre el resultado del indicador de uso de pesticidas (IFT) y el resultado del indicador de riesgo. La recta de regresión lineal no tiene en cuenta los puntos del tipo 4 (véase texto): $y=0,4624x + 43,293$.

sistemas alternativos en todo tipo de explotaciones, independiente de los tamaños (de 30 hectáreas hasta 10000 hectáreas, sumando tierras propias y alquiladas). Los sistemas estudiados presentan una mayor diversificación que el sistema predominante, lo cual permite reducir de forma global los riesgos sanitarios gracias al potencial de regulación biótica (Altieri, 1995; Wezel *et al.*, 2013). De los resultados obtenidos se desprende que existen sistemas de cultivo con un mejor rendimiento medioambiental que el sistema predominante y que dichos sistemas, cuya dependencia de insumos es reducida gracias a la diversificación, dan resultados que consideran satisfactorios los productores que los utilizan. De hecho, al contrario de lo que se tiende a afirmar en la literatura (INTA, 2011), los sistemas alternativos resultan menos riesgosos que el sistema predominante.

Estos «métodos de producción» originales podrían servir de fuente de inspiración para desarrollar sistemas de cultivo sustentables en la región de estudio:

Diversificación de cultivos, asociada a un cambio en el modelo de aplicación de insumos. Los resultados demuestran que se podría aplicar en cultivos extensivos y que podría limitar la propagación de malezas tolerantes (tipo 2). La integración de cultivos de forrajes o praderas plurianuales en las rotaciones no está en consonancia con la tendencia actual hacia la especialización de las explotaciones, ni tampoco con la mayoría de las prácticas agrícolas de las explotaciones que combinan la agricultura y la ganadería, donde algunas parcelas se dedican a la ganadería y otras a la producción de cultivos comerciales. Algunos estudios destacan el interés agronómico de asociar praderas y cultivos extensivos para mantener el nivel de fertilidad del suelo elevado (Zazo *et al.*, 2011; Studdert *et al.*, 1997), y así lo indican los resultados de COS para los tipos 3 y 5.

Pruebas sobre el uso ocasional de la labranza mínima por parte de algunos productores, en una región donde parece que la siembra directa se haya prácticamente generalizado. La idea es conservar las ventajas de la práctica habitual de la siembra directa y recurrir de vez en cuando a la labranza mínima a fin de incorporar los residuos de los cultivos (con miras a limitar los inóculos de la superficie y la aparición de babosas y bichos bolitas) o para descompactar el suelo y favorecer el arraigo de los cultivos.

Para concluir, este trabajo ha permitido avanzar en la elaboración de una metodología con el objetivo de consolidar referencias sobre sistemas de cultivo alternativos desarrollados por productores. Las situaciones analizadas han ofrecido la posibilidad de descubrir nuevas combinaciones de prácticas agrícolas que parecen prometedoras para el diseño de sistemas de cultivo sustentables. Más que aportar soluciones operativas, que ni el tamaño de la muestra ni la falta de mediciones permiten validar, un trabajo de estas características ofrece la posibilidad de identificar cuestiones en las que sería importante ahondar para preparar el cambio de los sistemas existentes hacia una mayor sustentabilidad. ¿Con qué frecuencia se debería recurrir a la labranza mínima para conservar las ventajas de un sistema con siembra directa? ¿Cuál es el impacto real de una henificadora en la

eliminación de plagas por los pájaros? ¿Qué potencial de regulación biótica y disminución de pesticidas tiene la diversificación de especies (en la rotación, en la superficie de la explotación)? Esas cuestiones merecerían ser estudiadas para (i) desarrollar mecanismos de observación y de medición en los campos de los productores y (ii) realizar experimentos.

El INTA ha llevado a cabo otros trabajos que describen y evalúan sistemas de cultivo alternativos desarrollados por productores en la pampa (Zazo *et al.*, 2011; Iermano y Sarrandon, 2011; Krüger *et al.*, 2009; De Prada *et al.*, 2013). Este trabajo proporciona algunos resultados complementarios, pero sobre todo ofrece bloques metodológicos para profundizar y repetir este tipo de estudios con el fin de identificar prácticas alternativas que puedan servir de base a trabajos de investigación agronómica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó en el marco del Programa Internacional Agriterris (Argentina, Francia, Brasil), que ha sido financiado por la Agencia Francesa de Investigación (projet Interra) y el INRA (Departamento SAD). Ha contado con el apoyo del INTA (Balcarce). Queremos expresar nuestro agradecimiento a todas las colegas del INTA (especialmente a F. Andrade, M. Mosciaro y G. Studdert), del INRA (en particular a C. Albaladejo, S. Chaxel y P. Gasselin) y de AACREA (en particular a J. Gonzales-Montaner y N. Tagle), así como a todos los productores, contratistas y asesores que participaron en las entrevistas.

REFERENCIAS

- ALBALADEJO, C. 2011. Les transformations de l'espace rural pampéen face à la mondialisation en *Annales de Géographie*, julio-agosto de 2012, pp. 387-409.
- ALTIERI, M.A. 1995. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Boulder: Westview Press.
- ANDRADE, F.; SADRAS, V. 2002. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. EEA INTA Balcarce, FCA UNMP. pp 450.
- ANDRIULO, A.; MARY, B.; GUÉRIF, J. 1999. Modelling soil carbon dynamics with various cropping sequences on the rolling pampas en *Agronomie*, Vol. 19 (5), pp. 365-377.
- APARICIO, V.; COSTA, J.L.; ZAMORA, M. 2008. Nitrate leaching assessment in a long term experiment under supplementary irrigation in humid Argentina en *Agricultural Water Management*, núm. 95, pp. 1361-1372.
- BENTON, T.G.; VICKERY, J.A.; WILSON, J. D. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution*, abril de 2003, pp. 182-188.
- BOCKSTALLER, C.; GIRARDIN, P. 2008. Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode Indigo. Document INRA-ARAA. INRA, Colmar, 91 pp.
- BRUNET, N.; GUICHARD, L.; OMON, B.; PINGAULT, N.; PLEYBER, E.; SEILER, A. 2007. L'indicateur de fréquence de traitements (IFT): un indicateur pour une utilisation durable des pesticides en *Courrier de l'environnement de l'INRA*, núm. 56, pp. 13-24.
- CARREÑO, L.V.; PEREYRA, H.; RICARD, M.F. 2010. Captura y emisión de gases de efecto invernadero en Viglizzo, E.F.; Jobbágy,

- E.G. (coord.) *Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental*. Buenos Aires: INTA, pp. 31-36.
- CARREÑO, L.V.; VIGLIZZO, E.F. 2010. Efecto de la agricultura sobre la provisión de servicios eco-sistémico en Viglizzo, E.F.; Jobbágy E.G. (coord.) *Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental*. Buenos Aires: INTA, pp. 47-52.
- CÁMARA DE SANIDAD AGROPECUARIA Y FERTILIZANTES 2007 *Guía de productos fitosanitarios para la república Argentina*. Tomo 1 y 2. CASAFE, Buenos Aires
- CASTILLA, F. 2013. Siembra directa, La elegida para conservar el suelo en *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, Vol. 30, núm. 2, pp. 118-123.
- CAVIGLIA, O.P.; SADRAS, V.O.; ANDRADE, F. H. 2004. Intensification of agriculture in the south-eastern Pampas I. Capture and efficiency in the use of water and radiation in double-cropped wheat-soybean in *Field Crop Research*, Vol. 87, mayo de 2004, pp. 117-129.
- CHAXEL, S.; MOITY-MAIZI, P.; ELVERDIN, J. 2011. Nuevas categorías para reconstruir la historia y la actualidad agraria de Balcarce en VII Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y agroindustriales. Buenos Aires, 1-4 noviembre 2011.
- DE PRADA, J.D.; DE PRADA, J.D.; GIL, H.A.; PEREYRA, C.I.; BECERRA, V.H. 2013. La inclusión de la dimensión económica en la Evaluación de Impacto Ambiental en *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, Vol. 39, núm. 3, pp. 259-266.
- DUPARQUE, A.; TOMIS, V.; MARY, B.; BOIZARD, H.; DAMAY, N. 2011. Le bilan humique AMG. Pour une démarche de conseil fondée sur des cas-types régionaux en 10^e Rencontre de la fertilisation raisonnée et de l'analyse COMIFER-GEMAS (23-24 de noviembre de 2011. Reims). 19 pp.
- HERNÁNDEZ, V. 2009. Ruralidad y el paradigma de los agonegocios en las pampas gringas en Gras, C.; Hernández, V. (ed.) *La Argentina rural. De la agricultura familiar a los agonegocios*, Buenos Aires: Biblos. 18 pp.
- HERNÁNDEZ, V. 2007. Entrepreneurs "sans terre" et "pasteurs de la connaissance": une nouvelle bourgeoisie rurale? en Hernández, V.; Ould-Ahmed P.; Papail J.; Phélinas, P. (coord.) *Turbulences monétaires et sociales. L'Amérique latine dans une perspective comparée*. Paris: l'Harmattan, pp. 209-258.
- IERMANO, M.J.; SARANDON, S. 2011. Aplicando la Agroecología en sistemas extensivos de clima templado. Los desafíos de la evaluación y el manejo de la agro biodiversidad en Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia (12-16 de diciembre de 2011. Brasil).
- INTA. 2011. Ejes conceptuales para el posicionamiento institucional ante el fenómeno de la soja. Documento de uso interno. Buenos Aires. 83 pp.
- KRÜGER, H.; LAGRANGE, S.; LÓPEZ, R.; PRESA, C.; VENNANZI, S. 2009. Sustentabilidad ambiental de explotaciones agropecuarias del sur de la provincia de Buenos Aires. Diagnóstico preliminar basado sobre la aplicación del modelo AgroEcoIndex® en VI Jornadas interdisciplinarias de estudios agrarios y agroindustriales. Facultad de Ciencias Económicas-UBA Buenos Aires (11-13 de noviembre 2009. Buenos Aires). 18 pp.
- SIIA 2015 Sistema Integrado de Información Agropecuaria-Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación Argentina. <http://www.sia.gov.ar/series> Consulta realizada el 13 de julio de 2015.
- STUDDERT, G.; ECHEVERRIA, H.; CASANOVAS, E. 1997. Crop-pasture rotation for sustaining the quality and productivity of a typical Argudoll in *Soil Sciences Society of America Journal*, núm. 61, pp. 1466-1472.
- STUDDERT, G.; ECHEVERRIA, H. 2000. Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics in *Soil Sciences Society of America Journal*, núm. 64, pp. 1496-1503.
- STUDDERT, G.; DOMÍNGUEZ, G.; AGOSTINI, M. 2009. Labranzas y rotaciones para un uso sustentable de los suelos del sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina en Simposio Efectos de la Agricultura, la lechería y la ganadería en el recurso natural suelo: impactos y propuestas. Montevideo, Uruguay.
- VILA-AIUB, M. M.; VIDAL, R. A.; BALBI, M. C.; GUNDEL, P. E.; TRUCCO, F.; GHERSA, C. M. 2008. Glyphosate-resistant weeds of South American cropping systems: an overview. *Pest Management Science* 64:366-371
- WEZEL, A.; CASAGRANDE, M.; CELETTE, F.; VIAN, J.F.; FERRER, A.; PEIGNE, J. 2013. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review en *Agronomy for Sustainable Development*. DOI 10.1007/s13593-013-0180-7.
- ZAZO, F.; FLORES, C.; SARANDON, S. 2011. El "costo oculto" del deterioro del suelo durante el proceso de "sojización" en el Partido de Arrecifes, Argentina en *Revista Brasileira de Agroecologia*, Vol. 6 (3), pp. 3-20.

Análisis de los efectos de cinco genes (*IGF2*, *CTSD*, *TBC1D1*, *MC4R* y *FABP3*) sobre la conversión alimenticia, la velocidad de crecimiento y el contenido de grasa subcutánea en cerdos de la raza Landrace

FASSA, V.B.¹; CARDEN, T.R.²; MARINI, S.J.³; LETT, A.D.¹; LLOVERAS, M.R.⁴; MARRUBE, G.¹

RESUMEN

La mayoría de los planes de selección en el mejoramiento porcino están basados en la disminución del espesor de grasa dorsal (EGD) como medio para mejorar la eficiencia de conversión (EC) y el contenido de magro en la canal. En el presente trabajo se investiga la asociación entre polimorfismos de un solo nucleótido (SNPs) de los siguientes genes: *IGF2* 3072G>A; *CTSD* 70G>A; *TBC1D1* 219G>A; *MC4R* 1426A>G; *FABP3* 1811G>C en la velocidad de crecimiento (VC), espesor de grasa dorsal (EGD) y conversión alimenticia (CA) en una subpoblación de cerdos Landrace pertenecientes a la EEA INTA Pergamino. Debido al efecto de sellado genómico del gen *IGF2*, los apareamientos fueron diseñados a partir de 2 padrillos heterocigotos para dicho gen (AG) y 30 madres de genotipos AG y GG. Todos los cerdos fueron negativos para el gen *RYR1*, evitando confundir los efectos de ambos genes en los caracteres fenotípicos a analizar en las progenies. El ensayo respondió a un experimento factorial en un diseño completamente aleatorizado. No se realizó el estudio de asociación para el SNP *CTSD* 70G>A debido a la falta de polimorfismo. Solo hubo asociación entre los SNPs de los genes *IGF2* y *TBC1D1* para VC, EGD y CA. Se confirmó el efecto mayor del alelo Apat del gen *IGF2* en EGD y CA (1,8 mm y 0,3kg, $p < 0,05$) y hubo diferencias entre genotipos del gen *TBC1D1* para VC. Debido a la magnitud del efecto sobre EGD, P2 y CA hallado en los cerdos con respecto a la herencia del alelo Apat del gen *IGF2*, este SNPs podrá ser una herramienta útil en la selección asistida por marcadores en los planes de cría.

Palabras clave: Porcinos, polimorfismo de un solo nucleótido, genes *IGF2*, *CTSD*, *TBC1D1*, *MC4R*, *FABP3*, caracteres productivos.

ABSTRACT

Most selection plans in pig breeding are based on the reduction of back-fat thickness (BF) as mean for improving feed conversion (FC) and carcass lean content. The present work investigates possible associations between Single Nucleotide Polymorphism (SNP) of the following genes: *IGF2* 3072G>A; *CTSD* 70 G>A;

¹Cátedra de Genética. Facultad de Cs. Veterinarias UBA. CABA, Bs. As., Argentina. Correo electrónico: vfassa@fvet.uba.ar

²Facultad de Cs. Exactas UBA. CABA, Bs. As., Argentina

³INTA EEA Marcos Juárez. Córdoba, Argentina.

⁴INTA EEA Pergamino. Bs. As., Argentina

TBC1D1 219G>A; MC4R 1426A>G; FABP3 1811G>C on growth rate (GR), back fat (BF) and feed conversion (FC) in individuals of a subpopulation of Landrace pigs maintained at EEA INTA Pergamino. Due to the genomic imprinting effect of the IGF2 gene, mating were designed starting with two sires heterocygote (AG) with 30 sows AG, GG. All individuals were negative for the allele RYR1 to avoid confusing effects of both genes on the analyzed phenotypic characters. The trial responded to a factorial experiment in a completely randomized design. Association study for SNP CTSD 70G> A was not carried out due to the lack of polymorphism. There was only association between SNPs of IGF2 and TBC1D1 genes and GR, BF, or FC. A major effect of the Apat allele of IGF2 on BF and FC in reducing BF and FC indexes (1.8 mm and 0.3kg, $p<0.05$) and differences in GR among genotypes of the TBC1D1 gene were confirmed. Because of the magnitude of the effect on EGD, P2 and CA found in pigs with respect to inheritance Apat allele of IGF2 gene; this SNPs may be a useful tool in marker-assisted selection in breeding plans

Keywords: Porcine, single nucleotide polymorphism, genes, IGF2, CTSD, TBC1D1, MC4R, FABP3, productive traits

INTRODUCCIÓN

Los criterios a tenerse en cuenta en la selección de los caracteres productivos en porcinos están asociados con el tiempo y el costo de alimentación en relación con la cantidad y calidad del tejido magro producido. Este grupo de caracteres tiene una enorme importancia sobre los costos de producción, principalmente porque la disminución de la grasa subcutánea dorsal mejora la eficiencia de conversión y determina mayor contenido de tejido magro en las canales porcinas, principal objetivo de los programas de mejoramiento genético en la actualidad.

Un gran número de estudios han permitido asociar marcadores de ADN con caracteres fenotípicos de importancia económica como deposición de grasa corporal, velocidad de crecimiento y consumo de alimento. El análisis de estos genes candidatos y sus correspondientes polimorfismos en líneas de cerdos comerciales y en los núcleos genéticos, junto con la evidencia proveniente de las experiencias de mapeo de QTL (Quantitative Trait Loci), (<http://www.animalgenome.org/cgi-bin/QTLdb/SS/index>) en familias de referencia han permitido identificar los SNPs (Single Nucleotide Polymorphism) asociados a estos caracteres para ser utilizados en los esquemas de selección asistida por genotipos. Entre los genes candidatos para ser validados en las poblaciones porcinas locales en relación con los caracteres productivos se hallan:

Factor de tipo insulínico 2 (*IGF2*): Van Laere *et al.* (2003) descubrieron un polimorfismo en el gen *IGF2* que se localiza en la región regulatoria de este. La sustitución 3072G>A en el tercer intrón de dicho gen altera un sitio de unión de un represor nuclear triplicando la expresión del ARNm de este en el músculo esquelético durante el crecimiento postnatal cuando el alelo A es heredado del progenitor masculino (sellado genómico). Este evento conduce a un aumento de la masa muscular y a una disminución del espesor de grasa dorsal sin que por ello se vea afectada la calidad de la carne (Carrodeguas *et al.*, 2005; Estellé *et al.*, 2005; Van den Maagdenberg *et al.*, 2008; Oczkiewicz *et al.*, 2009; Fontanesi *et al.*, 2010 y 2012; Burgos *et al.*, 2012). Estos

autores han establecido también la asociación de este polimorfismo con otros caracteres de importancia económica como peso corporal, velocidad de crecimiento y eficiencia de conversión. Uno de los principales objetivos de la selección en cerdos durante las últimas décadas ha sido la obtención de animales de rápido crecimiento y magros. Se asume que la rápida evolución en esta dirección ha sido acompañada con la selección del alelo beneficioso Apat del gen *IGF2* en las diferentes razas porcinas. Oczkiewicz *et al.* (2012) estudiaron las frecuencias génicas y genotípicas en las diferentes razas en Polonia, siendo del 100% y del 91% para el genotipo AA en las razas Duroc Jersey y Pietrain respectivamente, hasta frecuencias del 27% en la raza local Pulawska.

Catepsina D (*CTSD*): las catepsinas (Catepsina B, D, L, F, H, y Z) son un grupo de enzimas lisosomales con actividad proteasa que ejercen numerosas funciones en diferentes tejidos corporales. Russo *et al.* (2008) localizaron el gen *CTSD* en el cromosoma 2 del porcino en una región en la que previamente se han identificado numerosos QTL con y sin efecto paterno para los caracteres eficiencia alimentaria, velocidad de crecimiento y calidad de la canal. Estos autores encontraron para el caso particular de *CTSD* una sustitución en la región 3' UTR 70G>A con un efecto importante en diferentes caracteres productivos y de la canal. Específicamente el alelo A se encuentra asociado a una mayor velocidad de crecimiento, mayor cantidad de cortes magros, mayor peso del jamón, mayor conversión y un menor espesor de grasa dorsal. Debido a la cercanía del locus de *CTSD* con relación a *IGF2*, Fontanesi *et al.* (2010) sugirieron un rol independiente de *CTSD* con respecto a *IGF2* en deposición de grasa y músculo. El gen *CTSD* no presenta el efecto de sellado genómico que sí presenta *IGF2*, lo cual lo convierte en un gen con mayor facilidad para ser incorporado a los planes de selección asistida por genotipos.

Tre-2/USP6. BUB2, cdc16 miembro 1 (*TBC1D1*): este gen se expresa en músculo esquelético, codifica para una Rab-GTPasa implicada en el transporte de glucosa a través de GLUT4 en respuesta a la insulina y al estímulo activador de AMPK en el músculo esquelético. Fontanesi *et*

al. (2011 y 2012) hallaron varios polimorfismos, de todos ellos, la sustitución 219G>A se encontró asociada a espesor de grasa dorsal, peso del jamón y cortes magros en la raza Large White y con contenido de grasa intramuscular en Duroc Jersey.

Receptor de melanocortina 4 (*MC4R*): codifica para una proteína G, receptor transmembrana que tiene un rol importante en el control de la homeostasis energética. En mamíferos este receptor se expresa fundamentalmente en el sistema nervioso central en regiones que controlan el consumo, peso corporal y la homeostasis energética. En los cerdos, Kim *et al.* (2000) hallaron una mutación de sentido erróneo 1426A>G en la secuencia que codifica para la séptima región transmembrana del receptor de melanocortina que sustituye a Asp298Asn. El alelo G se halló asociado a menor espesor de grasa dorsal, velocidad de crecimiento más lenta y menor consumo. Estos resultados fueron confirmados por numerosos grupos de estudio (Burgos *et al.*, 2005; Bruun *et al.*, 2006; Meidtnr *et al.*, 2006; Van den Maagdenberg *et al.* 2007; Fan *et al.*, 2009; Piorkowska *et al.*, 2010; Davoli *et al.*, 2012; Fontanesi *et al.*, 2013).

Proteína de unión a ácidos grasos -3 (*FABP3*): este gen corresponde a uno de los 9 miembros de una familia de proteínas intracelulares de unión a lípidos. Estas pequeñas proteínas intracelulares están involucradas en el transporte de ácidos grasos desde la membrana plasmática a los sitios de β oxidación y/o síntesis de triacilglicerol o fosfolípidos. Al comparar los genotipos homocigotas (DD-dd) para el SNP 1811G>C del gen *FABP3*, Gerbens *et al.* (1999) hallaron diferencias significativas para espesor de grasa dorsal y peso corporal. Este SNP y otros localizados en dicho gen se asociaron también con el contenido de lípidos intramusculares (Gerbens *et al.*, 2001; Pang *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2010; Zhao *et al.*, 2010).

Receptor de Rianodina -1 (*RYR-1*): el efecto de la sustitución C>T en la posición 1843 del cADN del gen *RYR1* es responsable del síndrome de estrés porcino y de las carnes blandas pálidas y exudativas. Este gen también está asociado a mayor contenido de magro y desarrollo muscular en diferentes razas porcinas incluyendo a Pietrain (Fuji *et al.*, 1991; Stinckens *et al.*, 2007; 2009, Van den Maagdenberg *et al.*, 2008; Marini *et al.*, 2012).

El presente trabajo tiene por objetivo la determinación del efecto de los SNPs descriptos en los genes *IGF2*, *CTSD*,

TBC1D1, *MC4R* y *FABP3* en una muestra de cerdos de raza Landrace, perteneciente a la EEA INTA Pergamino, con relación a los caracteres velocidad de crecimiento (VC), espesor de grasa dorsal (EGD) y conversión alimenticia (CA).

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales

Se tomaron muestras de sangre de padrillos de diferentes empresas: razas Duroc Jersey y Landrace del Núcleo Genético Ceres, terminales de PIC Agroceres, Landrace de Degesa y Landrace de Porcomagro S.R.L. para la determinación de los genotipos del gen *IGF2*. Simultáneamente se obtuvieron muestras de pelo para la determinación del gen *RYR1* por sus ya conocidos efectos sobre este grupo de caracteres.

En función de los resultados del relevamiento de los machos para ambos genes se determinó el genotipo de las hembras puras Landrace (tabla 1) y se decidió trabajar con la subpoblación de Landrace.

Animales experimentales

El experimento fue realizado en la EEA INTA Pergamino. Los padres y madres de la línea Landrace utilizados para la generación de los animales experimentales fueron provistos por el Núcleo Genético Ceres. Los apareamientos fueron diseñados a partir de 2 padrillos heterocigotas (AG) para el *IGF2* y 30 madres de genotipos AG y GG. Todos los cerdos fueron negativos (NN) para gen *RYR1* de manera de evitar confundir los efectos de ambos genes en los caracteres fenotípicos a analizar en las progenies (tabla 2).

Como puede observarse en la tabla 2, los cerdos estudiados fueron del genotipo Apat contra Gpat. Ambos padrillos estuvieron igualmente representados en el número de hijos estudiados.

Todas las cerdas parieron en la misma tanda y fueron destetados en promedio a los 30 días de edad. Los lechones fueron transferidos a dos salas de cría en grupos de 30 animales por box con pisos parcialmente ranurados, bebederos tipo chupete y comederos tolva de acero inoxidable. La alimentación fue en fases de acuerdo al protocolo correspondiente hasta un peso promedio de 28 kg. En esta etapa se determinaron los genotipos para el gen *IGF2*.

Raza/Línea	Machos (27)						Hembras (88)		
	AA	IGF 2 AG	GG	NN	RYR 1 Nn	nn	AA	IGF 2 AG	GG
Landrace Ceres		6	5	11				22	66
Landrace Porcomagro		2		2					
Landrace Degesa		3		2	1				
Duroc Jersey Ceres	5			5					
Terminal Agroceres PIC	3	3			5	1			

Tabla 1. Número de cerdos por genotipo, línea y género para los genes *IGF2* y *RYR 1*

Padrillos (2)	Madres (30)	Cerdos experimentales (84)		R _{YR1}
		IGF2		
		Grupo A(38)	Grupo G (46)	
AG	GG	ApatGmat	GpatGmat	NN
	AG	ApatAmat	GpatAmat	NN

Tabla 2. Generación de cerdos experimentales

Diseño experimental

El ensayo respondió a un experimento factorial. Finalizada la cría, 84 animales (hembras y machos castrados) fueron asignados al grupo Apat o Gpat. Durante toda la prueba fueron alojados en forma individual con comederos tolva y bebederos tipo chupete. Las raciones fueron elaboradas a partir de maíz-soja y concentrado para cubrir los requerimientos de las etapas de crecimiento (30-60 kg) y terminación (60-90 kg), en ambos períodos la alimentación fue *ad libitum*. La velocidad de crecimiento y la conversión alimenticia fueron evaluadas entre los 30 y 90 kg. El espesor de grasa dorsal fue medido con equipo de ultrasonido (LEAN MEATER RENCO®) a los 90 kg de dos formas: a la altura de la primera vértebra lumbar a 5 cm de la línea media (P2) y el promedio de tres mediciones, a la alturas del codo, de la última costilla y del glúteo medio, todas desplazadas 5 cm de la línea media (EG3).

Determinación de genotipos

La extracción de ADN para el gen *R_{YR1}*: el ADN se aisló de 10 bulbos de pelo resuspendidos en 100 µl de buffer de lisis junto con 0,4 mg/ml de proteinasa K incubándose a 45 °C durante toda la noche (Marini *et al.*, 2012). En el caso de los genes *IGF2*, *CTSD*, *TBC1D1*, *MC4R* y *FABP3*, el ADN se extrajo a partir de sangre entera con EDTA como anticoagulante, utilizando el kit comercial illustra™ blood genomicprep Mini spin Kit (GE Healthcare).

La reacción de PCR para los genes *IGF2*, *CTSD*, *TBC1D1* se desarrolló en un volumen final de 25 µl para cada muestra y los amplicones se visualizaron en geles de agarosa al 2%, fotografiados bajo luz UV y teñidos con GelRed Nucleic Acid Stain (Biotium).

- *IGF2*: la sustitución G>A del intrón 3-3072 fue analizada de acuerdo con Fontanesi *et al.*, (2010), mediante PCR-RFLP. Se utilizó la endonucleasa de restricción *Adel* que reconoce al alelo A dando fragmentos de 65+20 pares de bases (pb), en tanto que el alelo G es de 85 pb.
- *CTSD*: la sustitución 70G>A genera un sitio de corte para la enzima de restricción *MscI* en el alelo A: 117pb+67 pb y no reconoce secuencia de corte en el alelo G dando un producto de 184 pb (Fontanesi *et al.*, 2010).
- *TBC1D1*: la sustitución para analizar es reconocida por la endonucleasa *HphI*, siendo los fragmentos para el alelo G: 129pb y para el alelo A: 97pb+32pb (Fontanesi *et al.*, 2011).

Los productos de digestión para los genes *IGF2*, *CTSD* y *TBC1D1* fueron visualizados en geles no desnaturalizantes de poliacrilamida (acrilamida/bisacrilamida 29/1) al 12% en TBE 0,5X teñidos con GelRed y fotografiados bajo luz UV.

- *MC4R*: la sustitución 1426 A>G se determinó de acuerdo al protocolo de Kim *et al.* (2000). Los productos de PCR de 226 pb fueron digeridos con *TaqI* que permitió diferenciar los alelos A: 226 pb y G: 156+70 pb.
- *FABP3*: la sustitución es reconocida por la enzima *HaeIII*, resolviendo fragmentos de: alelo G: 405+278+117+16 pb, y alelo C: 683+117+16 pb (Pang *et al.*, 2006).
- *R_{YR1}*: la sustitución C>T se detectó por HRM (High Resolution Melting) con un ciclador Thermal Cycler Rotor Gene Real Time Q (Qiagen) (Marini *et al.*, 2012).

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados siguiendo el modelo lineal general con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide. Cary, NC) SAS Institute Guide. El modelo fue

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ijk} + e_{ijk}$$

donde:

μ : es la media general.

α_i : es el efecto del *i*ésimo SNP's.

β_j : es el efecto del *j*ésimo sexo.

$(\alpha\beta)_{ijk}$: es el efecto de la interacción del *i*ésimo SNP's y del *j*ésimo sexo.

e_{ijk} : es el error experimental.

En el caso de los genes *TBC1D1* y *FABP3* se realizó la comparación de medias mediante test de Tukey ($\alpha=0,05$).

RESULTADOS

Para los genes *IGF2*, *TBC1D1*, *MC4R* y *FABP3* las frecuencias génicas fueron: A: 0,26 y G: 0,74; A: 0,44 y G: 0,56; A: 0,12 y G: 0,88; d: 0,21 y D: 0,79, respectivamente. Cada uno de los genes en el mismo orden exhibieron la siguientes frecuencias genotípicas: AA: 0,07, AG: 0,38, GG: 0,55; AA: 0,21, AG: 0,45, GG: 0,34; GA: 0,23, GG: 0,77 y finalmente dd: 0,05, Dd: 0,32 y DD: 0,63.

Como resultado de los análisis estadísticos no se observó efecto de peso inicial, peso final ni de padre. No se en-

contraron interacciones genotipo-sexo. Para el SNP G>A del intrón3-3072 del gen *IGF2* no hubo diferencias en la velocidad de crecimiento entre genotipos. Para el carácter EGD, los cerdos Apat tuvieron 1,8 mm menos de grasa y mejor conversión alimenticia (consumieron 0,3 kg menos de alimento por kg de cerdo producido). Como era de esperar los machos castrados, crecieron más, fueron más gordos y tuvieron peor conversión alimenticia que las hembras: 55 g/d, 1,4 mm, y 0,3 kg respectivamente (tabla 3). En relación con los caracteres de grasa y conversión alimenticia los cerdos Apat se comportaron de manera similar a las hembras.

El polimorfismo 219 G>A en el segundo intrón del gen *TBC1D1* mostró diferencias para el carácter velocidad de crecimiento entre los animales del ensayo (tabla 4).

No se hallaron diferencias significativas entre genotipos para los caracteres analizados y los SNPs de los genes *MC4R* y *FABP3*. No se realizó el análisis estadístico para el gen *CTSD* debido a que todos los animales fueron de genotipo AA.

DISCUSIÓN

Debido al efecto del gen *RYR-1* en los caracteres productivos analizados en el presente trabajo, los animales fueron todos genotipados para solo ser incluidos en el ensayo los porcinos de genotipo NN de manera de evitar confundir los efectos en los caracteres fenotípicos analizados entre los genes *RYR1* e *IGF2*. De acuerdo con Stinckens *et al.* (2007) estos loci explican conjuntamente el 50% de la diferencia en la varianza fenotípica entre cerdos de raza Pietrain y Large White. El gen *RYR1* afecta la expresión del *IGF2* de forma tal que es mayor en los animales Apat/NN con respecto a los animales Apat/nn (Stinckens *et al.*, 2007, 2009). Van den Maagdenberg *et al.* (2008) demostraron una interacción entre los efectos de los genes *IGF2* y *RYR1* asociados a peso al nacimiento y el peso de la canal.

En nuestro trabajo la velocidad de crecimiento no mostró diferencias para los genotipos del gen *IGF2* y sí fueron significativas para el contenido de grasa subcutánea medidas tanto en P2 como EGD, con valores menores para los animales que portan el alelo Apat y mayores en capones con respecto a las cachorras. De la misma manera los ani-

	<i>IGF2</i>		es	Valor p	Género		Valor p
	Grupo A	Grupo G			Capones	Cachorras	
	Media	Media			Media	Media	
Caracteres de crecimiento							
VC (g/d)	877	881	12,25	0,840	906 ^a	851 ^b	0,031
P2 (mm)	12,1 ^a	13,5 ^b	0,24	0,007	13,4 ^a	12,0 ^b	0,006
EGD (mm)	16,3 ^a	18,1 ^b	0,26	0,001	18,2 ^a	16,3 ^b	0,001
CA	2,9 ^a	3,2 ^b	0,03	0,005	3,2 ^a	2,9 ^b	0,009

Tabla 3. Caracteres de crecimiento para los genotipos *IGF 2* (grupos A y G).

Medias y errores estándar (es). En cada fila, medias con distintas letras son significativamente diferentes ($p < 0,05$). VC (velocidad de crecimiento), P2 (espesor de grasa dorsal a la altura de la primera vértebra lumbar a 5 cm de la línea media), EGD (espesor de grasa dorsal) y CA (conversión alimenticia).

	<i>TBC1D1</i>			es	Valor p	Género		Valor p
	AA	AG	GG			Capones	Cachorras	
	Media	Media	Media			Media	Media	
Caracteres de crecimiento								
VC (g/d)	918 ^a	855 ^b	837 ^b	11,90	0,014	922 ^a	854 ^b	0,024
P2 (mm)	12,8	12,9	12,8	0,26	0,975	13,5 ^a	12,2 ^b	0,023
EGD (mm)	17,2	17,4	17,3	0,28	0,948	18,3 ^a	16,4 ^b	0,024
CA	3,1	3,0	3,1	0,04	0,172	3,2	3,1	0,058

Tabla 4. Caracteres de crecimiento para los genotipos *TBC1D1*.

Medias y errores estándar (es). En cada fila, medias con distintas letras son significativamente diferentes ($p < 0,05$). VC (velocidad de crecimiento), P2 (espesor de grasa dorsal a la altura de la primera vértebra lumbar a 5 cm de la línea media), EGD (espesor de grasa dorsal) y CA (conversión alimenticia).

males Apat convirtieron mejor el alimento en músculo, ya que consumieron menos alimento para alcanzar los 90 kg de peso vivo y a su vez fueron más magros. Van den Maagdenberg *et al.* (2008) presentaron resultados semejantes para el carácter promedio de ganancia diaria de peso.

Estelle *et al.* (2005) encontraron en una población de cerdos Large White diferencias para EGD en los animales portadores del alelo Apat. Oczkiewicz *et al.* (2009) establecieron que la frecuencia del alelo A es mayor en las razas o líneas sujetas a una mayor presión de selección por magritud, más aún en Landrace el alelo Apat aumenta el promedio de ganancia diaria y disminuye el consumo. Fontanesi *et al.* (2010 y 2012) analizando una población de animales Large White Italiano y utilizando como registro valores de cría para EGD encontraron que los animales en el extremo de la curva con el valor de cría esperado más alto para EGD tenían una frecuencia menor del alelo Gpat (0,38); en tanto que los animales con el valor de cría esperado más bajo para EGD presentaban mayor frecuencia del alelo Gpat (0,72). Estos autores encontraron también diferencias en los caracteres promedio de ganancia diaria y consumo en los animales con el alelo Apat. Burgos *et al.* (2012) encontraron diferencias significativas entre ambos alelos del gen *IGF2* para EGD, pero no para los caracteres productivos como peso vivo y promedio de ganancia diaria.

Los resultados del estudio de asociación para la sustitución 219 G>A en el segundo intrón del gen *TBC1D1* con el carácter VC muestra en nuestro ensayo una similitud con los resultados publicados por Fontanesi *et al.* (2011 y 2012) hallándose diferencias entre genotipos ($p < 0,05$) para los caracteres VC, P2 y EGD (tabla 4).

CONCLUSIÓN

Se determinó la asociación del polimorfismo del gen *TBC1D1* 219G>A con el carácter VC. Debido a la magnitud del efecto sobre EGD, P2 y CA hallado en los cerdos con respecto a la herencia del alelo Apat del gen *IGF2*, este SNPs podrá ser una herramienta útil en la selección asistida por marcadores en los planes de cría.

FINANCIAMIENTO

PNCAR 013321 2009-2012, PNPA 1126033 2013-2019, UBACyT Código 20020110100018 Programación Científica 2012-2015.

BIBLIOGRAFÍA

BRUUN, C.S.; JORGENSEN, C.B.; NIELSEN, V.H.; ANDERSSON, L.; FREDHOLM, M. 2006. Evaluation of the porcine melanocortin 4 receptor (MC4R) gene as a positional candidate for fatness QTL in a cross between Landrace and Hampshire. *Animal Genetics*, 37(4): 359-362.

BURGOS, C.; CARRODEGUAS, J.A.; MORENO, C.; ALTARRIBA, J.; TARRAFETA, L.; BARCELONA, J.A.; LÓPEZ-BUESA, P. 2005. Allelic incidence in several pigs breeds of a missense var-

iant of pig melanocortin 4 receptor (MC4R) gene associated with carcass and productive traits: its relation to *IGF2* genotype. *Meat Science*, 73: 144-150.

BURGOS, C.; GALVE, A.; MORENO, C.; ALTARRIBA, J.; REINA, R.; GARCIA, C.; LÓPEZ-BUESA, P. 2012. The effects of two alleles of *IGF2* on fat content in pig carcasses and pork. *Meat Science*, 90: 309-313.

CARRODEGUAS, J.A.; BURGOS, C.; MORENO, C.; SANCHEZ, A.C.; VENTANAS, S.; TARRAFETA, L.; BARCELONA, J.A.; LÓPEZ, M.O.; ORIA, R.; LÓPEZ-BUESA, P. 2005. Incidence in diverse pig populations of an *IGF2* mutation with potential influence on meat quality and quantity: An assay base done real time PCR (RT-PCR). *Meat Science* 71: 577-582.

DÁVOLI, R.; BRAGLIA, S.; VALASTRO, V.; ANNARRATONE, C.; COMELLA, M.; ZAMBONELLI, P.; NISI, I.; GALLO, M.; BUTTAZZONI, L.; RUSSO, V. 2012. Analysis of MC4R polymorphism in Italian Large White and Italian Duroc pigs: association with carcass traits. *Meat Science* 90: 887-892.

ESTELLÉ, J.; MERCADÉ, A.; NOGUERA, J.L.; PEREZ-ENCISO, M.; OVILO, C.; SANCHEZ, A.; FOLCH, J.M. 2005. Effect of the porcine *IGF2* intron3-G3072A substitution in an outbred Large White population and in Iberian x Landrace cross. *Journal of Animal Science*, 83: 2723-2728.

FAN, B.; ONETERU, S.K.; PLASTOW, G.S.; ROTHSCHILD, M.F. 2009. Detailed characterization of the porcine MC4R gene in relation to fatness and growth. *Animal Genetics*, 40: 401-409.

FONTANESI, L.; SPERONI, C.; BUTTAZZONI, L.; SCOTTI, E.; DALL'OLIO, S. NANNI COSTA, L.; DAVOLI, R.; RUSSO, V. 2010. The insulin-like growth factor 2 (*IGF2*) gene intron3-g.3072G>A polymorphism is not the only Sus scrofa chromosome 2p mutation affecting meat production and carcass traits in pigs: Evidence from the effects of a cathepsin D (CTSD) gene polymorphism. *Journal of Animal Science*, 88:2235-2245.

FONTANESI, L.; COLOMBO, M.; TOGNAZZI, L.; SCOTTI, E.; BUTTAZZONI, L.; DALL'OLIO, S.; DAVOLI, R.; RUSSO, V. 2011. The porcine *TBC1D1* gene: mapping, SNP identification, and association study with meat, carcass and production traits in Italian heavy pigs. *Molecular Biology Reports*, 38: 1425-1431.

FONTANESI, L.; GALIMBERTI, G.; CALÒ, G.D.; FRONZA, R.; MARTELLI, P.L.; SCOTTI, E.; COLOMBO, M.; SCHIAVO, G.; CASADIO, R.; BUTTAZZONI, L. RUSSO, V. 2012. Identification and association analysis of several hundred single nucleotide polymorphisms within candidate genes for back fat thickness in Italian Large White pigs using a selective genotyping approach. *Journal of Animal Science*, 90 (8): 2450-64.

FONTANESI, L.; BUTTAZZONI, L.; GALIMBERTI, G.; CALÒ, D.G.; SCOTTI, E.; RUSSO, V. 2013. Association between melanocortin 4 receptor (MC4R) gene haplotypes and carcass and production traits in Italian Large white pigs evaluated with a selective genotyping approach. *Livestock Science*, 157: 48-56.

FUJI, J.; OTSU, K.; ZORZATO, F.; DE LEÓN, S.; KHANNA, V.K.; WEILER, E.; O'BRIEN, P.J.; MACLENNAN, D.H. 1991. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science*, 253, 448-451.

GERBENS, F.; VAN ERP, A.J.; HARDERS, F.L.; VERBURG, F.J.; MEUWISSEN, T. H.; VEERKAMP, J.H.; TE PAS, M.F. 1999. Effect of genetics variants of the heart fatty acid-binding protein gene on intramuscular fat and performance traits in pigs. *Journal of Animal Science*, 77: 846-852.

GERBENS, F.; VERBURG, F.J.; VAN MOERKERK, H.T.; ENGEL, B.; BUIST, W.; VEERKAMP, J.H.; TE PAS, M. F. 2001. Association of heart fatty acid-binding protein gene expression with intramuscular fat content in pigs. *Journal of Animal Science*, 79:347-354.

- KIM, K.S.; LARSEN, N.; SHORT, T.; PLASTOW, G.; ROTH-SCHILD, M. F. 2000. A missense variant of the porcine melanocortin-4 receptor (MC4R) gene is associated with fatness, growth and feed intake traits. *Mammalian Genome*, 11, 3-131-135.
- LEE, S.H.; CHOI, Y.M.; CHOE, J.H.; KIM, J.M.; HONG, K.C.; PARK, H.C.; KIM, B.C. 2010. Association between polymorphisms of the heart fatty acid binding protein gene and intramuscular fat content, fatty acid composition, and meat quality in Berkshire breed. *Meat Science*, 86: 794-800.
- MARINI, S.J.; VANZETTI, L.S.; BORELLI, V.S.; VILLAREAL, A.O.; DENEGRÍ, G.D.; COTTURA, G.A.; PANICHELLI, D.; SILVA, P.; CAMPAGNA, D.; SPINER, N. BRUNORI, J.C.; FRANCO, R. 2012. Ryr1 gene variability and effect on meat pH in Argentinean hybrids swines. *InVet*, 14: 19-23.
- MEIDTNER, K.; WERMTER, A.K.; HINNEY, A.; REMSCHMIDT, H.; HERBEBRAND, J.; FRIES, R. 2006. Association of the melanocortin 4 receptor with feed intake and daily gain in F2 Mangalitsa x Pietrain pigs. *Animal Genetics*, 37: 245-247.
- OCZKOWICZ, M.; TYRA, M.; WALINOWICZ, K.; ROZYCKI, M.; REJDUCH, B. 2009. Known mutation (A3072G) in intron 3 of the IGF2 gene is associated with growth and carcass composition in Polish pig breeds. *Journal of applied Genetics*, 50(3): 257-259.
- OCZKOWICZ, M.; TYRA, M.; WALINOWICZ, K.; ROPKA-MOLIK, K.; MUCHA, A.; ZUKOWSKI, K. 2012. Effect of IGF2 intron3-g. 3072G>A on intramuscular fat (IMF) content in pigs raised in Poland. *Livestock Science* 149 (3): 301-304.
- PANG, W.J.; BAI, L.; YANG, G.S. 2006. Relationship Among *H-FABP* Gene Polymorphism, Intramuscular Fat Content, and Adipocyte Lipid Droplet content in Main Pig Breeds with different Genotypes in Western China. *Acta Genetica Sinica*. 33 (6): 515-524.
- PIÓRKOWSKA, K.; TYRA, M.; ROGOZ, M.; ROPKA-MOLIK, K.; OCZKOWICZ, M.; RÓZYCKI, M. 2010. Association of the melanocortin 4 receptor (MC4R) with feed intake, growth, fatness and carcass composition in pigs raised in Poland. *Meat Science*, 85: 297-301.
- RUSSO, V.; FONTANESI, L.; SCOTTI, E.; BERETTI, F.; DAVOLI, R.; NANNI COSTA, R.; VIRGILIO, R.; BUTTAZZONI, L. 2008. Single nucleotide polymorphisms in several porcine catepsin genes are associated with growth, carcass, and production traits in Italian Large White pigs. *Journal of Animal Science*. 86: 3300-3314.
- STINCKENS, A.; VAN DEN MAAGDENBERG, K.; LUYTEN, T.; GEORGES, M.; DE SMET, S.; BUYS, N. 2007. The RYR1 g1843C>T mutation is associated with the effect of the IGF2 intron3-g.3072 G>A mutation on muscle hypertrophy. *Animal Genetics*. 38: 67-71.
- STINCKENS, A.; LUYTEN, T.; VAN DEN MAAGDENBERG, K.; JANSSENS, S.; DE SMET, S.; GEORGES, M.; BUYS, N. 2009. Interactions between genes involved in growth and muscularity in pigs: IGF-2, myostatin, ryanodine receptor 1 and melanocortin 4 receptor. *Domestic Animal Endocrinology*. 37: 277-235.
- VAN DEN MAAGDENBERG, K.; STINCKENS, A.; CLAEYS, E.; SEYNAEVE, M.; CLINQUART, A.; GEORGES, M.; BUYS, N.; DE SMET, S. 2007. The Asp298Asn missense mutation in the porcine melanocortin 4 receptor (MC4R) gene can be used to affect growth and carcass traits without an effect on meat quality. *Animal* 1(8): 1089-1098.
- VAN DEN MAAGDENBERG, K.; STINCKENS, A.; CLAEYS, E.; BUYS, N.; DE SMET, S. 2008. Effect of the insuline-like growth factor II and RYR1 genotype in pigs on carcass and meat quality traits. *Meat Science*. 80: 293-303.
- VAN LAERE, A.S.; NGUYEN, M.; BRAUNSCHWEIG, M.; NEZER, C.; COLLETTE, C.; MOREAU, L.; ARCHIBALAD, A.L.; HALEY, C.S.; BUYS, N.; TALLY, M. ANDERSSON, G.; GEORGES, M. 2003. A regulatory mutation in IGF2 causes a major QTL effect on muscle growth in the pig. *Nature*. 425: 832-836.
- ZHAO, S.M.; REN, L.J.; GUO, M.L.; CHENG, X.; ZHANG, C.R.; GE, S.Z.; GAO, S.Z. 2010. Muscle lipid metabolism gene expression in pigs with different H-FABP genotypes. *Livestock Science*. 128: 101-107.

Variabilidad climática y expresión de la fusariosis de la espiga de trigo en la región pampeana

MOSCHINI, R.C.¹; MARTINEZ, M. I¹

RESUMEN

En Argentina, la fusariosis de la espiga de trigo (FET) es predominantemente causada por el hongo *Fusarium graminearum*. La naturaleza esporádica de la FET asociada a factores meteorológicos estimuló el desarrollo de modelos predictivos con base ambiental. Los eventos infectivos fueron identificados por el mojado de la espiga resultante de la ocurrencia sincrónica de precipitación y alta humedad relativa del aire alrededor de la antesis del trigo (período crítico susceptible para la infección). Valores de incidencia de la FET, predichos retrospectivamente (1932-2013) por el modelo en tres sitios de la región pampeana (Paraná, Pergamino y Mar del Plata), permitieron analizar el efecto del fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS) y cambio climático sobre la enfermedad. Las líneas de tendencia de los valores predichos de incidencia de la FET mostraron ligeras pendientes positivas, con valores crecientes hacia el sur de la región. Los valores positivos de anomalía (diferencia entre la incidencia predicha anual de la FET y la mediana de la serie histórica) decrecieron hacia el sur en el primer subperíodo analizado (1932-1972) y se incrementaron en el segundo subperíodo (1973-2013). Gradualmente, hacia el sur de la región pampeana, valores de anomalía positivos y negativos se incrementan en años El Niño y La Niña respectivamente. Para explicar este comportamiento, se analizó el efecto de las dos fases extremas del fenómeno ENOS sobre la distribución de probabilidad de períodos secos (relación inversa con la FET). A partir de valores diarios de precipitación de la serie 1932-2013 (Paraná, Pergamino y Mar del Plata), agrupados por la ocurrencia de episodios El Niño o La Niña, las probabilidades condicionales de precipitación se ajustaron a modelos cadenas de Markov de primer orden y tendencia estacional. A partir de estos modelos se derivaron distribuciones de probabilidad de ocurrencia de períodos secos de al menos 7 días en lapsos de 15 días, para ambas fases. En los tres sitios, las diferencias entre las curvas de probabilidad de cada fase ocurrieron claramente en el bimestre noviembre-diciembre, donde la antesis del trigo tiene lugar en el sur de la región pampeana.

Palabras clave: fusariosis de la espiga de trigo, El Niño Oscilación del Sur, cambio climático, modelos cadena de Markov, períodos secos.

ABSTRACT

In Argentina, wheat Fusarium head blight (FHB) is predominantly caused by the fungus Fusarium graminearum. The sporadic nature of FHB in the Pampas region, associated to weather factors, led to the development of weather-based disease forecasting systems. Infective events were identified by head wetting resulting from synchronic occurrence of precipitation and high relative humidity, around wheat anthesis (susceptible criti-

¹Instituto de Clima y Agua. CIRN INTA Castelar. Los Reseros y Las Cabañas s/n. CP: 1686. Hurlingham Bs. As. Argentina.
E-mail: moschini.ricardo@inta.gob.ar.

cal period for infection). Retrospective model predictions (1932-2013) in three Pampas region sites (Paraná, Pergamino and Mar del Plata) were able to analyze the effect of the El Niño Southern Oscillation (ENSO) phenomenon and climate change on the disease. The trend lines of FHB incidence predictions showed light positive slopes, larger towards southern Pampas region. Positive values of annual anomalies (difference between annual predicted FHB incidence and the median of the historical series) decreased to the southern Pampas region in the first period analyzed (1932-1972) and increased in the second period (1973-2013). To the southern, positive and negative anomaly values increased in El Niño and La Niña years respectively. For explaining this behavior, the effect of the two extreme phases of ENSO phenomenon over the probability distribution of dry spells was analyzed. From daily precipitation data (1932-2013) of the three Pampas region sites grouped by the occurrence of El Niño or La Niña episodes, conditional precipitation probabilities were modeled taking account first order Markov chain process and seasonal trend. From the models, probability distributions of occurrence of at least 7 day dry spells in 15 day periods were derived for both phases. For the three sites, differences between phase probability curves clearly occurred from November to December, where wheat anthesis is concentrated in southern Pampas region.

Keywords: *Fusarium head blight, El Niño Southern Oscillation, climate change, Markov chains models, dry spells.*

INTRODUCCIÓN

La variabilidad climática, componente importante del traedro epidémico (patógeno, hospedante, ambiente y el hombre), resulta clave para explicar los cambiantes niveles de expresión de muchos patosistemas. Discriminada por escalas espacio-temporales, dicha variabilidad climática puede asociarse a variables meteorológicas procesadas en intervalos intra-anales de corta duración, en pocos sitios y años. Con esta información meteorológica y de la enfermedad del pasado reciente se desarrollan modelos predictivos para numerosos patosistemas. En otros casos, la variabilidad climática tiene una escala de tiempo estacional e interanual, relacionada a fenómenos de influencia hemisférica hasta planetaria como El Niño Oscilación del Sur (ENOS). Actualmente, el desafío más difícil consiste en predecir las modificaciones en los patosistemas en respuesta al cambio climático inducido por el aumento en las concentraciones de gases efecto invernadero antropogénico (Brett Runion, 2003). La predicción del impacto del cambio climático sobre patosistemas puede realizarse mediante un análisis retrospectivo, que identifica huellas relacionadas al cambio en registros de enfermedades de larga duración. Para muchos patógenos no se disponen de series temporales largas conteniendo observaciones estandarizadas de enfermedades o las tendencias son confundidas por cambios en el manejo y factores biológicos, por ello se recurre a modelos matemáticos o estadísticos predictivos. En relación con las causales de variabilidad climática interanual, el ENOS es el fenómeno oceánico-atmosférico más importante, el cual reconoce dos fases extremas, El Niño caracterizada por el calentamiento superficial del mar a lo largo de la costa pacífica sudamericana, presiones mayores a la media en el Océano Índico y Australia y vientos alisios débiles y La Niña que manifiesta la ocurrencia de muy baja temperatura oceánica superficial en el centro y este del Pacífico tropical y fuertes vientos alisios. El fenómeno ENOS afecta

sistemas de circulación atmosférica ubicados en sitios remotos del planeta (teleconexiones), originando anomalías térmicas y del régimen de lluvias. La técnica de ajuste de los parámetros de un modelo que evalúa la chance de ocurrencia de lluvia por una cadena de Markov de primer orden y su tendencia estacional fue descrita por Stern y Coe (1982) y Stern y otros (1982) y utilizada en un estudio para Pergamino por Moschini (1993). A partir de la modelización de estas probabilidades condicionales de lluvia y el uso de relaciones de recurrencia, se derivaron, para sitios de la región pampeana, las probabilidades de períodos secos (7 o más días en lapsos de 15 días), relacionándolas con las fases El Niño y La Niña (Moschini *et al.*, 1996; Moschini *et al.*, 1997). Varios trabajos han asociado el fenómeno ENOS con las variaciones interanuales de enfermedades fúngicas de cultivos y específicamente con la fusariosis de la espiga de trigo (FET), causada por el hongo *Fusarium graminearum* Schwabe [telemorfo *Gibberella zeae* Schwein (Petch)]. Zhao y Yao (1989) pudieron predecir satisfactoriamente con 4 meses de anticipación epidemias de la FET en el este de China midiendo la temperatura de superficie en el océano Pacífico central ($R^2=0,86$). Esta asociación fue explicada por el adelanto del monzón estival dependiente del fenómeno ENOS sobre el este de Asia incrementando las lluvias y los eventos de infección de la FET. En el sur de Brasil, el incremento de las lluvias primaverales unido a anomalías cálidas en el océano Pacífico tropical fue asociado con una más alta frecuencia de epidemias de la FET después de la década del 80 (Del Ponte *et al.*, 2009). También encontraron que el riesgo epidémico aumentó en los trigos de siembra más tardía, en las últimas décadas. Recientemente, Moschini (2011) encontró para el cuadrante NE de la región pampeana que los niveles más altos de enfermedad se observaron con el incremento del índice MAS (Modo Anular del Sur) en agosto y con la dominancia de circulación meridional norte-noreste en septiembre. En

el sur de la región pampeana, el IOS (Índice de Oscilación del Sur) realizó un aporte significativo para explicar la variabilidad en los niveles de la FET.

La FET es una enfermedad reemergente y en expansión en los últimos años en muchas regiones del mundo, debido a la fuerte adopción de sistemas de labranza mínima y siembra directa, rotaciones cortas con maíz y al cambio y variabilidad climática global (McMullen *et al.*, 1997). Se considera una enfermedad floral y monocíclica; el patógeno sobrevive como saprófito en residuos de muchos cultivos (trigo, cebada, maíz, arroz, avena), de gramíneas nativas y malezas (Reis y Carmona, 2002; Mourellos *et al.*, 2014), formando peritecios con ascosporas. Estas liberadas son diseminadas por el viento a grandes distancias, se depositan sobre las anteras expuestas de espigas de trigo, germinan y colonizan las flores. Como consecuencia no hay formación de granos o estos crecen en forma deficiente ("chuzos") y las espiguillas afectadas sufren una despigmentación característica. El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) identificó a la FET como el principal factor limitante de la producción de trigo en muchas regiones del mundo (Bai y Shaner, 1994). En el cuadrante NE de la región pampeana se observaron epidemias severas de la FET en 1978, 1985, 1993, 2001 y 2012, en el SE del área ocurrieron en 1976, 1978 y 1985.

La naturaleza esporádica de la FET relacionada fuertemente al factor ambiental, estimuló el desarrollo/validación de modelos de pronóstico basados en variables meteorológicas. Predicciones retrospectivas de uno de estos modelos (1932-2013) permitieron estudiar el efecto de la variabilidad climática asociada al fenómeno ENOS y del cambio climático sobre la FET en tres sitios de la región pampeana. Con el objetivo de explicar posibles diferencias espaciales de dicho efecto se calculó la distribución temporal de las probabilidades de períodos secos (previa definición de modelos markovianos de primer orden de probabilidad de lluvia), en ciclos con fase El Niño y La Niña.

MATERIALES Y MÉTODOS

Predicciones retrospectivas de incidencia de la FET (IncFET%)

Observaciones de incidencia de la FET (IncFET%: porcentaje de espigas afectadas) en cultivares comerciales de trigo en el INTA EEA Pergamino (1978-1990; n=22) se utilizaron para asociarlos con factores meteorológicos mediante técnicas de regresión lineal múltiple (Moschini y Fortugno, 1996). Las variables meteorológicas se calcularon a partir de registros diarios de temperatura máxima (Tx) y mínima (Tn), precipitación (Prec) y humedad relativa (HR: promedio de valores tridimensionales: 9, 15 y 21 h), obtenidos de una estación convencional (temperatura media diaria: $T_m = (T_x + T_n) / 2$). La ecuación 1 resultó la más apropiada para estimar la IncFET%.

$$\text{IncFET}(\%) = 20,37 + 8,63 \text{ NP2} - 0,49 \text{ GDN} \quad R^2 = 0,86 \quad (1)$$

donde NP2: número de períodos de 2 días con registro simultáneo de $\text{Prec} \geq 0,2$ mm y $\text{HR} > 81\%$ (día 1) y una

$\text{HR} \geq 78\%$ (día 2) ($R^2 = 0,81$); GDN resulta de sumar GDT_x (si $T_x > 26$ °C entonces $\text{GDT}_x = \sum^d (T_x - 26)$) y GDT_n (si $T_n < 9$ °C entonces $\text{GDT}_n = \sum^d (9 - T_n)$, siendo d=días del período susceptible para la infección (PSI: 26-32 días). El modelo reconoce eventos infectivos por mojado de la espiga combinando la ocurrencia de Prec y altos registros de HR (variable NP2). Utilizando la misma base de datos de IncFET% de Pergamino, Moschini *et al.* (2008) identificaron una variable hídrica independiente que combina la ocurrencia de precipitación con la amplitud térmica del día ($\text{AT} = T_x - T_n$), no demandando registros de HR. El mejor modelo bivariado fue el siguiente:

$$\text{IncFET}(\%) = -9,15 + 6,47 \text{ ND} + 0,35 \text{ GDP} \quad R^2 = 0,81 \quad (2)$$

donde ND: número de días con ocurrencia simultánea de Prec y $\text{AT} < 7$ °C ($R^2 = 0,76$); GDP: resulta de acumular los residuales > 9 °C en Tn en los días donde $T_x < 25$ °C y $T_n > 9$ °C.

Los valores anuales de IncFET% fueron estimados mediante la ecuación 2, utilizando la serie de 82 años (1932-2013) con registros diarios de Tx, Tn y Prec, de Paraná (SMN), Pergamino (INTA) y Mar del Plata (SMN). Las variables meteorológicas se calcularon en el PSI que se extiende desde la aparición de las primeras espigas con anteras (8 días previos a plena espigazón) hasta acumular 530 grados día ($T_{m_0} = 0$ °C) en Paraná y Pergamino y 450 grados día en Mar del Plata. La fecha de espigazón anual por sitio coincidió con el día en el cual se completó una acumulación de 1320 grados día ($T_{m_0} = 0$ °C), desde el 1 de julio. Para los 82 años corridos en Paraná, Pergamino y Mar del Plata, las fechas medias de inicio del PSI fueron 4/10, 17/10 y 3/11, respectivamente. Para los tres sitios se ajustaron las líneas de tendencia lineal de la IncFET% en función del tiempo y se calcularon los valores anuales de anomalía que surgen de la diferencia entre la IncFET% y la mediana de la serie histórica (1932-2013), para ciclos con fase El Niño, La Niña y Neutro (la fase de cada ciclo fue definida por la Agencia Meteorológica de Japón).

Modelización de la distribución de probabilidades condicionales de lluvia

A partir de la información pluviométrica diaria del período 1932-2013 de Paraná, Pergamino y Mar del Plata (ciclos se inician el 1/7 del año con el evento y finalizan el 30/6 siguiente) se identificaron dos subconjuntos de años, con fase El Niño (16 ciclos) y La Niña (19 ciclos). Por sitio y tipo de fase analizada se examinó la dependencia entre la lluvia de un día con la de su precedente. Los días con $\text{Prec} < 0,2$ mm o cero (S) y aquellos con $\text{Pr} \geq 0,2$ mm (P) se codificaron con 1 y 2 respectivamente. Seguidamente una tabla de contingencia 2 x 2 permitió cuantificar el número de eventos diarios correspondientes a alguna de las siguientes cuatro categorías: a. día con Prec siguiendo a día lluvioso (P/P), b. siguiendo a día sin lluvia (P/S), c. día seco precedido por lluvioso (S/P) y d. precedido por día seco (S/S). Se contrastaron los valores observados y espera-

dos (eventos independientes) en un test de Chi-cuadrado, evaluando el posible rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la existencia de correlación entre la ocurrencia diaria de Prec con la del día previo, para los tres sitios analizados. En este último caso, la chance de días con Prec se estudia condicional a lo ocurrido en el día precedente (Cadena de Markov de primer orden). Seguidamente, con los datos originales se estructuró una nueva matriz 4x365 días, verificándose para cada día el número de años que corresponden a alguna de las 4 categorías descriptas. Con esta información, las probabilidades diarias de Prec condicionadas a la situación (seca o lluviosa) del día previo, se calcularon de la siguiente forma:

$$Pr(P/P)=N.^{\circ} \text{ días } (P/P) / N.^{\circ} (P/P)+N.^{\circ}(S/P); Pr(P/S)=N.^{\circ} \text{ días } (P/S) / N.^{\circ} (P/S)+N.^{\circ} (S/S)$$

La tendencia estacional de estas probabilidades diarias se analizó y modeló mediante la transformación logit de estas (día juliano: $dj=0.365$).

$$\ln\{Pr(P/P)/Pr(S/P)\}=fP/P(dj); \ln\{Pr(P/S)/Pr(S/S)\}=fP/S(dj)$$

Funciones periódicas (seno y coseno) se ajustaron para $fP/P(dj)$ y $fP/S(dj)$, por sitio y por tipo de evento (El Niño y La Niña). Los parámetros de las ecuaciones se estimaron por el método de máxima verosimilitud (procedimiento Logistic de SAS, 1988), siendo t el tiempo del año expresado en radianes: $t=3,1416 (dj-183)/183$ (procedimiento de selección de variables Backward, con un nivel de significancia para permanecer en el modelo: 0,05, en Pergamino para P/P 0,15) (tabla 1).

Distribución de períodos secos: a partir de los modelos definidos para las probabilidades diarias de P/P y P/S para cada sitio y fase del fenómeno ENOS, se derivaron resultados atinentes a la probabilidad de ocurrencia de períodos secos de al menos 7 días en lapsos de 15 días. Mediante un procedimiento numérico se resuelven repetidamente un conjunto de ecuaciones para cada día, construyendo gra-

dualmente el resultado de interés en un período dado (relaciones de recurrencia). Desde el 1 de julio hasta el 15 de junio del año siguiente se calcularon las probabilidades de períodos secos, graficando su distribución. Se presentan las ecuaciones utilizadas en la programación de las relaciones de recurrencia generadas para conocer la probabilidad de ocurrencia de 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 días secos (PS17, PS27, PS37, PS47, PS57, PS67 y PAc7) y de 7 días lluviosos (PLLu7), transcurridas 7 jornadas: PS17=PLLu6*PS/P; PS27=PS16*PS/S; PS37=PS26*PS/S; PS47=PS36*PS/S; PS57=PS46*PS/S; PS67=PS56*PS/S; PAc7=PS66*PS/S; PLLu7=1-(PS17+PS27+PS37+PS47+PS57+PS67+PAc7).

Las probabilidades de lluvia no condicionales generales fueron 0,232, 0,226 y 0,282 para Paraná, Pergamino y Mar del Plata (fase El Niño: $n=5840$ días) y 0,188, 0,206 y 0,262 para los tres sitios y fase La Niña.

RESULTADOS

Las líneas de tendencia mostraron un ligero incremento de la incidencia de la FET en función del tiempo, con pendientes positivas que gradualmente se fueron incrementando hacia el sur de la región pampeana (Paraná: 0,13%, Pergamino: 0,15% y Mar del Plata: 0,22% por año) (figura 1). Moschini *et al.* (2013) asociaron el mayor incremento anual de la FET en el sur (Mar del Plata) con la mayor pendiente encontrada en la variable hídrica ND de la ecuación 2 (análisis de la serie 1931-2010). Para la variable térmica (GDP), la mayor pendiente de la línea de tendencia lineal correspondió a Paraná.

Los valores anuales de anomalía que surgen de la diferencia entre la IncFET% y la mediana de la serie histórica (1932-2013), para los tres sitios se presentan en la figura 2. El total de valores anuales de anomalías positivas encontradas en el primer período de 41 años analizado (1932-1972) fue decreciendo hacia el sur, con totales de 21

Fase: El Niño										
Sitio	Función	Ordenada	Seno t	Coseno t	Seno 2t	Coseno 2t	Seno 3t	Coseno 3t	Seno 4t	Coseno 4t
Paraná	fP/P dj	-0,337	0,205	-0,074	0,013	-0,146	-0,182			
Paraná	fP/S dj	-1,577	0,051	0,545	-0,126					
Pergamino	fP/P dj	-0,498	0,006	0,107	0,00007	-0,179	-0,106	0,14		
Pergamino	fP/S dj	-1,552	0,02	0,584	-0,203	-0,093	-0,078	-0,139		
Mar del Plata	fP/P dj	-0,351	0,076	-0,192						
Mar del Plata	fP/S dj	-1,205	-0,077	0,252						
Fase: La Niña										
Sitio	Función	Ordenada	Seno t	Coseno t	Seno 2t	Coseno 2t	Seno 3t	Coseno 3t	Seno 4t	Coseno 4t
Paraná	fP/P dj	-0,444	0,138	-0,226						
Paraná	fP/S dj	-1,877	0,123	0,418	-0,06	-0,061	0,106	-0,123		
Pergamino	fP/P dj	-0,601	0,108	-0,107	-0,025	-0,06	0,117			
Pergamino	fP/S dj	-1,623	0,135	0,442	-0,103	-0,014	0,099	-0,204		
Mar del Plata	fP/P dj	-0,383	-0,061	-0,276						
Mar del Plata	fP/S dj	-1,328	0,118	0,222	-0,066	-0,052	0,039	-0,058	-0,012	0,118

Tabla 1. Parámetros de los modelos definidos por sitio y fase ENOS para fP/P y fP/S .

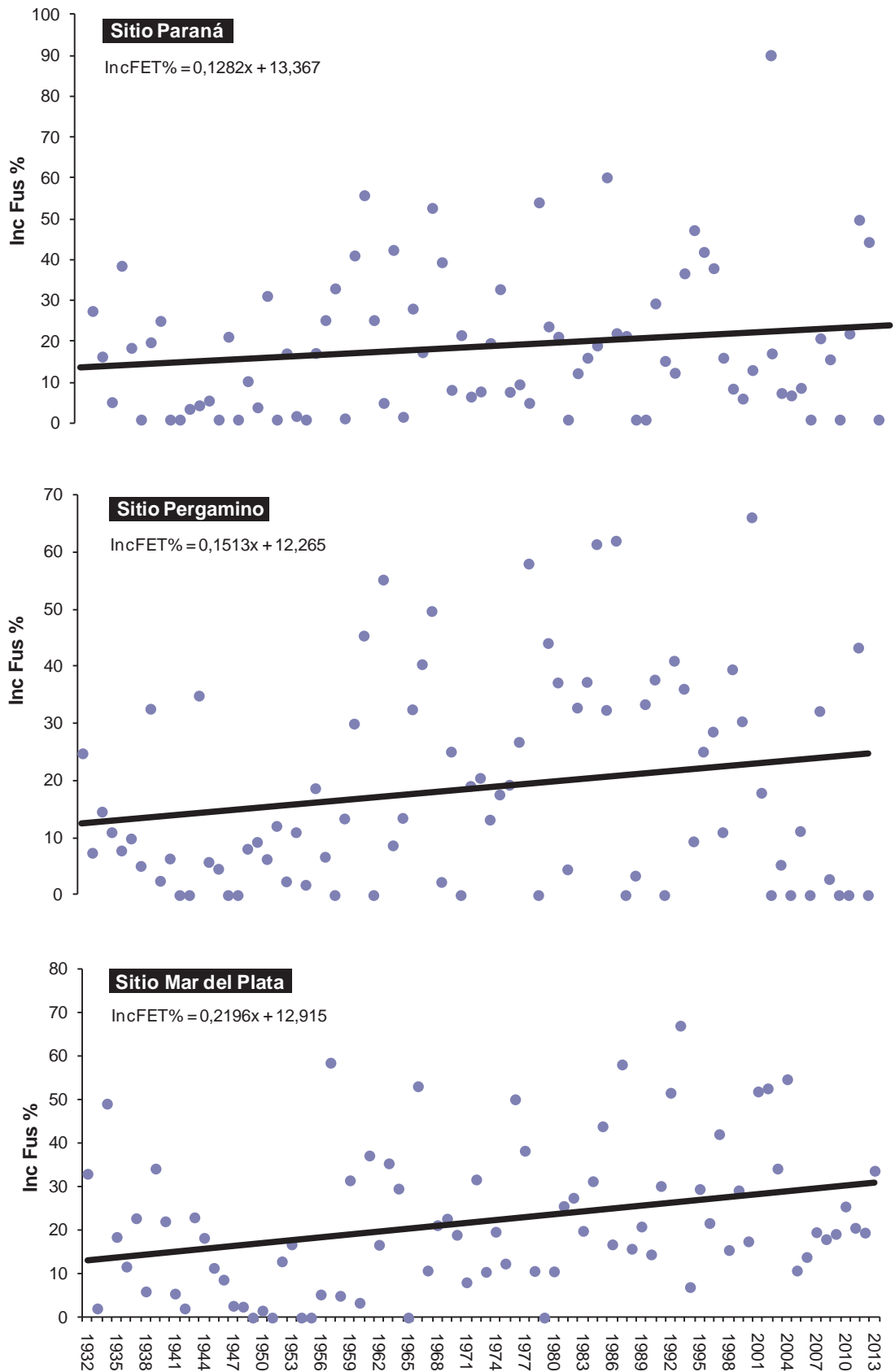


Figura 1. tendencia (lineal) de los valores anuales de incidencia de la FET (Ec.2) en Paraná (superior), Pergamino (medio) y Mar del Plata (inferior). Serie1932-2013.

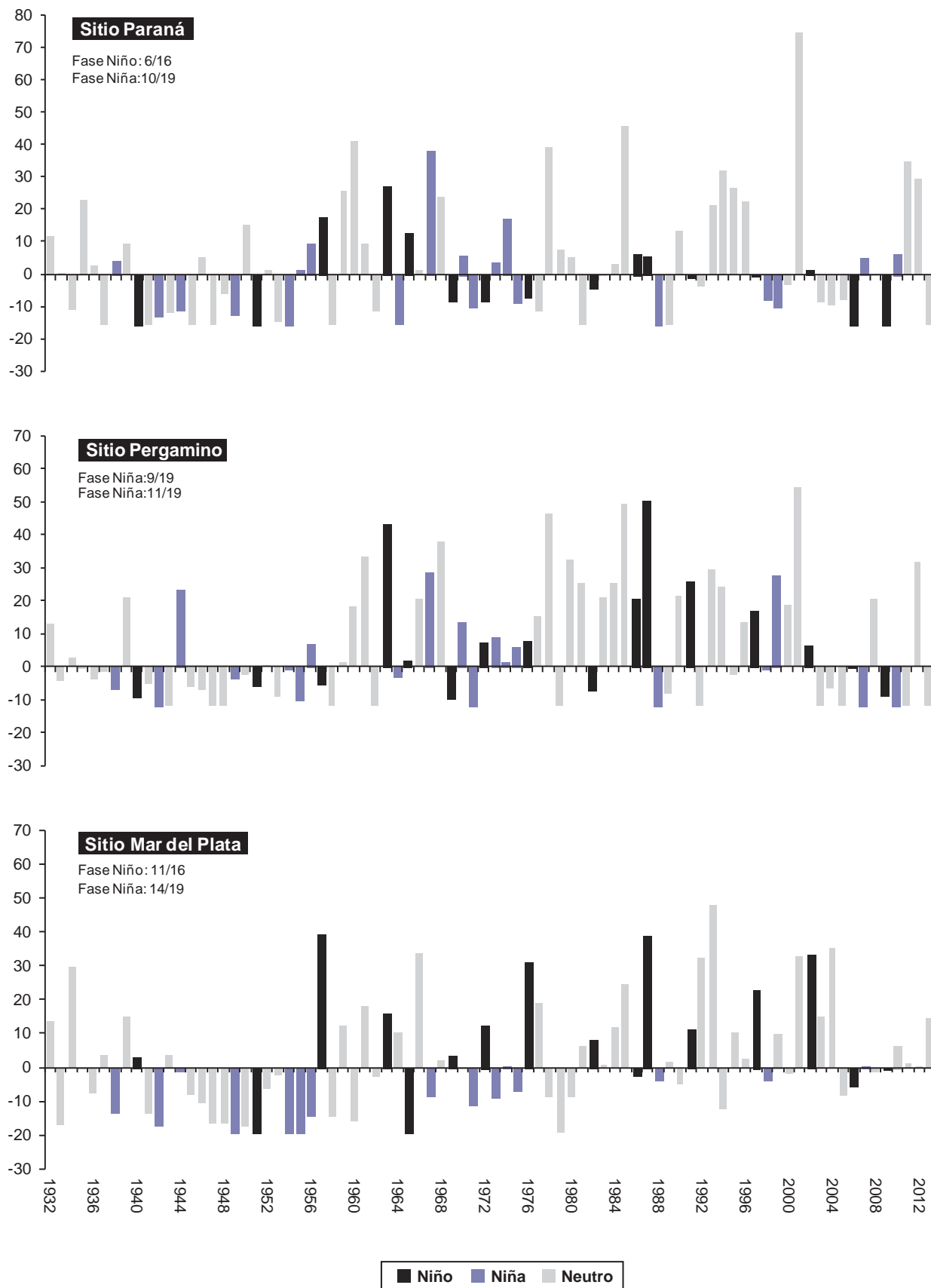


Figura 2. Valores anuales de anomalía (IncFET%-Mediana) con su correspondiente fase del fenómeno ENOS (El Niño, La Niña y Neutro) para tres sitios: Paraná (Med. 11,65%), Pergamino (Med. 15,73%) y Mar del Plata (Med. 19,31%).

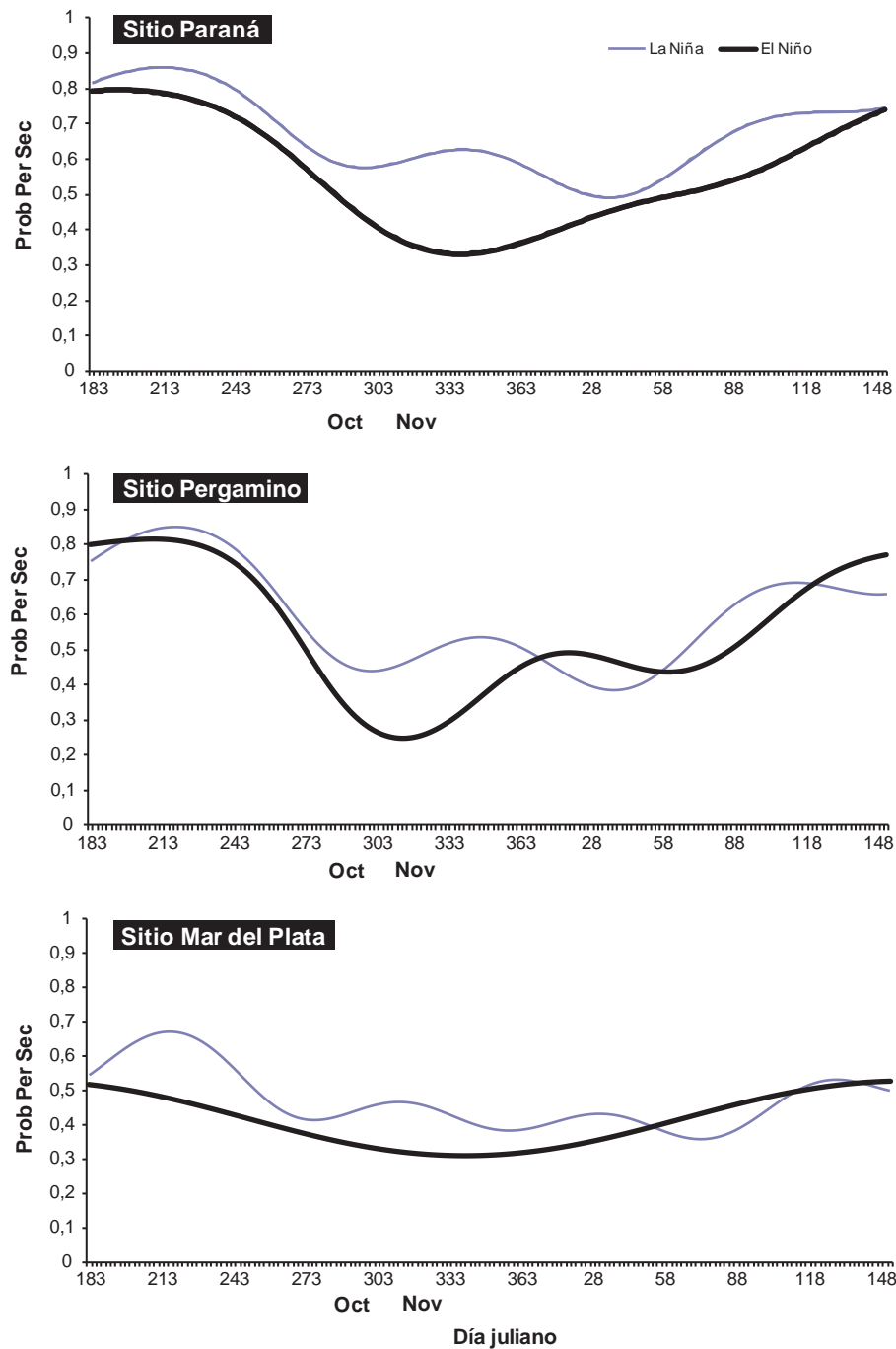


Figura 3. Probabilidad de tener períodos secos de al menos 7 días de duración en lapsos de 15 días en Paraná, Pergamino y Mar del Plata para ciclos con fase El Niño y La Niña.

(Paraná), 16 (Pergamino) y 15 (Mar del Plata). Contrariamente, en el segundo período (1973-2013), las anomalías positivas se incrementan hacia el sur (20 en Paraná, 25 en Pergamino y 26 en Mar del Plata, respondiendo al aumento de las pendientes de las líneas de tendencia hacia latitudes mayores. En la figura 2, también se asoció cada ciclo anual a la correspondiente fase del fenómeno ENOS. En Paraná solo 6 de 16 años (37,5%) con fase El Niño superaron a la

mediana de la enfermedad y 10 de 19 años (52,6%) con fase Niña resultaron con anomalía negativa. Hacia el sur de la región pampeana la tendencia fue firme en el sentido de incrementar las anomalías positivas en años El Niño y negativas en años La Niña. Pergamino y Mar del Plata presentaron respectivamente 9 (56,3%) y 11 (68,8%) años con fase Niño que superaron a la mediana, y 9 (57,9%) y 14 (73,7%) años con episodios Niña con anomalías negativas.

El efecto estimulante de una fase cálida El Niño sobre el patosistema y depresor en años con fase La Niña fue marcado en el sur de la región pampeana (Mar del Plata). Por ello, bien puede asociarse la más alta pendiente de la línea de tendencia y el significativo aumento de las anomalías positivas en 1973-2013 en Mar del Plata, a la ocurrencia de más eventos El Niño (9 contra 7, estimulantes de la FET) y menos eventos Niña (8 contra 11 en 1932-1972, depresor de la FET) en dicho segundo período analizado. En este sitio, las variables meteorológicas de la ecuación 2 (ND y GDP) se calculan en la primavera tardía (fecha media de inicio del PSI: 3/11), coincidiendo con la mayor influencia de la fase cálida y fría del fenómeno ENOS en la región pampeana. Esta última aseveración se analizó calculando la distribución anual de la probabilidad de tener períodos secos de 7 o más días en los siguientes 15 días (relación inversa con la expresión de la FET). En primer lugar se verificó mediante un test de Chi-cuadrado la existencia de correlación entre la ocurrencia diaria de lluvia con la del día previo, en Paraná, Pergamino y Mar del Plata (Años El Niño: Chi-cuadrado: 354,3, 250,3 y 187,9 respectivamente; Años La Niña: 421,8, 219,2 y 247,3; se rechazó la hipótesis nula de eventos independientes). La chance de días con precipitaciones se estudia condicional a lo ocurrido en el día precedente (Cadena de Markov de primer orden). Los parámetros de los modelos ajustados para estimar las probabilidades condicionales diarias de P/P y P/S para cada sitio y fase del fenómeno ENOS se presentan en la tabla 1.

Las probabilidades condicionales diarias se obtienen resolviendo:

$$Pr(P/P)=e^{-fP/P(dj)/1+e^{-fP/P(dj)}}; Pr(P/S)=e^{-fP/S(dj)/1+e^{-fP/S(dj)}}$$

De acuerdo a la figura 3, la diferencia máxima de probabilidad de ocurrencia de períodos secos de al menos 7 días en lapsos de 15 días entre años El Niño y La Niña fue de 29,5% en Paraná y ocurrió el día 5/12. Hacia el sur se adelanta el momento de máxima diferencia al 23/11 (dif. Máx.: 23,08%) y al 11/11 (15%) en Pergamino y Mar del Plata, respectivamente. Marcadamente estas diferencias de probabilidad se concentraron en el período noviembre-diciembre y secundariamente en marzo-abril en Paraná y Pergamino y en julio-agosto en Mar del Plata. En Paraná y Pergamino, las probabilidades de ocurrencia de períodos secos en el lapso fin de septiembre-mediados de octubre (donde se concentra la antesis en el trigo) solo difieren en 6 y 8% entre ambas fases del fenómeno ENOS. En Mar del Plata la antesis transcurre en el lapso con más altas diferencias entre fases. Concordantemente, Tanco y Berri (1996) señalaron que en el bimestre noviembre-diciembre más del 60% de La Pampa Húmeda Argentina recibe lluvias por debajo de la normal en años con eventos La Niña. En la misma región, Vila y Grondona (1996) encontraron que durante eventos El Niño la distribución de cuartiles de la frecuencia relativa de días con lluvia tiende a desplazarse hacia valores altos en el último trimestre del año y hacia valores bajos en episodios La Niña.

CONCLUSIONES

Un sencillo modelo empírico basado en variables meteorológicas fue desarrollado en trabajos previos para estimar la incidencia de la fusariosis de la espiga de trigo (FET) en la región pampeana. Predicciones retrospectivas (1932-2013) de dicho modelo en distintos sitios de la región permitieron abordar estudios para analizar el efecto sobre el patosistema de la variabilidad climática asociada al cambio climático y al fenómeno ENOS.

Las líneas de tendencia mostraron un ligero incremento de la incidencia de la FET en función del tiempo, con pendientes positivas que gradualmente se fueron incrementando hacia el sur de la región pampeana. En el mismo sentido, se incrementan las anomalías positivas en años con fase Niño y negativas en años Niña. Pergamino y Mar del Plata presentaron respectivamente 9 (56,3%) y 11 (68,8%) años con fase Niño que superaron a la mediana, y 9 (57,9%) y 14 (73,7%) años con episodios Niña con anomalías negativas. En estos sitios, las variables meteorológicas del modelo predictivo (Ec. 2) se calculan en la primavera tardía, coincidiendo con la mayor influencia de la fase cálida y fría del fenómeno ENOS en la región pampeana.

BIBLIOGRAFÍA

- BAI, G.H.; SHANER, G. 1994. Scab of Wheat: Prospects for control. *Plant Disease*, 78 (8):760-766.
- BRETT RUNION, G. 2003. Climate change and plant pathosystems-future disease prevention starts here. *New Phytologist* 159:531-538.
- DEL PONTE, E.M.; FERNANDES, J.M.C.; PAVAN, W.A.; BAETHGEN, W.E. 2009. A model-based assessment of the impacts of climate variability on Fusarium Head Blight seasonal risk in southern Brazil. *J Phytopathol* 157:675-681.
- MCMULLEN, M.; JONES, R., GALLEMBERG, D. 1997. Scab of wheat and barley: a re-emerging disease of devastating impact. *Plant Dis* 81:1340-1348
- MOSCHINI, R.C. 1993. Ajuste de un modelo cadena de Markov-Gamma a datos de lluvia de Pergamino. *RIA* 24 (1):71-82.
- MOSCHINI, R.C., GRONDONA, M.O.; VILA, D.A. 1996. Influencia del ENSO sobre la distribución de las probabilidades condicionales diarias de precipitación en algunas estaciones de la región pampeana. *Actas del VII Congreso Argentino y VII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología*. Pág 307-308. Buenos Aires. 2-6 septiembre 1996.
- MOSCHINI, R.C.; FORTUGNO, C. 1996. Predicting wheat head blight incidence using models based on meteorological factors in Pergamino, Argentina. *European Journal of Plant Pathology* 102:211-218.
- MOSCHINI, R.C.; CASAGRANDE, G.; VERGARA, G.; CONTI, H.A. 1997. Efectos del ENOS sobre las probabilidades de períodos secos derivadas de modelos markovianos de primer orden, en La Pampa. *Rev. Facultad de Agronomía* 17(1):71-76.
- MOSCHINI, R.C.; BISCHOFF, S.; MARTÍNEZ, M.I. 2008. Variabilidad climática y enfermedades. Caso de estudio: Fusariosis de la espiga de trigo. *Horizonte A. Magazine de las Ciencias Agrarias*. Año 5, N.º 21:10-15.
- MOSCHINI, R.C. 2011. Desarrollo y uso de sistemas de pronóstico de epidemias de la Fusariosis de la Espiga de Trigo (*Triticum*

aestivum L.) para identificar situaciones sinópticas y predictores meteorológicos en diferentes escalas asociados a la enfermedad en la región pampeana. Tesis Doctorado. Universidad de Buenos Aires. Argentina. Pág. 108.

MOSCHINI, R.C.; MARTÍNEZ, M.I.; SEPULCRI, M.G. 2013. Modeling and forecasting systems for Fusarium head blight and deoxynivalenol content in wheat in Argentina. Capítulo 13. Pág. 205-230. En Fusarium head blight in Latin America (Teresa Alcónada Magliano y Sofía N. Chulze Ed.), Editorial Springer. Pág. 304. ISBN 978-94-007-7090-4.

MOURELOS, C.A.; MALBRÁN, I.; BALATTI, P.A.; GHIRINGHELLI, P.D.; LORI, G.A. 2014. Gramineous and non-gramineous weed species as alternative hosts of Fusarium graminearum, causal agent of Fusarium head blight of wheat, in Argentina. Crop Protection 65 100 (2014) DOI: 10.1016/j.cropro.2014.07.013.

REIS, E.M.; CARMONA, M. 2002. Fusariosis del trigo. Biología, epidemiología y estrategias para su manejo. 25 p. Primera Edición. ISBN: 98743-3859-4

SAS Institute Inc. SAS/STAT. User's Guide, release 6.03 edition Cary, NC, 1988.

STERN, R.D.; COE, R. 1982. The use of rainfall models in agricultural planning. Agric. Meteorology, 26:35-50.

STERN, R.D.; DENNETT, M.; DALE I. 1982. Analysing daily rainfall measurements to give agronomically useful results. II A modelling approach. Experimental Agriculture 18:237-253.

TANCO, R.; BERRI, G.J. 1996. Acerca del efecto del fenómeno El Niño sobre la precipitación en la Pampa Húmeda Argentina. Actas del VII Congreso Argentino y VII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología. Buenos Aires, Argentina. 2-6 septiembre 1996.

VILA, D.A.; GRONDONA, M.O. 1996. Estudio preliminar sobre las relaciones entre el ENSO y la frecuencia de días con lluvia en la Pampa Húmeda. Actas del VII Congreso Argentino y VII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología. Buenos Aires, Argentina. 2-6 Septiembre 1996.

ZHAO, S.; YAO, C. 1989. On the sea temperature prediction models of the prevailing level of wheat scab. Acta Phytopathol Sin 19:229-234.

Evolución del grado de desertificación y su relación con los aspectos socioeconómicos en la cuenca del río Santa María, Catamarca, Argentina

MACCAGNO, P.¹; NAVONE, S.²; TREBINO, H.J.³

RESUMEN

Este trabajo revisa las características del proceso de desertificación en los Valles Áridos con especial énfasis en la cuenca del río Santa María. Hace referencia al avance de la desertificación ocurrida entre 1997 y 2012 a través de un índice que fue construido a partir de la combinación de indicadores biofísicos. Habida cuenta de que es necesario relacionar la desertificación con indicadores socioeconómicos, se realizaron encuestas en el área bajo estudio para indagar sobre aspectos socioeconómicos, lo que permitió construir indicadores. Los resultados obtenidos indican que la desertificación ha aumentado en todos los casos, excepto en el sitio donde se aplican prácticas sustentables. Al mismo tiempo los indicadores socioeconómicos indican que un mayor grado de desertificación se presenta asociado a las explotaciones menores a la unidad económica, formas de tenencia más precarias, mayor inequidad en la distribución del ingreso y mayor pobreza e indigencia, superando ampliamente los valores nacionales y provinciales. Es por ello que la evaluación del grado de desertificación y su relación con indicadores socioeconómicos resulta imprescindible a fin de monitorear y revertir este proceso.

Palabras clave: Valles Áridos, indicadores de desertificación, aspectos biofísicos y socioeconómicos

ABSTRACT

This paper analyzes the characteristics of the process of desertification in the Arid Valleys, with special emphasis on the Santa Maria River basin. The analysis is focalized on the advance of desertification occurred between 1997 and 2012, through an index that was built from the combination of biophysical indicators. Given the need to link desertification with socioeconomic indicators, a series of surveys were performed in the study area to investigate socioeconomic aspects, which allowed the construction of indicators. The results indicate that desertification has increased in all cases, except in the place where sustainable practices are applied. At the same time the socio-economic indicators show that a greater degree of desertification is connected to the size-farm below the economic unit surface, to forms of precarious land tenure, to a greater inequality in inco-

¹Departamento de Ciencias Aplicadas y Tecnología (Universidad Nacional de Moreno), Av. Bartolomé Mitre 1891, B1744OHC Moreno, Argentina. Correo electrónico: patricia_maccagno@yahoo.com.ar

²Facultad de Agronomía (Universidad Nacional de Buenos Aires), Av. San Martín 4453, C1417DSE Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: stella_navone@yahoo.com.ar

³Departamento de Post-Grado (Universidad Nacional de La Matanza), Florencio Varela 1903, B1754JEC San Justo, Argentina. Correo electrónico: htrebino@gmail.com

me distribution, and to an increased poverty. These indicators were above the national and provincial values. The evaluation of the extent of desertification and its relationship with socio-economic indicators is essential to monitor and revert this process.

Keywords: *Arid Valleys, desertification indicators, biophysical and socio-economic aspects*

INTRODUCCIÓN

Desierto y desertificación no son dos caras del mismo fenómeno (Navone y Abraham, 2006). El desierto es un paisaje y ecosistema típico del clima desértico que se caracteriza principalmente por su aridez, ausencia de vegetación y de agua. El hábitat desértico hace imposible la vida de la gran mayoría de las especies (Crespo Llenes, 2001). Por otra parte la desertificación consiste en una degradación persistente de los ecosistemas de las tierras secas (que incluye las tierras áridas, semiáridas y subhúmedas secas) resultantes de las actividades humanas y las variaciones climáticas (CNLUD, 1997). En las tierras secas, la escasez de agua limita la producción de cultivos, forrajes, leña y otros servicios que los ecosistemas proporcionan al hombre. Por lo tanto estas tierras son muy vulnerables a un aumento de la presión del hombre y a la variabilidad del clima (MA, 2005).

Las tierras secas cubren el 41% de las tierras firmes del mundo (MA, 2005), vulnerables a la sobreexplotación y a un aprovechamiento inadecuado. La desertificación en tierras secas es uno de los mayores desafíos ambientales que enfrenta la sociedad humana (PNUMA, 2012). Los ecosistemas de tierras secas proporcionan una amplia gama de bienes y servicios caracterizados por paisajes, especies de flora y fauna, modos de vida y culturas únicas en el mundo. En las tierras secas, la población depende muy estrechamente de los servicios de los ecosistemas para cubrir sus necesidades básicas. Dado que estos servicios obedecen a la disponibilidad de agua y de las condiciones del clima, se producen normalmente fluctuaciones debido a estas causas. Cuando estos ecosistemas han sido sometidos a un uso abusivo de los recursos, pierden la posibilidad de recuperarse a presiones anteriores y pueden entrar en una espiral que conduce la desertificación (Abraham *et al.*, 2011).

Argentina puede ser dividida en tres grandes zonas ecológicas de acuerdo a su régimen hídrico: la Región Húmeda que ocupa el 21% de la superficie; una Región Subhúmeda y Semiárida con aproximadamente 27,20%; la mayor es la Región Árida con 51,50% de la superficie que se extiende en la parte occidental y sur del área continental. De este modo, Argentina es el país de América Latina con mayor superficie árida, semiárida y subhúmeda seca abarcando el 75% de su superficie, contrastando con la imagen difundida del país referida a la pampa húmeda (Abraham, *et al.*, 2011). El 81,5% del territorio cubierto por zonas secas del país se encuentra afectado por desertificación (Ravello *et al.*, 2011).

Por esta razón a nivel mundial, en la región de América Latina y a escala nacional y provincial, han aumentado los estudios sobre desertificación. El primer antecedente en la preocupación sobre este problema data del año 1951, cuando la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) aprobó un proyecto para la investigación científica de los suelos áridos. Ello impulsó la publicación de un boletín, la captación de fondos para institutos de investigación y la realización de conferencias (Crespo Llenes, 2001).

Pero la mayor preocupación sobre el tema comenzó al final de la gran sequía y hambre que asolaron el Sahel en 1968-1974, afectando gravemente a Mauritania, Senegal, Mali, Alto Volta, Níger y Chad, causando la muerte de 200.000 personas y millones de animales (Ruiz y Febles, 2004).

La alarma mundial favoreció a que la Asamblea General de Naciones Unidas convocase a una conferencia sobre desertificación, celebrada en Nairobi en 1977, que estuvo signada por dos hechos significativos: por un lado, la urgente necesidad de ayudar a África, y por el otro, promover las concepciones vigentes en ese momento, tanto en el nivel conceptual de la visión "ambiental" y de la planificación para el desarrollo, como en las prácticas de cooperación internacional (Abraham *et al.*, 2006).

En una primera etapa, la desertificación se concibió sobre la base de visiones estáticas y aisladas de evaluación de los recursos naturales (suelo, agua, vegetación, entre otras), con escasa participación de las comunidades locales, y fomentando programas de cooperación enfocados a la realización de grandes proyectos que minimizaban los impactos (de aplicación en las escalas locales y nacionales), con prácticas asistencialistas que no tenían en cuenta los problemas urgentes de pobreza y degradación.

Con el tiempo, este enfoque sectorial demuestra sus limitaciones, sobre todo en el control de la desertificación. Este evoluciona a partir de 1970, cuando comienzan a introducirse conceptos como la visión sistémica, los estudios interdisciplinarios, la planificación integrada (Abraham *et al.*, 2006).

La Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD, por sus siglas en inglés), desde su creación en 1996, ha tratado de coordinar esfuerzos, a fin de contar con una metodología unificada para evaluar este fenómeno. Es así que a partir de 1998 comienzan los trabajos de indicadores de desertificación (SAyDS, 2002), en diversos países. Desde antes de la implementación de la Convención, Argentina tiene los primeros antecedentes de trabajo con indicadores en América Latina y el Caribe (ALC).

En un principio, se desarrollaron principalmente trabajos con indicadores biofísicos (Kharin y Abraham, 1992; Del Valle *et al.*, 1997; Collado, 1999), ya a partir de 1999 existe consenso de la necesidad de incluir los aspectos socioeconómicos para monitorear la desertificación (Abraham y Maccagno, 2001).

Los numerosos trabajos efectuados en la región de los Valles Áridos y en la cuenca del Río Santa María indican que para cualquier intento de caracterización de la desertificación es necesario incluir tanto elementos biofísicos como socioeconómicos (Navone *et al.*, 2002).

Los trabajos desarrollados en los valles áridos y en la cuenca del río Santa María realizaron un fuerte esfuerzo por caracterizar esta área desde el punto de vista biofísico (Navone *et al.*, 2006; Failde de Calvo y Ramilo, 2006, Navone y Espoz-Alsina, 2003; Paoli, 2002; Navone y Palacín, 2000) y por desarrollar aspectos socioeconómicos (Corso *et al.*, 2011; Maggi y Navone, 2011).

El área de estudio se encuentra dentro de la región conocida como Valles Áridos (SAyDS, 1994). Estos ocupan el 5% de la superficie total del país, con una superficie de 140.000 km² (SAyDS, 1994; Abraham *et al.*, 2011). Los Valles Áridos son compartidos por seis provincias: San Juan, La Rioja, Catamarca, Tucumán, Salta y Jujuy. Incluyen una serie de cuencas hidrológicas distribuidas en las mencionadas provincias. Entre esas cuencas se encuentra la del Río Santa María, representativa en cuanto al clima, la vegetación y la geomorfología de dichos Valles (Navone y Espoz-Alsina, 2003; Navone, 1998).

En cuanto a los suelos predominan los Aridisoles (Pelegridos) y Entisoles (Torriortentes), (Espoz-Alsina *et al.*, 2002), suelos sueltos mayormente arenosos permeables, desprovistos de materia orgánica, fácilmente erosionables, de reacción alcalina y a veces salina (Navone *et al.*, 2006). La vegetación es la típica de la formación Monte Occidental xerofítico, con abundantes especies medicinales y aromáticas. La vegetación natural es el bosque de algarrobos, asociación de *Prosopis alba* (algarrobo blanco), *Prosopis nigra* (algarrobo negro) y *Acacia visco* (visco o viscote), la que prácticamente ha sido eliminada salvo algunos relictos (Navone *et al.*, 2001). También están presentes jarilla (*Larrea divaricata*), brea (*Cercidium praecox*) y chañar (*Geoffroea decorticans*) (Corso *et al.*, 2011).

La cuenca del río Santa María se encuentra ubicada entre los 24° 30' y los 26° 30' de latitud sur, y ocupa una superficie de 1.700 km² (Gobierno de la Provincia de Catamarca, 2002). El caudal medio anual es 2.8 m³/s, el cual comienza a aumentar en diciembre, se hace máximo entre enero y febrero y decrece rápidamente a partir de abril (Lobos, 2008). Este río recorre la mayor proporción de la provincia de Catamarca (en su parte centro oeste), Tucumán (en el noroeste) y Salta en el extremo sur (Lobos, 2008), y el derrame correspondiente es de 85 Hm³/año.

El Valle de Santa María se extiende desde las provincias de Catamarca por el sur y Salta por el norte, se desarrolla entre las sierras del Cajón o de Quilmes al oeste

y Aconquija al este (Tineo, 2005). Es una larga y estrecha depresión estructural elaborada en rocas metamórficas y plutónicas que están cubiertas por un complejo sedimentario del Mesozoico-Terciario y por depósitos aluviales cuaternarios que constituyen cuatro formaciones geológicas, que a su vez corresponden a igual número de niveles de pie de monte (Ruiz Huidobro, 1965).

Presenta precipitaciones que no superan los 200 mm por año, decreciendo hacia el oeste hasta alcanzar valores de 150 mm en el faldeo oriental de las sierras de Quilmes o del Cajón concentrándose en el período estival un 72,2% del total anual. El cordón montañoso de Aconquija representa una de las tantas barreras orográficas que se oponen a la circulación de las masas húmedas provenientes del Atlántico. Esto genera el contraste observado entre los faldeos selváticos del lado de la provincia de Tucumán y la aridez del lado de la provincia de Catamarca. Las temperaturas en el valle oscilan entre los -10 °C en invierno y los 38 °C en verano, con una gran amplitud diaria (Maggi y Navone, 2011).

En esta cuenca, las prácticas de manejo inadecuadas aumentan los impactos negativos sobre los ecosistemas secos que por naturaleza son frágiles, disminuyendo su productividad y consecuentemente sus ingresos (Corso, *et al.*, 2011). El 15% de la cuenca está afectado por procesos de desertificación con grado severo, 44% con grado moderado y el 40% ligera (Navone *et al.*, 2002). De ahí la importancia de monitorear el grado de desertificación.

El efecto final del proceso de desertificación es identificable a través de la erosión hídrica y eólica, el aumento del polvo atmosférico, la generación de médanos, la invasión de especies halófitas y terófitas, la desaparición de especies nativas, pérdidas de la biodiversidad y los desequilibrios en cadenas tróficas. A partir de la del año 2003, se comienzan a realizar estudios socioeconómicos en el área en estudios (Maggi y Navone, 2011; Corso *et al.*, 2011), pero la construcción de los indicadores socioeconómicos, tal como se propone en este trabajo, resulta un avance para comprender la desertificación desde el punto biofísico y socioeconómico, de manera de responder a los requerimientos internacionales.

En esta línea se plantea este trabajo, cuyo objetivo es evaluar el proceso de desertificación entre 1997 y 2012 para la Cuenca del Río Santa María, provincia de Catamarca, relacionándolo con los aspectos socioeconómicos, utilizando indicadores, sobre la hipótesis de que el proceso ha experimentado un avance en el período considerado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales y métodos utilizados se dividen en determinación del grado de desertificación e indicadores socioeconómicos.

Determinación del grado de desertificación

La metodología se seleccionó habida cuenta de que esta ha sido desarrollada en el país, probada y validada desde

Área	Unidad cartográfica	Tipo suelo	Uso predominante suelo
1. San José	Relictos de bosques de <i>Prosopis</i> .	Typic Torriorthent con fase por pendiente (unidad pura).	Chacareros, producción agrícola intensiva.
2. Loro Huasi	Relictos de bosques de <i>Prosopis</i> .	Camborthid Typic	Chacareros, producción agrícola intensiva.
3. El Puesto	Estepa arbustiva de <i>Larrea divaricata</i> .	Torrripsament ústico 70% y Torriortent típico 30%.	Agricultura intensiva. Pastoreo caprino extensivo. Desmonte indiscriminado
4. Las Mojarras	Bosque abierto de <i>Prosopis alba</i> y <i>Prosopis flexuosa</i> .	Camborthid típico (unidad pura).	Agricultura intensiva. Pastoreo extensivo. Desmonte.
5. La Soledad (Prelatura)	Bosque abierto de <i>Prosopis alba</i> y <i>Prosopis flexuosa</i> .	Camborthid típico (unidad pura).	Agricultura intensiva. Vitivinicultura
6. Viñas del Chañar Punco	Relictos de bosques de <i>Prosopis</i> .	Torriorthent típico fase por pendiente.	Agricultura intensiva
7. Fuerte Quemado	Estepa arbustiva de <i>Larrea divaricata</i>	Torrripsament ústico 70% y Torrripsament típico 30%	Agricultura intensiva. Pastoreo caprino extensivo

Tabla 1. Descripción de las características de las unidades cartográficas del Valle Santa María seleccionadas.

Fuente: Elaboración propia basado en Navone *et al.*, 2002.

1987 en toda la zona de Valles Áridos desde Valle Fértil en San Juan, Copacabana y Chilecito en La Rioja, Fiambalá, Tinogasta, Belén, Londres, Santa María en Catamarca, Colalao del Valle, Amaicha y Quilmes en Tucumán, Tolombón, Cafayate, San Carlos, Animaná, Seclantás, Cachi, Payogasta en Salta y en las Cuencas de Miraflores y la Cuenca de Pozuelos en la Puna árida y semiárida argentina, es decir que cumple con validación diacrónica y sincrónica.

La metodología utilizada se basa en mediciones históricas de 1997 (Navone, 1998). Se utilizan indicadores biofísicos para luego transformarlos en un índice: grado de desertificación. Para la evaluación de la desertificación se partió de la zonificación realizada por el Centro de Investigación y Aplicación a la Teledetección (CIATE), Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (FAUBA). De acuerdo a ella, la Cuenca cuenta con doce unidades cartográficas caracterizada por su homogeneidad en cuanto al tipo de suelo y uso de estos. Se seleccionaron siete de ellas (Navone y Palacín, 2002) por considerarse las más representativas del área y las que no corresponden al sector de las altas montañas. Estas se presentan en la tabla 1.

Este trabajo partió de la recopilación de datos existentes en la región sobre el estado de la desertificación disponibles para el año 1997, primera vez que se realizó un relevamiento de toda el área. En 2003 actualizaron estos datos (Corso *et al.*, 2011). Los datos de 2012 corresponden a mediciones a campo propias realizadas durante agosto de 2012, con el apoyo del CIATE-FAUBA, respetando los mismos puntos de muestreo. Se considera que estas dos fuentes de información son comparables entre sí y permiten evaluar la tendencia del proceso de desertificación, razón por la cual se utilizan en este trabajo.

Para construir los indicadores biofísicos se utilizó la planilla que se presenta en la tabla 2. Se destaca que en la

campaña de 2012 se agregó la medición de rugosidad del suelo (Maggi y Navone, 2011).

El método de medición para la construcción de indicadores biofísicos contiene información cuantitativa y cualitativa tales como erosión hídrica, erosión eólica, textura superficial, porcentaje de cobertura vegetal, fisonomía, salinización, características climáticas (viento, precipitaciones), uso de la tierra, presión animal (tipo y carga), presión antrópica, rugosidad.

La cobertura vegetal en cada una de las unidades cartográficas se midió por líneas de intercepción (Mueller-Dombois, 1966) de 50 m con 5 repeticiones distribuidas al azar en sitios de muestreo dentro de las siete áreas muestras. Se puso especial énfasis en esta característica ya que es fundamental para evaluar la degradación de tierras (Espoz Alsina *et al.*, 2002).

El perfil fisonómico-estructural de la vegetación fue representado por el método de Danserau (1951) modificado por Movia, Soriano y León (1987), en tanto el diseño de distribución se analizó sobre la base del mapeo en el terreno de algunos cuadrados de 2 m x 2 m en los que se ubicaron los centros de los arbustos y matas de pastos, se midieron los diámetros y se agruparon en clases simétricas de 5 cm x 5 cm (Navone y Palacín, 2002).

La erosión hídrica se midió a través de la pendiente, tipo de proceso dominante: laminar, surcos o cárcavas, densidad de surcos/cárcavas, presencia del relieve.

En cuanto a salinidad se midió presencia de sales en la superficie del suelo en terrenos irrigados artificialmente, a través de la conductividad eléctrica medida en laboratorio (FAO-PNUMA, 1987).

La presión antrópica es una medida directa del efecto de las actividades humanas en los procesos de desertificación. La presión animal representa el impacto de la carga

ÁREA MUESTRA
FECHA:
GPS
UC
MUESTRA
GEOFORMA
Presión humana
Agricultura
Cultivos
Tecnología (Arado) (Riego)
Alambrado
Presión animal
Tipo
Carga
Pastizal Nat/ Implantado
Estado
Vegetación
% de cobertura
% Arbustal
Arbustal (diámetro)
% gramíneas
% hojas anchas
% cactáceas
Suelos
Textura
Encostramiento
% cobertura de pedregosidad
% grava superficial
Erosión Hídrica Actual
% pendiente
Sedimentación
Erosión laminar
Surcos
Cárcavas
Rugosidad
Erosión Eólica Actual
% médanos
% montículos
% deposiciones
Suelo suelto
Rugosidad por pedregosidad
Humedad

Tabla 2. Planilla de campo para determinación de indicadores.

Fuente CIATE (2012).

animal (número de cabezas/superficie) en zonas de pastoreo. Ambas se midieron de acuerdo a la metodología propuesta por FAO-PNUMA (1987), comparando la capacidad potencial de carga con la densidad actual.

Se trabajo con imágenes Landsat TM 5 y 7 hasta 2010, luego complementadas con imágenes Modis y Aster a partir de ese momento, debido a la inoperatividad del Landsat 7.

Grado	Nomenclatura	T/ha/año
Ligero	1	< 10
Moderado	2	10-50
Grave	3	50-200
Muy grave	4	> 200

Tabla 3. Grado de desertificación.

Fuente: Elaboración propia basado en Navone y Espoz Alsina, 2003.

Dichas imágenes se georeferenciaron con puntos GPS obtenidos en las campañas en el terreno y se procesaron para obtener imágenes producto adecuadas a los propósitos de este trabajo (Palacín y Navone, 2002; Navone, 2011).

Para cada unidad cartográfica (estrato) se asigna valores a los atributos: cobertura vegetal, riesgo de erosión hídrica, riesgo de erosión eólica, riesgo de erosión, salinización, presión antrópica y presión animal. La sumatoria de los valores de los atributos determina el grado de desertificación.

Para la definición del grado de desertificación se utiliza la nomenclatura de la tabla 3, la cual se viene utilizando en el área bajo estudio.

Se asignaron valores de acuerdo a las mediciones y procesamiento de imágenes satelitales entre un rango 0 (presión nula) a 4 presión muy severa (Navone *et al.*, 2002), obteniéndose a partir de allí el grado de desertificación.

Determinación de indicadores socioeconómicos

La construcción de los indicadores socioeconómicos se realizó a partir de fuentes primarias de datos. Para ello se diseñó un modelo de encuesta a través de la revisión de literatura específica sobre el tema con el fin de identificar las variables de relevancia y teniendo en cuenta otras encuestas realizadas en la zona (Corso, 2007). Se analizaron además documentos del gobierno de la provincia de Catamarca (2005 y 2007) y trabajos realizados en los últimos años en la zona (Maggi y Navone, 2011).

La encuesta se realizó en las siete unidades cartográficas en las cuales se efectuaron las mediciones para evaluar el grado de desertificación (figura 1) en agosto de 2012. Para calcular el número de encuestas se partió de los datos preliminares del Censo Nacional Agropecuario 2008 que establece la cantidad de establecimientos agropecuarios en el área. A partir de este número, se determinó un tamaño de la muestra de 40 encuestas para el total del área. Esta cantidad cumple con la regla establecida que el tamaño de la muestra en relación con el tamaño de la población debe ser ≥ 0.05 .

Fuerte Quemado ha sido uno de los estratos donde no se realizó la encuesta, por un lado esta localidad se encuentra en Tucumán (fuera del área de estudio) y porque la mayoría de las personas dejaron de producir.

Se realizó un muestreo aleatorio estratificado, siendo cada una de las unidades cartográficas un estrato⁴ (características del suelo y actividad predominante) (Mason

y Lind, 1998). La muestra estratificada en este caso es no proporcional, ya que consultadas autoridades locales de Santa María manifestaron que no se dispone de datos del

Área de estudio y referencias



Referencias

- Ríos y Arroyos
- RN 68
- RN 40
- AMAICHA DEL VALLE
- ANIMANA
- CAFAYATE
- CHANAR PUNCO
- COLALAO DEL VALLE
- FAMATANCA
- LAS MOJARRAS
- LORO HUASI
- SAN CARLOS
- SAN JOSE
- SANTA MARIA
- LA SOLEDAD



Fuente: Elaboración propia en base a datos de IGN

Figura 1. Ubicación de las áreas estudiadas.

Fuente: Elaboración propia basada en IGN.

⁴El estrato hace referencia al conjunto de elementos que comparten ciertos caracteres comunes y que se integra con otros conjuntos para la formación de una entidad (Mason y Lind, 2000).

total de los pobladores por estrato, dato que tampoco se dispone a nivel censal, es por ello que se optó por buscar dentro de cada estrato los productores más representativos, en función de informantes claves (CIATE, comunicación personal, 2012).

Las variables relevadas tienen en cuenta las características del productor y de su establecimiento con el objeto de conocer las principales actividades productivas, ubicación y superficie total del establecimiento, tipo de tenencia de la tierra e ingresos de la población. Los datos de las encuestas han sido codificados y procesados en una base de datos en Excel para luego exportarlo al *Statiscal Package for the Social Science* (SPSS) a partir del cual se construyeron los indicadores socioeconómicos.

Los indicadores utilizados en este trabajo fueron:

- Porcentaje del tamaño de las explotaciones agropecuarias, según estrato. Para caracterizarlo se utilizaron los rangos de menos de 5 ha, entre 5 y 10 ha y más de 10 ha. La selección de estos rangos se debe a que en el área bajo estudio la unidad económica es de 5 ha con riego (Maggi y Navone, 2011).
- Porcentaje de productores según tenencia de la tierra por estrato. Para la selección del tipo de tenencia de tierra se siguió la tipología utilizada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC, 2002).

- Porcentaje del ingreso de las personas por quintiles por estrato. Se adaptó la metodología propuesta por CEPALSTAT (CEPAL, 2004), adaptada a la muestra trabajada. Para este indicador se calcula el ingreso total⁵ de cada familia encuestada. El ingreso total incluye los ingresos prediales, los ingresos extraprediales (oferta de mano de obra fuera del establecimiento), autoconsumo y fuentes no laborales: jubilaciones, pensiones y subsidios. El ingreso total de la familia se divide por el número de personas por hogar, obteniendo el ingreso per cápita. A partir de estos se construyen los quintiles (cinco grupos de igual tamaño). Luego se calcula el porcentaje de ingreso del quintil en relación con el total de la población.
- Porcentaje de la población debajo de la línea de pobreza e indigencia por estrato. Se adaptó la metodología seguida en el país (INDEC, 2003) y CEPALSTAT (CEPAL, 2004) ajustada a los datos obtenidos. Con el ingreso per cápita se compara la línea de pobreza e indigencia a través de la canasta básica calculada por INDEC (INDEC, 2012), estableciendo el porcentaje de personas por debajo de la línea de pobreza e indigencia.

RESULTADOS

El grado de desertificación para los años 1997 y 2012 se presenta en la tabla 4.

Área	Unidad cartográfica	Tipo suelo	Uso predominante suelo	Grado de desertificación 1993	Grado de desertificación 2012
1. San José	Relictos de bosques de Prosopis.	Typic Torriorthent con fase por pendiente (unidad pura).	Chacareros, producción agrícola intensiva.	2	3
2. Loro Huasi	Relictos de bosques de Prosopis.	Camborthid típico.	Chacareros, producción agrícola intensiva. Pastoreo intensivo.	1	2
3. El Puesto	Estepa arbustiva de Larrea divaricata.	Torrripsament ústico 70% y Torriorthent típico 30%.	Agricultura intensiva. Pastoreo caprino extensivo. Desmonte indiscriminado	3	4
4. Las Mojaras	Bosque abierto de Prosopis alba y Prosopis flexuosa.	Camborthid típico (unidad pura).	Agricultura intensiva. Pastoreo extensivo. Desmonte.	3	4
5. La Soledad	Bosque abierto de Prosopis alba y Prosopis flexuosa.	Camborthid típico (unidad pura).	Agricultura intensiva. Vitivinicultura	1	1
6. Viñas del Chañar Punco	Relictos de bosques de prosopis	Torriorthent típico fase por pendiente.	Agricultura intensiva	1	2
7. Fuerte Quemado	Estepa arbustiva de Larrea divaricata	Torrripsament ústico 70% y Torrripsament típico 30%	Agricultura intensiva. Pastoreo caprino extensivo	1	2

Tabla 4. Grado de desertificación por estrato

Fuente: Elaboración propia.

⁵Un aspecto problemático de esta metodología –que no es exclusivo de nuestro país– es la subdeclaración o no declaración de ingresos por parte de una fracción de los hogares encuestados (INDEC, 2007).

	Menos 5 ha	Entre 5 y 10 ha	Más de 10 ha
San José	29	43	29
Loro Huasi	75	13	13
El Puesto	60	30	10
Las Mojaras	43	43	14
Chañar de Punco			100
La Soledad			100

Tabla 5. Porcentaje del tamaño de las explotaciones agropecuarias por estrato.

Fuente: Elaboración propia basada en encuestas.

	Propietario	Mediero	Arrendatario
San José	100		
Loro Huasi	89		11
El Puesto	40	50	1
Las Mojaras	86		14
Chañar de Punco	100		
La Soledad	100		

Tabla 6. Porcentaje de productores según tenencia de la tierra, por estrato.

Fuente: Elaboración propia basada en encuestas.

Quintil	Mínimo	Máximo	% de la población	% de la suma de ingresos
1	0	300	20	0,21
2	300	650	20	0,69
3	650	1850	20	1,75
4	1850	3850	20	4,15
5	3850	160000	20	93,19

Tabla 7. Porcentaje del ingreso de las personas por quintiles, total encuestado.

Fuente: Elaboración propia basada en encuestas.

De acuerdo a la metodología descripta, se calcularon indicadores socioeconómicos. En cuanto al tamaño de las explotaciones agropecuarias, los resultados se presentan tabla 5.

Del análisis del cuadro 4, todos los estratos han aumentado su grado de desertificación comparando los valores del año 1997 (línea de base) y 2012, excepto en La Soledad.

Las localidades en donde más ha aumentado el grado de desertificación han sido El Puesto y Las Mojaras en los que pasó de grave a muy grave. Si se relaciona este re-

sultado biofísico con los indicadores socioeconómicos, se observa que en ambas localidades existe un elevado porcentaje de productores con un tamaño de las explotaciones menor a la unidad económica (tabla 5).

En San José la variación de la desertificación pasó de moderada a severa. Por otra parte el grado de desertificación pasó de ligero a moderado en Loro Huasi, Fuerte Quemado y Viñas del Chañar de Punco. Esto demuestra que el área en general sufrió en los últimos años un avance en el proceso de desertificación.

Cabe destacar que La Soledad fue la única que no sufrió un aumento del grado de desertificación. Actualmente se están realizando estudios desde el CIATE (2011), donde se identificó que prácticas tales como labranza reducida, deforestación en franjas y curvas de nivel constituyen importantes avances para el manejo sustentable del área. Por otra parte, es esta la única área donde los surcos no siguen la pendiente del terreno (Corso *et al.*, 2011), lo que ya aconsejaba el CFI en 1987, para el área de estudios a fin de evitar la erosión hídrica y las pérdidas por escorrentía.

Los resultados del porcentaje de productores según tenencia de la tierra, por estrato, se presentan en tabla 6.

Merece atención la relación entre desertificación y tenencia de la tierra. Si bien para la mayoría de los encuestados son propietarios de la tierra, en El Puesto y Las Mojaras, donde la desertificación pasó de grave a muy grave existen otras formas de tenencia de tierra más precaria como la mediería y el arrendamiento.

En cuanto al porcentaje del ingreso de las personas por quintiles, se presentan para el total del universo encuestado (tabla 7) y para cada localidad (tabla 8).

En cuanto a los ingresos de los encuestados, en la tabla 7 se observa que en la distribución por quintil el 20% de la población concentra el 93% de los ingresos, lo que manifiesta una distribución muy desigual.

Estos valores son muy superiores a los encontrados a nivel provincial y nacional. Comparando los valores obtenidos en este trabajo con los obtenidos a nivel provincial para el período bajo análisis se observa que el 20% de la población con mayores ingresos concentra el 46,5% de los ingresos, valor semejante a la media nacional donde en este rango se concentra el 46,8% de los ingresos.

A partir de esta información, se comprobó la necesidad de evaluar la distribución del ingreso para las localidades analizadas. Por ello se si observa la tabla 8, se puede apreciar que El Puesto y Loro Huasi presentan un alto porcentaje de personas cuya distribución del ingreso se encuentra entre los dos primeros quintiles. Cabe destacar que en Viñas del Chañar de Punco y La Soledad el total de los encuestados se encuentran en el último quintil por ser ambas áreas ocupados en la mayor parte por empresarios que se dedican a la producción de vid.

Sin embargo en Viñas del Chañar de Punco la desertificación pasó de leve a moderada, razón por la cual deberían profundizarse los estudios socioeconómicos.

	Primer quintil	Segundo quintil	Tercer quintil	Cuarto quintil	Quinto quintil
San José	14	14	29	14	29
Loro Huasi	50	38	0	13	0
El Puesto	30	30	20	10	10
Las Mojarras	7	7	29	36	21
La Soledad	0	0	0	0	100
Viñas del Chañar de Punco	0	0	0	0	100

Tabla 8. Porcentaje del ingreso de las personas por quintiles, por estrato

Fuente: Elaboración propia basada en encuestas.

	Línea de pobreza	Línea de indigencia
San José	14,29	14,29
Loro Huasi	25	37,5
El Puesto	40	20
Las Mojarras	7,14	0

Tabla 9. Porcentaje de la población debajo de la línea de pobreza e indigencia, por estrato.

Fuente: Elaboración propia basada en encuestas.

Se consideró importante relacionar el grado de desertificación con la línea de pobreza e indigencia ya que existe consenso acerca de la estrecha relación entre pobreza y desertificación (Morales, 2005), los resultados se presentan en la tabla 9.

Del mismo porcentaje se desprende que los cuatro estratos con pequeños productores y donde ha avanzado la desertificación, San José, Loro Huasi, El Puesto y Las Mojarras, presentan un alto porcentaje de la población por debajo de la línea de pobreza e indigencia, lo que está demostrando la incidencia de la pobreza en la degradación de la tierra.

Como en el caso de la distribución del ingreso, los valores de pobreza e indigencia para el área bajo estudio superan a los valores nacionales y provinciales. Es así que el porcentaje de personas bajo la línea de pobreza e indigencia, al momento de realizar este estudio era para la provincia de 8% y 1,7%, respectivamente. En tanto a nivel nacional representaban el 5,4% y 1,5%.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La amenaza de la desertificación no es nueva en la zona, ya era conocida en la era Precolombina cuando era parte del Imperio Inca. Sin embargo, esta cultura utilizaba técnicas agrícolas tendientes a conservar la tierra y almacenar agua, tales como terrazas para controlar la erosión y cisternas para recolectar el agua de lluvia en los valles de las

montañas (Grove, 1997). Con la llegada de los españoles, se reemplazaron prácticas locales y ancestrales, desatendiendo la fragilidad de los ecosistemas, comenzando a partir de allí los procesos de desertificación (Espoz-Alsina y Navone, 2002).

Comprender cómo distintos factores convergen e interactúan para causar la desertificación en el área, permitirá predecir la respuesta de los ecosistemas a los cambios ambientales y socioeconómicos de manera de implementar las correcciones necesarias para minimizar el daño a tiempo.

Este trabajo dedica especial atención entre los aspectos socioeconómicos, tales como tamaño de las explotaciones, tenencia de la tierra, distribución del ingreso, pobreza e indigencia, y resultados biofísicos. Esto se debe a que si bien existen evidencias de causalidad entre estos factores, la mayoría de los trabajos aborda los aspectos biofísicos y solo marginalmente los aspectos socioeconómicos.

Como lo demuestra este estudio la desertificación está determinada por factores socioeconómicos (tenencia de tierra, tamaño de las explotaciones, ingresos y pobreza) y biofísicos (grado de desertificación) que ponen en peligro el sustento de las poblaciones más pobres que dependen de las actividades primarias. La desertificación se caracteriza porque la degradación avanza sobre umbrales, más allá de los cuales los ecosistemas que lo padecen no pueden restaurarse a sí mismos, necesitando de recursos externos cada vez mayores.

Confrontando con la extendida imagen de Argentina como país de "la pampa húmeda", "granero del mundo", queda demostrado el peso que tiene el hecho de que Argentina sea el país de las tierras secas, que se extienden sobre el 75% del territorio nacional, de las cuales 81,5% se encuentran afectadas por distintos grados de desertificación.

Una de las limitantes de la metodología para replicar a la misma escala o a escalas mayores es la necesidad de contar con fuentes primarias de información, en este caso encuestas en el área de estudio, ya que muchos datos para construir los indicadores y explicar las relaciones, a la escala analizada, no se encuentran disponibles a partir de fuentes secundarias. Una posible solución a este tema lo constituye aumentar la información secundaria sobre aspectos socioeconómicos (censos, encuestas de población

e ingresos) a nivel rural.

El análisis de los indicadores socioeconómicos indica una fuerte interdependencia que existe entre ellos y los resultados biofísicos, razón por la cual cualquier evaluación de los procesos de desertificación no debe dejarlos de lado.

Los suelos son el recurso geológico no renovable más importante para asegurar el agua, la energía y la seguridad alimentaria de las generaciones presentes y futuras, así como para adaptar y crear resistencia a las perturbaciones climáticas (Ibarra-Montoya *et al.*, 2011). Pero la capacidad de protección del suelo se suele olvidar y suele ser el eslabón perdido de nuestro marco de política y de trabajo para lograr un desarrollo sustentable. Algo semejante ocurre con la desertificación, a pesar de los esfuerzos y que este problema ya fue enunciado en 1992 en la Agenda 21, los procesos siguen avanzando.

Este trabajo demuestra que la evaluación del grado de desertificación y su relación con indicadores socioeconómicos resulta imprescindible a fin de monitorear este proceso de manera que se convierta en una alerta temprana a fin de tomar medidas para revertir estos procesos.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRAHAM, E.; CORSO, M.L.; MACCAGNO, P. 2011. Tierras secas y desertificación en Argentina. FAO (2011). En Evaluación de la Desertificación en Argentina. Resultados del Proyecto LADA/FAO: 13-64.
- ABRAHAM, E.; MONTANA, E.; TORRES, L. 2006. Desertificación e Indicadores: Posibilidades de Medición integrada de fenómenos complejos. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales ISSN: 1138-9788. Universidad de Barcelona. Vol. x, 24.
- ABRAHAM, E.; MACCAGNO, P. 2001. Argentine experience linked to obtain and evaluate indicators of desertification. En: Suivi-Evaluation, Monitoring-Evaluation. Indicateurs d'Impact et de Mise en Oeuvre des Programmes de Action de Lutte contre la Desertification. Concepts et experiences en Afrique-Asie et Amérique latine. OSS (Ed.). GTZ, UNCCD, CILSS, OSS, pág.15, Ginebra, octubre de 2001, Ed. CD.
- CABRERA, A. 1976. Regiones Fitogeografías Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II, Fasc. I. ACME.
- COLLADO, A.D. 1999. Desertificación y Dinámica Espacio-Temporal del Paisaje Dunar en la Región Central de San Luis, Argentina. Valoración Mediante Teledetección y SIG. Seminario Internacional sobre SIG y Teledetección aplicadas a la Ordenación del Territorio y el Medio Ambiente. Universidad de Talca, Chile. Pág. 59–68.
- CONVENCIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS DE LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN. CNULD. 1994. (www.unccd.int verificado el 4/abril/2012).
- CORSO, M.; NAVONE, S.; PIETRAGALLA, V.; BOSSIO, M.; MAGGI, A. 2011. Variación de la desertificación en la Cuenca del Río Santa María, Catamarca. Facultad de Agronomía UBA, 31 (3), 213-221.
- CRESPO LLENES, A. 2001. Régimen Jurídico Internacional de la Desertificación. (www.feei.org, verificado el 13 de septiembre de 2012).
- DEL VALLE, H.F.; ELISSALDE, N.O.; GAGLIARDINI, D.A.; MILOVICH, J. 1997. Desertification assessment and mapping in the Patagonian arid and semiarid region (Argentina). Control Desertification Bulletin. Pág. 6–11.
- ESPOZ ALSINA, C.; NAVONE, S.; MAGGI, A. 2002. A. Development of Desertification assessment method using a geographic information system: a case study in northwestern Argentina. Management Information Systems.
- FAILDE DE CALVO, V.; RAMILO, D. 2006. El desarrollo Rural participativo como herramienta de lucha contra la desertificación. FAO-PNUMA, 1984. Metodología provisional para la evaluación y la representación cartográfica de la desertización. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, pág. 74. (<http://www.ecopuerto.com/bicentenario/informes/Desertificacion.pdf>, verificado 27 de abril de 2012).
- GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE CATAMARCA. 2007. Dirección Provincial de Planificación. Subsecretaría de Planificación. Plan estratégico provincial. Informe de Avance. Catamarca. (http://www.planificacion.catamarca.gov.ar/org/INFORME_DE_AVANCE_PROVINCIA_DE_CATAMARCA.pdf, verificados 20 de septiembre de 2012).
- GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE CATAMARCA. 2005. Plan de desarrollo productivo provincial. (<http://www.produccioncatamarca.gov.ar/legislacion/Sectores%20Productivos/Plan%20Productivo%20Provincial.pdf>, verificado 20 de septiembre de 2012).
- GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE CATAMARCA. 2000. Atlas de Catamarca. (http://www.atlas.catamarca.gov.ar/index.php?option=com_content&id=102&Itemid=111&limitstart=5, verificado 20 de septiembre de 2012).
- IBARRA-MONTOYA, J.; ROMÁN, R.; GUTIÉRREZ, K; GAXIOLA, J.; ARIAS, V.; BAUTISTA, M. 2011. Cambios en la cobertura y uso del suelo en el norte de Jalisco, México: un análisis del futuro, en un contexto de cambio climático. *Ambi-Agua*, Taubaté, vol 6, n.º 2: 111-128.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS –INDEC– 2013. Canasta básica para adulto equivalente. (<http://www.indec.gov.ar/>, verificado 19 de abril de 2013).
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS –INDEC– 2002. Censo Nacional Agropecuario. (<http://www.indec.gov.ar/>, verificado 7 de junio de 2013).
- KHARIN, N.G.; ABRAHAM, E.M. (1992) Comparative analysis of the desertification assessment methodology used in the URSS & Argentine. *Problems of Desert Development* 3, Ashkabad, Turkmenian Academy of Sciences.
- LOBO, P. (2008). La Hidrografía y Agua en Catamarca. Editorial La Isla.
- M.A Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Consenso Científico sobre la Desertificación (<http://www.millenniumassessment.org/proxy/Document.796.aspx>, verificado 4 de abril de 2012).
- MAGGI, A.; NAVONE, S. 2011. Sitio Piloto en la Región de los valles Áridos. En FAO (2011) Evaluación de la Desertificación en Argentina. Resultados del Proyecto LADA/FAO, 148-203.
- MASON, R.D.; LIND, D. 1998. Estadística para administración y economía, 8.º edición. Alfaomega.
- MORALES, C. 2005. Pobreza, desertificación y degradación de tierras. En Pobreza, desertificación y degradación de los Recursos Naturales. CEPAL. GTZ.
- MOVIA, C.; SORIANO, A.; LEON, R. 1987. La vegetación de la cuenca del río Santa Cruz (provincia de Santa Cruz, Argentina). *Darwiniana* 28: 9-798.
- MUELLER-DOMBOIS, D. 1966. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, Nueva York. Pág. 547.

- NAVARRO, H.E. 1994. "Catamarca hacia un estudio integral de su geografía" Ed. Imprenta Diartegraf-Offset. Catamarca.
- NAVONE, S.; BARGIELA, M; MAGGI, A.; MOVIA, C. 2006. Indicadores Biofísicos de desertificación en el noroeste argentino. En Desarrollo metodológico en Indicadores de la Desertificación para América del Sur. IICA, BID.
- NAVONE, S.; ABRAHAM, E. 2006. Status and Trends of deserts en "Global Desert Outlook" Capítulo 4: State and trends of the World's deserts-73-88. Editor: Environmental Programme of the United Nations.
- NAVONE, S.; ESPOZ-ALSINA, C. 2003. Monitoreo de la Desertificación en los Valles Áridos y Semiáridos de Argentina. Revista de Teledetección. Asociación Española de Teledetección. Vol. N.º 18: 5-19.
- NAVONE, S; ESPOZ-ALSINA, C., MAGGI, A.E.; INTROCASO, R. 2002. Monitoreo de la desertificación en los valles semiáridos del noroeste argentino: Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica empleando indicadores biofísicos y socioeconómicos. Revista de Teledetección N.º 18, 5-19.
- NAVONE, S. M.; PALACIN, E. 2000. Identificación de la degradación y desertificación de las tierras en Santa María (Catamarca) a través del procesamiento de imágenes Radarsat. Revista Terra vol.18, N.º 4 Ma.
- PAOLI, H. 2002. Recursos Hídricos de la Puna, Valles y Bolsones Áridos del Noroeste Argentino. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Centro de Investigación, Educación y Desarrollo (CIED). (http://inta.gob.ar/documentos/recursos-hidricos-de-la-puna-valles-y-bolsones-aridos-del-noroeste-argentino-3/at_multi_download/file/RHP.pdf, verificado 17 de abril de 2015).
- PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). 2012. Perspectivas del Medio Ambiente Mundial. GEO 5. (<http://www.unep.org/spanish/geo/geo5.asp>, verificado 7 de junio de 2012).
- PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). 2007. Perspectivas del Medio Ambiente Mundial. GEO 4. ISBN: 978-92-807-2838-5.
- RAVELO, A.; PLANCHUELO, A.; GARCÍA, C.; SORIA, D.; MAGGI, A.; KINGART, A.; ELISSALDE, N.; SALOMONE, J. 2011. Evaluación de la desertificación a nivel nacional. En FAO (2011). Evaluación de la Desertificación en Argentina. Resultados del Proyecto LADA/FAO. ISBN: 978-92-5- 306978-1: 77-97.
- RUIZ, T.; FEBLES, G. 2004. La desertificación y la sequía en el mundo. Revista de investigación y difusión científica agropecuaria. ISSN 0188789-0 Rev. AIA. 8 (2): 3-16.
- RUÍZ HUIDOBRO, O.J. 1965. Hidrogeología del valle de Santa María, provincia de Catamarca, Argentina. Asociación Geológica Argentina. Revista: 20 (1): 29-66, Buenos Aires.
- SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE. 2005. Región Puna y Valles Áridos: Etapa II Definición y Priorización de Problemas, Objetivos, Hipótesis de Impacto y Actuación. (<http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=1462>, verificado 20 de septiembre de 2012).
- SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE. 1994. Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación-PAN. (<http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=463>, verificado 20 de septiembre de 2012).
- SKIDOMORE, L.; WOODRUFF, Y. 1968. Wind erosion forces in the United State and their use in predicting soil loss. USDA. Agricultural Handbook. Pág. 346.
- TINEO, A. 2005. Estudios Hidrogeológicos del Valle del Río Santa María – Provincia de Catamarca – (<http://insugeo.org.ar/publicaciones/docs/scg-20-0-00.pdf>, verificado 20 de septiembre de 2012) ISSN en línea 1666-9479.

Variabilidad espacial de la profundidad del suelo. Métodos de interpolación para el sudoeste bonaerense

FROLLA, F.D.; ZILIO, J.P.¹; KRUGER, H.¹

RESUMEN

La presencia de tosca es una de las principales limitantes de la producción agropecuaria del sudoeste bonaerense. La elaboración de mapas de profundidad de suelo resulta un paso previo a su manejo por ambientes. Se realizaron 199 observaciones, con sonda mecánica y en forma de malla semirígida, en un lote de 60 ha cercano a la localidad de San Germán (partido de Puán, provincia de Bs. As.). Los objetivos fueron: comparar la habilidad predictiva de dos métodos usuales de interpolación (Kriging ordinario y Ponderación de Distancia Inversa o IDW) y determinar la densidad mínima de observaciones requerida para delimitar unidades de manejo de suelos y cultivos. Los datos fueron desglosados en 5 densidades de puntos (0.5-0.75-1-1.5-2 observaciones.ha⁻¹). Los mapas obtenidos fueron contrastados con un set de observaciones reservadas específicamente con el fin de comparar la capacidad de predicción de estos. Se utilizaron estadísticos como el Promedio Cuadrado del Error (PCE), el Estimador de predicción (E) y el coeficiente de determinación para regresiones lineales y polinómicas. Se realizaron mapas de error para identificar la variabilidad de la predicción. Los interpoladores no presentaron diferencias marcadas en su exactitud, pero sí lo hizo la densidad de observaciones. Por su simplicidad relativa y una ligera tendencia a lograr mejores valores en los estadísticos utilizados, se sugiere el uso de IDW. Para la delimitación de unidades homogéneas de manejo en función de la profundidad de suelo se adoptó un mínimo de 1 observación ha⁻¹, recomendándose analizar la conveniencia de utilizar una densidad mayor de observaciones (1,5-2 ha⁻¹) en sectores complejos, de pobre estimación, que coincidieron con suelos de escasa profundidad.

Palabras clave: profundidad suelos, métodos de interpolación, densidad de observaciones, kriging

ABSTRACT

Petrocalcic horizons are among the main soil constraints to agricultural production in the south-west of Buenos Aires province. They decrease effective soil depth and water holding capacity. This paper deals with the mapping of soil depth. The objectives were: to compare predictive ability of two interpolation methods (ordinary Kriging and Inverse Distance Weighted, IDW), and establish the minimum observation density requirements to define management units. In a 60-ha production farm located near San Germán town (Puán district, Bs. As. province), 199 soil depth observations were performed using a mechanical probe. Data were grouped into 5 observation densities (0.5-0.75-1-1.5-2 observation ha⁻¹). Resulting maps were checked against a set of data reserved for this purpose. Statistics like Mean Square Error (PCE), goodness of Prediction estimator

¹Ilwis es un software elaborado bajo código abierto de libre copia y distribución desde fines del 2006 (Licencia GNU GPL). Más información en: <http://www.ilwis.org/>; <http://52north.org/communities/ilwis/>

(E), and coefficient of determination (R^2), for linear and quadratic regressions were used to estimate their precision. Maps representing the Interpolation Error (EI) were made to identify prediction variability. Interpolation methods showed no great differences in precision, but the increase in observation density improved mapping precision. Based on its relative simplicity and a slight trend to better statistics values, IDW is proposed as a possible standard method, with a minimum density of 1 observation ha^{-1} for this specific soil management maps. A higher observation densities ($1.5 - 2 ha^{-1}$), can be used to increase accuracy in more complex areas of this field related to shallow soils.

Keywords: soil depth, interpolation methods, observation density, kriging.

INTRODUCCIÓN

En la zona semiárida del sudoeste bonaerense la capacidad de retención de agua de los suelos, combinada con la variabilidad en las precipitaciones, condiciona la productividad de verdeos y cultivos de cosecha. Esta capacidad está definida principalmente por la porosidad, función de la composición granulométrica y la estructura del suelo y por la presencia de un horizonte petrocálcico ("tosca") que limita la exploración por las raíces.

El efecto del horizonte petrocálcico sobre los rendimientos ha sido mencionado para la zona semiárida y, en menor medida, para la subhúmeda (Calviño y Sadras, 1999; Ross, 2012; Puricelli *et al.*, 1997).

Ross (2012) estudió la influencia del horizonte petrocálcico sobre cultivos del sudeste bonaerense. Determinó que la profundidad del suelo resultó una variable de considerable importancia para analizar la variación espacial del rendimiento y encontró correlación entre profundidad efectiva y rendimiento en función de la densidad de muestreo, año y cultivo. Bragachini *et al.* (2010) observaron que la delimitación de ambientes sobre la base de la profundidad de la tosca permitió un mejor ajuste de la fertilización de cebada respecto del logrado a partir del uso de mapas de rendimiento-proteína.

Dada la influencia de la variable estudiada sobre la producción de cultivos, la determinación de áreas homogéneas por profundidad de suelos permite la aplicación de tratamientos agronómicos específicos (longitud de barbecho, densidad de siembra, nivel de fertilización), adecuados al potencial productivo de cada suelo. Esto representa una tecnología de procesos importante que optimiza el uso de insumos en un ambiente marginal de alto riesgo climático.

El método más simple, accesible y directo para establecer la profundidad es la sonda mecánica. Se trata de una varilla de acero de aproximadamente 1 cm de diámetro y 100 cm de largo, rematada por una punta triangular en su extremo inferior y un mango en forma de "T" en el superior. En condiciones favorables de humedad es relativamente sencilla su introducción en el suelo hasta tocar la superficie coherente del horizonte petrocálcico. Las observaciones así obtenidas pueden ser referenciadas geográficamente

con GPS (Sistema de Posicionamiento Global por sus siglas en inglés). Existen dispositivos más sofisticados como los sensores de conductividad eléctrica Veris y EM-38 (Peralta *et al.*, 2012), o los basados en la reflexión de ondas electromagnéticas como el Georadar (Bragachini *et al.*, 2010). Estos permiten realizar mapas de profundidad de suelos en forma rápida y, posiblemente, más precisa. Sin embargo se trata de equipamientos costosos, habitualmente no disponibles en la región.

La representación gráfica de la información obtenida puede realizarse sobre programas de uso libre como Google Earth, o bien utilizando programas más complejos que permitan la interpolación de los datos y el desarrollo de mapas a partir de observaciones puntuales (QGIS, R, ILWIS, SAGA).

Existen diversos métodos de interpolación: Ponderación de la distancia inversa (Inverse Distance Weighted), Vecino más cercano (Nearest-neighbor interpolation), y Kriging con sus variantes (Co-Kriging, universal, simple y ordinario). Los más utilizados en estudios de este tipo son Kriging y Ponderación de la Distancia Inversa. Algunos trabajos destacan mejores estimaciones para Kriging (Creutin *et al.*, 1982; Tabios y Salas, 1985; Warrick *et al.*, 1988; Laslett *et al.*, 1987; Leenaers *et al.*, 1990), mientras que otros autores lo hacen para IDW (Weber y Englund, 1992; Wollenhaupt *et al.*, 1994; Gotway *et al.*, 1996).

Los interpoladores se basan en la premisa que puntos cercanos están más relacionados entre sí que aquellos que se encuentran más lejanos. IDW y Kriging establecen un peso para cada punto utilizado en la interpolación. En la Ec.1 se muestra la fórmula del cálculo. Ambos métodos se diferencian en el modo de establecer el valor de W_i para cada punto.

$$Z^* = \sum_{i=1}^n W_i Z_i$$

Ec.1. Estimación de valores interpolados.

Referencias: Z^* : valor estimado o interpolado, Z_i : valores reales utilizados en el cálculo, W_i : peso o factor de ponderación.

Fuente: Modificado de Villatoro *et al.* (2008)

IDW establece pesos relativos en función de la distancia entre Z^* y los Z_i vecinos. A mayor distancia menor peso. El W_i es afectado en su cálculo por un exponente que se relaciona con la variabilidad de los datos. Se utilizan exponentes de grado 1 para datos con una buena distribución normal y hasta grado 4 para alta variabilidad entre datos.

Kriging utiliza la técnica del semivariograma. Este representa la varianza entre valores de puntos observados a distancias predeterminadas y permite estimar la distancia máxima dentro de la cual los puntos presentan dependencia espacial. Dentro de este rango, se estima el W_i mediante la Ec.2.

$$W=C^{-1} \cdot d$$

Ec.2. Cálculo del W_i en Kriging.

Referencias: C^{-1} : inversa de la semivarianza para un punto conocido, d : semivarianza de la distancia del punto desconocido al punto conocido.

Fuente: Elaboración propia para el presente trabajo.

La información sobre densidad de observaciones y confiabilidad de mapas en estos ambientes es escasa. Seasevalle (2013) comparó mapas de profundidad de suelos con observaciones espaciadas 20 y 60 m. Observó mayor precisión con la densidad mayor en suelos profundos (0,8 a 1 m), pero ambas densidades identificaron de forma similar los suelos con profundidad menor a 0,4 m. Según Krüger y Venanzi (2009), la determinación de la profundidad del suelo resulta dificultosa a causa de la variabilidad espacial de este parámetro. En relieves suavemente ondulados las menores profundidades se encuentran en la medialoma alta (menos de 50 cm) y las mayores en los bajos (70-100 cm.). Sin embargo esta asociación no siempre se verifica. Además en relieves planos se requiere un alto número de observaciones para obtener información confiable.

El número de observaciones requerido para la elaboración del mapa guarda relación con la precisión esperada y el objetivo de este. En el caso estudiado, el mapa de profundidades está destinado a delimitar grandes unidades de manejo de suelos, hecho que le confiere características especiales al balance entre precisión y trabajo de campo.

Los objetivos de este trabajo fueron: a) comparar la capacidad predictiva de ambos métodos de interpolación para el mapeo de la profundidad útil del suelo a nivel de predio en el sudoeste bonaerense y b) establecer valores mínimos de la densidad de observaciones requerida para la elaboración de unidades homogéneas de manejo de suelos y cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó en un lote de 60 ha cercano a la localidad de San Germán, partido de Puán, provincia de Buenos Aires. En él se realizaron 199 determinaciones de profundidad del

suelo hasta la capa de tosca mediante una varilla metálica graduada. Este número permitió desdoblarse el set de datos en grupos de observaciones que, distribuidas homogéneamente en el lote, determinaron densidades de 0.5-0.75-1-1.5-1.75 y 2 observaciones ha^{-1} . No se consideró viable la realización de más de 2 obs. ha^{-1} si la técnica está orientada al mapeo expeditivo por productores o asesores. Se reservaron los 79 puntos restantes para control de las interpolaciones. Este número representa un 60% de las observaciones en las densidades mayores, proporción que se estimó suficiente para tal fin. Se utilizó un diseño en malla semirígida, determinado por 10 transectas paralelas con observaciones a intervalos regulares de aproximadamente 60 m, las que fueron georreferenciadas con un GPS de mano (Garmin 12[®]).

Se obtuvo estadística descriptiva de los datos y se utilizó el test de Kolmogorov para analizar su normalidad. Se confeccionaron mapas de profundidad de suelos para cada grupo de observaciones utilizando el Software Ilwis 3.7.2. Los antecedentes locales sobre el uso de estas técnicas son escasos, por lo que se tomaron en cuenta los dos interpoladores más mencionados en estudios de carácter agronómico-edafológico: 1) IDW, con dos exponentes de ponderación (primero y segundo grado), con distancias de interpolación entre 100-180 m según la densidad de puntos y, 2) Kriging Ordinario. Se consideró que este tipo de Kriging ajusta mejor a la dinámica de los datos, con medias locales no necesariamente próximas a la media de la población, y limitando el dominio de estacionaridad de la media a la vecindad local media desconocida (Gallardo y Maestre, 2010). Se realizaron semivariogramas direccionales, calculando la distancia entre puntos que verifica la relación espacial, y comprobando la inexistencia de tendencias anisotrópicas en los datos que pudieran determinar variaciones en la aplicación del método.

Sobre los mapas logrados se colocaron los puntos de control contrastando el valor observado con el valor interpolado; esto permitió estimar el error de interpolación (EI), calculado como el cuadrado de las diferencias entre valores observados y esperados, así como representar su variación espacial en un mapa. Para comparar la exactitud de las interpolaciones se utilizaron además otros estadísticos. Promedio Cuadrado del Error (PCE): tal como fuera definido por Villatoro *et al.* (2008), es el promedio del residuo entre el valor estimado y el valor observado para un punto dado, elevado al cuadrado. Mientras más pequeño es este valor más exacta es la predicción. (Ec.3). Este estadístico difiere del denominado Error Cuadrático Medio en que no utiliza la raíz cuadrada del residuo.

El Estimador de predicción (E): compara el promedio general de los datos con los valores estimados. Cuando el valor de $E=100$ la predicción es perfecta, valores negativos indican la conveniencia de usar el promedio general del lote (Kravchenko, 2003). (Ec.4). R^2 : coeficiente de determinación para distintos tipos de regresiones (lineal, polinómica, exponencial), entre valores observados y predichos.

$$PCE=1/n \sum_{i=1}^n [Z(x_i)-Z'(X_i)]^2$$

$$E=(1- \{ \sum_{i=1}^n [Z(x_i)-Z'(X_i)]^2 / \sum_{i=1}^n [Z(x_i)-\bar{X}]^2 \})100$$

Ec.3-4. Superior: fórmula para el cálculo de PCE (Ec.3), donde $Z(X_i)$ es el valor observado; $Z'(X_i)$, el valor estimado o predicho y n , el número de puntos utilizado. Inferior fórmula utilizada en la elaboración del estadístico E (Ec.4), donde $Z(X_i)$ es el valor observado; $Z'(X_i)$, el valor estimado o predicho y \bar{X} , el promedio de la muestra.

Fuente: Ecuaciones modificadas de Villatoro *et al.* (2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fig.1 muestra el histograma y estadística descriptiva de los datos obtenidos. La bibliografía asume distribución normal para coeficientes de asimetría entre 0-0.5 y coeficientes de variación menores al 100%. Por otra parte, la prueba de Kolmogorov arrojó un valor $p=0.4016$ aceptándose la hipótesis de una distribución normal.

Para el método Kriging no se encontró una tendencia clara de anisotropía. Aunque se determinó anisotropía zonal, Gallardo y Maestre (2006) indican que esto no resulta un argumento suficiente para confirmar el supuesto de anisotropía. Por este motivo se confeccionaron semivariogramas isotrópicos (omnidireccionales) para todos los casos, con un alcance de 500 m.

En la tabla 1 se muestra un resumen de los estadísticos obtenidos para los interpoladores estudiados.

El estimador E siempre fue mayor que cero, indicando que el uso de la interpolación es más útil que el valor promedio del lote. Los R^2 de la tabla surgieron de regresiones polinómicas de segundo grado, las cuales mostraron el mejor ajuste.

En general los estadísticos señalan a IDW grado 2 (IDW-2), como el interpolador más preciso. Las diferencias fueron reducidas, indicando que los métodos probados no difieren mayormente en su capacidad de predicción para este sitio y variable.

La densidad de observaciones mostró mayor influencia sobre los estadísticos que el método de interpolación. La mayor diferencia entre IDW-2 y Kriging se obtuvo con la menor densidad de observaciones (0.5 obs.ha⁻¹) donde la cantidad de puntos fue escasa para la construcción del semivariograma y perjudicó la estimación. Ashraf y Abbaspour (2011) no obtuvieron diferencias comparando Kriging e IDW para evaluar la variabilidad de Ca, CaCO₃ y pH del suelo. Mallarino (2001) considera que, si hay suficientes puntos en un lote, el método de interpolación utilizado no es un factor de mucha importancia. Por otra parte Sainz Rozas *et al.* (2011) determinaron que tanto Kriging como IDW pueden ser utilizados para confeccionar mapas de CO y pH en una zona cercana a la de estudio.

El hecho de que Kriging no realice mejores predicciones puede deberse a la falta de estacionaridad de los datos. Esto implica que la media y la varianza dependan solo de la distancia que los separa y no de la posición espacial en el lote (Gutiérrez-López *et al.*, 2011). Se ha destacado que pequeñas variaciones en el relieve, atribuibles a cambios en las geoformas, suelen tener relación con la profundidad del horizonte petrocálcico, hecho no detectado por el interpolador debido a la mencionada falta de estacionaridad.

En forma general la precisión indicada por los valores de los estadísticos aumentó con la densidad de observaciones obteniéndose, como cabía esperar, el máximo con la mayor densidad. E y R^2 , intuitivamente más fáciles de interpretar,

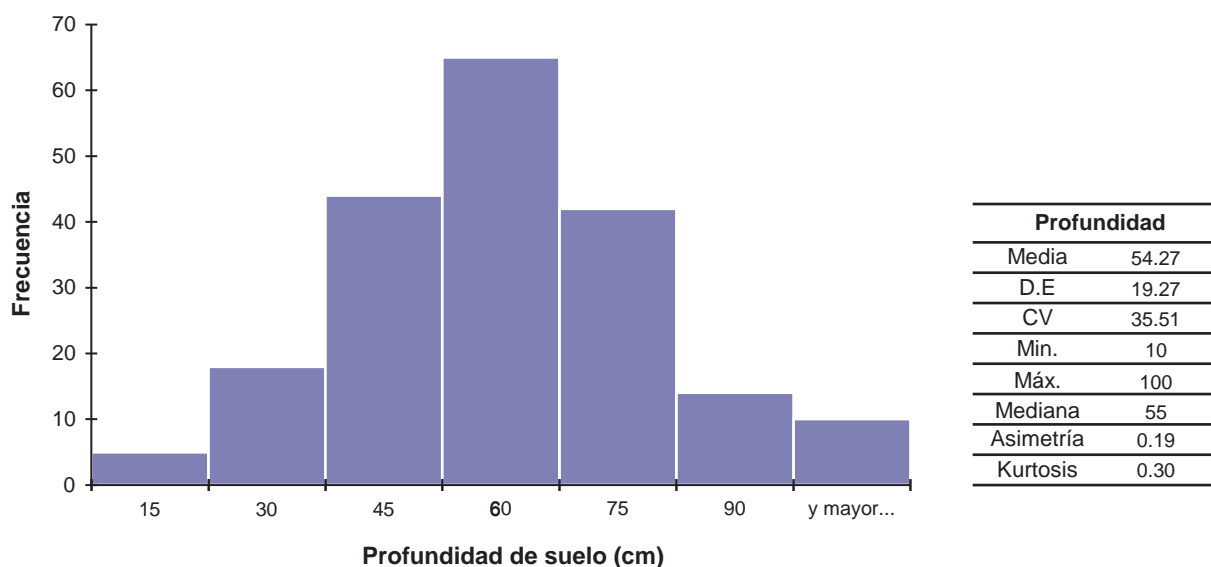


Figura 1. Histograma y análisis estadístico descriptivo de los datos obtenidos.

Fuente: Elaboración propia para el presente trabajo.

Interpolación	Indicador	Densidad observaciones (Obs./ha)					
		0,5	0,75	1	1,5	1,75	2
IDW-1	E	17,20	9,78	29,34	34,91	37,73	46,27
	PCE	357,68	389,73	305,25	281,19	269,01	232,08
	R ²	0,19	0,23	0,35	0,33	0,35	0,44
IDW-2	E	16,32	9,93	31,07	36,11	39,07	47,37
	PCE	361,07	388,67	297,44	275,68	262,93	227,10
	R ²	0,31	0,27	0,38	0,38	0,40	0,49
Kriging	E	14,40	4,98	26,01	27,54	36,02	45,97
	PCE	369,03	409,64	318,99	312,39	275,81	232,93
	R ²	0,21	0,24	0,32	0,29	0,37	0,49

Tabla 1. Resumen de los indicadores de exactitud evaluados.

E = Estimador de predicción, PCE = Promedio Cuadrado del Error, y R²= coeficiente de determinación para la regresión cuadrática entre valores observados y predichos.

Fuente: Elaboración propia para el presente trabajo.

muestran niveles de precisión entre 40 y 50%. De la misma forma, la variación de los estadísticos señala como poco precisas las dos densidades menores (0,5 y 0,75 obs. ha⁻¹), donde el nivel de precisión sería menor al 20%. Resulta llamativa la caída de los estadísticos en 0,75 obs.ha⁻¹, difícil de interpretar como no sea por una distribución de puntos menos homogénea que en los restantes grupos (fig.2).

En las densidades intermedias (1 a 1,75 obs.ha⁻¹), los valores tienden a estabilizarse. En función de esta carac-

terística y considerando aspectos operativos (trabajo de campo, tiempos, costos), se justifica optar por la menor densidad dentro de este rango (1 obs.ha⁻¹).

La fig.3 muestra los mapas de profundidad del suelo resultantes de la interpolación con Kriging ordinario e IDW-2 en tres densidades: 0,5-1 y 2 obs.ha⁻¹. Se observa que el detalle del patrón de distribución de profundidades aumenta con la densidad de observaciones sin presentar diferencias sustanciales entre interpoladores.

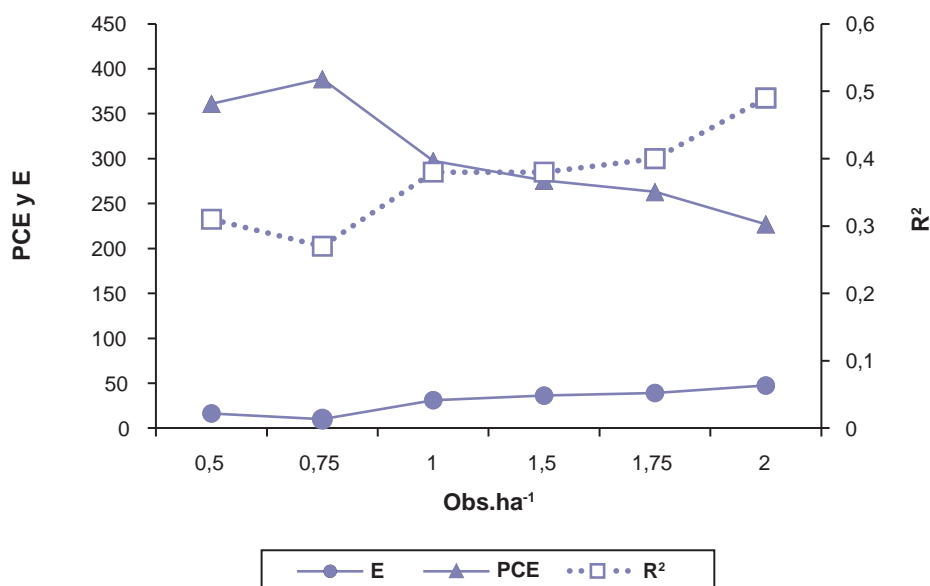


Figura 2. Variación de los estadísticos E, PCE y R² en función de la densidad de observaciones para el interpolador IDW-2.

Fuente: Elaboración propia para el presente trabajo.

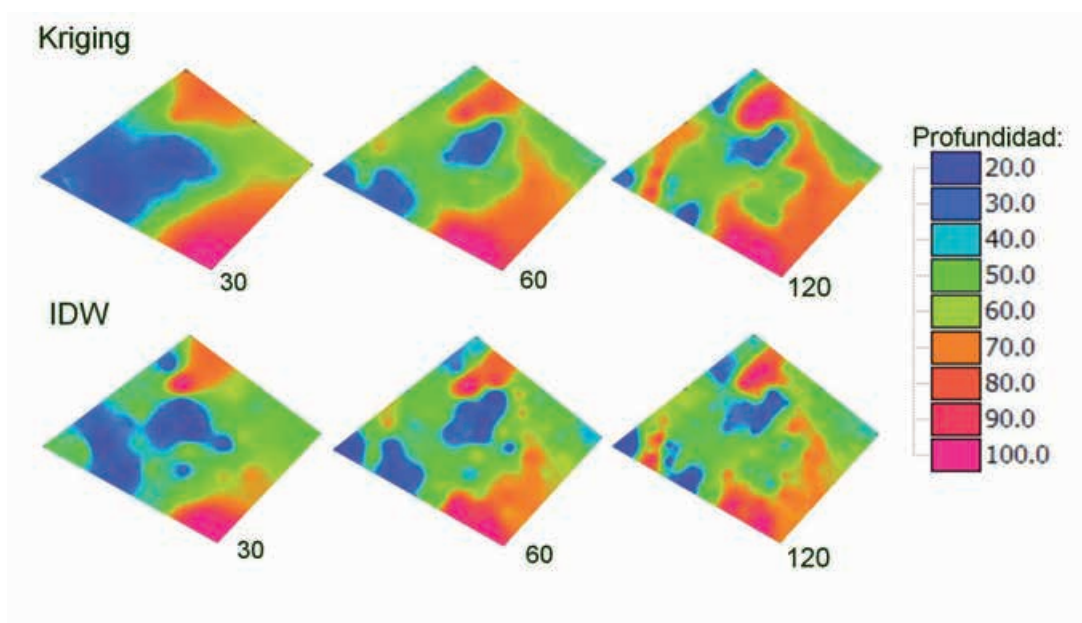


Figura 3. Mapas de profundidad de suelos elaborados con Kriging e IDW-2 (profundidades en cm). El valor en la base de cada mapa indica el número de puntos utilizados para su elaboración y corresponde a densidades de 0,5-1 y 2 obs. ha⁻¹ respectivamente.

Fuente: Elaboración propia para el presente trabajo.

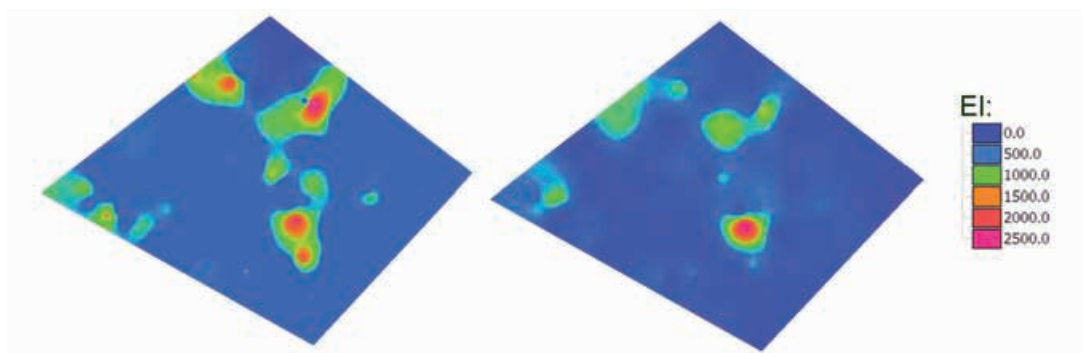


Figura 4. Variación espacial del error de interpolación (EI) para 0.5 (izq.), y 2 obs.ha⁻¹ (der.).

Fuente: Elaboración propia para el presente trabajo.

La finalidad con que se utiliza el mapa de profundidad de suelos incide sobre sus requerimientos de precisión. La maquinaria agrícola de última generación tiene capacidad para variar niveles de insumos en el orden de metros y demanda una alta precisión del mapa. El uso de maquinaria convencional requiere, en cambio, unidades de manejo de mayor tamaño relativo y forma geométrica regular. Esto implica la combinación de unidades cartográficas del mapa de profundidad y puede justificar una menor precisión relativa en función de aspectos operativos.

En la práctica, el lote de producción que aparece en la fig.3 fue dividido en dos unidades de manejo aproximadamente iguales: una mitad (superior izquierda), donde dominan valores de profundidad menores a 50 cm, y otra (inferior derecha)

con valores superiores. En función de las características climáticas y edafológicas de la región, en la primera se discute la conveniencia de realizar agricultura, mientras que en la segunda se recomienda la fertilización nitrogenada del trigo. Para esta delimitación cualquiera de las tres densidades de observaciones representadas en la figura hubiese resultado aceptable. Sin embargo, teniendo en cuenta la variación de los estadísticos representados en la fig.1, se entiende que 1 obs.ha⁻¹ resulta un compromiso aceptable entre costo (intensidad del trabajo de muestreo) y beneficio (precisión del mapa).

La fig.4 muestra la variación espacial del error de interpolación (EI), obtenido con densidades de 0,5 y 2 obs.ha⁻¹. El valor de EI aumenta a medida que el dato interpolado difiere del observado. De la comparación con la fig.3 sur-

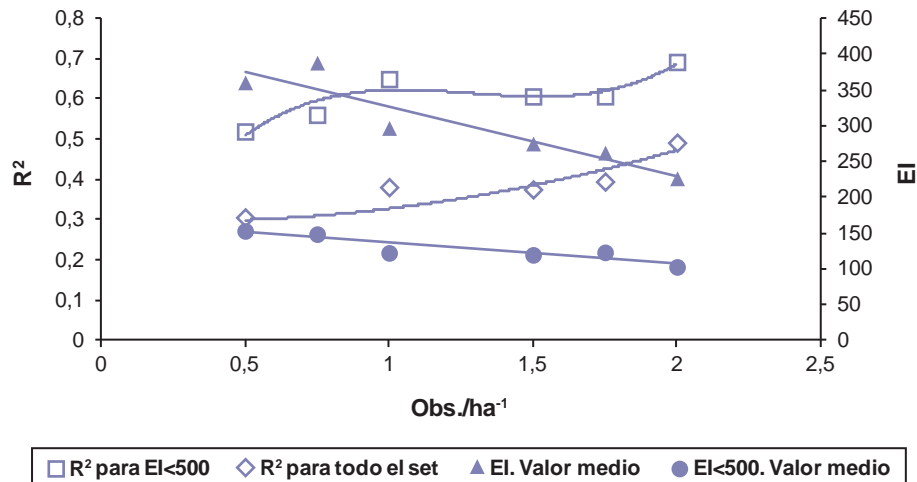


Figura 5. Densidad de observaciones y variación del valor medio de EI, y del R² de la relación valor interpolado vs. valor real. Se consideran el set de datos completo y un set reducido con EI < 500. Eje vertical izquierdo valores de R², eje vertical derecho valores para el EI.

ge que las áreas con mayores valores del EI se asocian con suelos de baja profundidad y con su transición hacia suelos más profundos. Al no coincidir exactamente la superficie topográfica con la superficie del horizonte petrocálcico, la transición entre suelos someros y profundos suele ser abrupta. El incremento del EI en estos casos se explica porque el valor interpolado, sobre la base de la profundidad de los puntos próximos, resulta muy diferente del real.

Una alternativa para mejorar la precisión del mapa sin incrementar sensiblemente la densidad de observaciones sería la detección de estos sectores complejos mediante un muestreo inicial de baja intensidad y su posterior incremento en ellos a fin de disminuir el EI. Al respecto Ross (2012) destaca en su trabajo la presencia de microambientes con mayor variabilidad en la profundidad a la tosca, donde recomienda mayor número de observaciones.

La fig.5 analiza el incremento esperado del EI a través de la correlación entre los valores interpolados y los reales para distintas densidades de observaciones. Para ello se comparó, en cada densidad de muestreo, el set total de datos con un set reducido formado por todos aquellos puntos con EI < 500, logrado a través de la exclusión de sectores conflictivos por cambios abruptos en la profundidad del suelo. Esta eliminación afectó aproximadamente un 20% de los datos estudiados. Se observa un aumento medio de 0,2 puntos en el R² y una sensible disminución del EI. Estos datos indican la conveniencia de realizar nuevas experiencias a fin de chequear esta hipótesis.

CONCLUSIONES

En zonas como la estudiada fue posible la realización de mapas de profundidad de suelos con fines de manejo por ambientes. Los métodos disponibles, aunque laborio-

sos desde el punto de vista del trabajo de campo, fueron relativamente simples y accesibles.

Los interpoladores estudiados no mostraron diferencias importantes en su capacidad de predicción. Por su mayor facilidad de cálculo y una ligera tendencia a lograr mejores valores en los estadísticos utilizados se sugiere el uso de la Ponderación de Distancia Inversa (IDW), grado 2.

La precisión de los mapas aumentó con la densidad de observaciones en el rango 0,5-2 obs./ha⁻¹. Para el caso especial de la delimitación de unidades de manejo por ambientes con maquinaria convencional, una densidad de 1 obs./ha⁻¹ produjo valores de precisión aceptables.

Se detectó un mayor error de interpolación en áreas de suelos someros y su transición hacia suelos más profundos. Se requiere mayor información acerca del posible efecto de la aplicación de densidades de muestreo variables sobre la precisión del mapa resultante.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Sra. Ana María Del Elce y a la Ing. Agr. Magalí Gutiérrez la posibilidad de realizar este estudio en su establecimiento y a los ayudantes de campo Sres. Rubén Elorriaga y Rubén Giménez por su colaboración en tareas de campo.

BIBLIOGRAFÍA

ASHRAF, S.; ABBASPOUR, H. 2011. Study Of Soil Properties, Using Kriging and In Inverse Distance Weighting Methods. *Advances in Environmental Biology*. Vol. 5(9), 2870-2875.

BRAGACHINI, M.; MÉNDEZ, A.; SCARAMUZZA, F.; VÉLEZ, J.; VILLARROEL, D.; MASSIGOGÉ, J. 2010. Análisis del rendimiento y la calidad de la cebada cervecera en función de la profundidad de

- tosca en el perfil del suelo. INTA EEA Manfredi, Chacra Experimental Integrada Barrow del INTA. (<http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/monitores-rendimiento/Analisis-Rendimiento-YCa-lidad-Cebada-Cervecera.asp>, verificado: 10 de enero de 2013).
- CALVIÑO, P.A.; SADRAS, V.O. 1999. Interannual variation in soybean yield: interaction among rainfall, soil depth and crop management. *Field Crops Research* 63, 237-246.
- CREUTIN, L.; OBLED, C. 1982. Objective analyses and mapping techniques for rainfall fields: An objective comparison. *Water Resour. Res.* Vol.18, 413-431.
- GALLARDO, A.; MAESTRE, F.T. 2006. Geo-estadística. Asociación Española de Ecología Terrestre. *Revista Ecosistemas*. Vol.15(3), 48-58.
- GALLARDO, A.; MAESTRE, F.T. 2010. Métodos geo-estadísticos para el análisis de datos ecológicos espacialmente explícitos. Universidad Rey Juan Carlos. (http://www.escet.urjc.es/biodiversos/espaa/investigacion/intercambio/doc/publicaciones/Ecologia_espacial_book_Cap6.pdf, verificado: 12 de enero de 2013).
- GOTWAY, C.A.; FERGURSON, R.B.; HERGERT, G.W.; PETERSON, T.A. 1996. Comparison of kriging and inverse-distance methods for mapping soil parameters. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol 60, 1237-1247.
- GUTIÉRREZ-LÓPEZ, A.; RAMÍREZ, A.; LEBEL, T.; SANTILLÁN, O.; FUENTES, C. 2011. El variograma y el correlograma, dos estimadores de la variabilidad de mediciones hidrológicas. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia*. Vol. 59, 193-202.
- KRAVCHENKO, A. 2003. Influence of spatial structure on accuracy of interpolation methods. *Soil Sci. Soc. of Am. Journal* 67:1564-1571.
- KRÜGER, H.; VENANZI, S. 2009. El agua y el rendimiento del trigo. Algunos cálculos. INTA Estación Experimental. Agropecuaria Bordenave. (<http://inta.gob.ar/documentos/el-agua-y-el-rendimiento-del-trigo.-algunos-calculos/>, verificado: 27 de enero de 2013).
- LASLETT, G.M.; MCBRATNEY, A.B.; PAHL, P.J.; HUTCHINSON M.F. 1987. Comparison of several spatial prediction methods for soil pH. *Journal of Soil Science*. Vol 38, 325-341.
- LEENAERS, H.; OKX J.P.; BURROUGH, P.A. 1990. Comparison of spatial prediction methods for mapping floodplain soil pollution. *Catena*. Vol 17, 535-550.
- MALLARINO, P. 2001. Manejo de Nutrientes Sitio-Específico con Énfasis en el Muestreo de Suelos y la Fertilización Variable con Fósforo y Potasio. Department of Agronomy Iowa State University. ([http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/43B08D9778E9A8020325700D005F3E1D](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/43B08D9778E9A8020325700D005F3E1D), verificado: 30 de enero de 2013).
- PERALTA, N.; PAGGI, M.; CALANDRONI M.; COSTA, J. 2012. Relación entre la conductividad eléctrica aparente y la profundidad del suelo en la diferenciación de suelos. XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- PURICELLI, C.A.; PURICELLI, M.M.; KRUGER H.R. 1997. Profundidad útil del suelo y rendimiento del trigo. EEA INTA Bordenave. *Boletín Técnico* N.º 14, Septiembre 1997.
- ROSS, F. 2012. Determinación espacial de la profundidad de suelo (tosca) y su relación con el rendimiento del cultivo. Chacra Experimental Integrada de Barrow. (<http://inta.gob.ar/documentos/determinacion-espacial-de-la-productividad-de-suelo-tosca-y-surelacion-con-el-rendimiento-de-cultivo/>, verificado: 20 de enero de 2013).
- SAINZ ROZAS, H. R.; ECHEVERRÍA, H.E.; ANGELINI, H.P. 2011. Niveles de carbono orgánico y pH en suelos agrícolas de las regiones pampeana y extrapampeana argentina. *Cienc. suelo*. Vol.29(1), 29-37. (http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672011000100004&ing=es&nrm=iso, verificado: 18 de enero de 2013).
- TABIOS, G.Q.; SALAS J.D. 1985. A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. *Water Resour. Bull.* Vol. 21, 365-380.
- VILLATORO, M.; HENRÍQUEZ, C.; SANCHO, F. 2008. Comparación de los interpoladores IDW y Kriging en la variación espacial de Ph, Ca, Cice y P del suelo. Universidad de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, Vol. 32(1). 95-105. San José, Costa Rica.
- WARRICK, A.W.; ZHANG, R.; EL-HARRIS, M.K.; MYERS, D.E. 1988. Direct comparisons between Kriging and other interpolators. En WIERENGA, P.J. and BACHELET, D. (ed.): *Proc. Validation of flow and transport models for the unsaturated zone*. New Mexico State University. Las Cruces, México.
- WEBER, D.; ENGLUND, E. 1992. Evaluation and comparison of spatial interpolators II. *Math. Geol.* Vol 24, 381-391.
- WOLLENHAUPT, N.C.; WOLKOWSKI, R.P.; CLAYTON, M.K. 1994. Mapping soil test phosphorus and potassium for variable-rate fertilizer application. *J. Prod. Agric.* Vol 7, 441-448.

Evaluación morfológica y fenológica de 10 clones de yerba dulce (*Stevia rebaudiana*) según el tiempo térmico

GUERRERO, D. R.¹; BÄR, A. ²; KRYVENKI, M.¹ y DOMÍNGUEZ, M.¹.

RESUMEN

El cultivo de la yerba dulce se está consolidando como una alternativa productiva para la provincia de Misiones. Este trabajo tiene como objetivo comparar variables morfológicas y tiempo térmico de las diferentes etapas y fases fenológicas en 10 clones de yerba dulce (tratamientos). Las observaciones se registraron desde septiembre de 2010 a abril de 2011. El cálculo del tiempo térmico se realizó con el método residual tomándose como temperatura base 10 °C. Las variables morfológicas mostraron diferencias significativas entre algunos de los tratamientos para el número de hojas expandidas, número de tallos secundarios, número de entrenudos y altura de planta en cm; sin embargo no se registraron diferencias para el número de tallos primarios en ninguno de los clones. El clon T9-STK12 requirió el mayor tiempo térmico para completar la etapa vegetativa (1993 grados día). Para iniciar la etapa reproductiva (inicio de botón floral) los clones necesitaron acumular entre 1596 (T9-STK12) y 857 (T1-STE21) grados día desde el inicio de la brotación, habiendo además superposición de estas etapas en todos los clones. La etapa reproductiva se dividió en tres fases (botón floral, flor abierta y fructificación). Para finalizar esta última se requirieron entre 1664 (T1-STE21) y 925 (T9-STK12) grados día. El presente trabajo permitió cuantificar variables morfológicas de los clones desconocidas anteriormente y evaluar su comportamiento fenológico. Estos resultados podrían ser utilizados para establecer diferentes técnicas apropiadas de manejo del cultivo (cosecha de hojas y semillas) y para la selección de nuevos materiales genéticos a partir de cruzamientos controlados.

Palabras claves: grados-día, fase, etapa, método residual.

ABSTRACT

Sweet herb crop is consolidating as a productive alternative for Misiones province. The aim of this work was to compare ten clones of Stevia (treatments) with respect to morphological variables and thermal time accumulation in the different phenological stages and phases. Observation period was September 2010 to April 2011. Residual method was used to calculate degree-days, taking 10 °C as base temperature. Morphological variables showed significant differences between treatments for number of expanded leaves, number of secondary stems, number of internodes and plant height in cm, and not for number of primary stems. Clone T9-STK12 required the greatest thermal time accumulation to complete vegetative stage (1993 degree days). To initiate reproductive stage (flower bud) clones needed to accumulate between 1596 (T9-STK12) and 857 (T1-STE21) degree-days. Overlapping stages were observed in all treatments. Reproductive stage was divided into three

¹Área Biotecnología Vegetal, EEA INTA Cerro Azul. guerrero.diego@inta.gob.ar

²Ing. Agr. Independiente.

stages (flower bud, open flower and fruit) and required to be complete between 1664 (T1-STE21) and 925 (T9-STK12) degree-days. This work allowed us to quantify morphological variables previous unknown for these clones and to evaluate their phenological behaviour. These results could be useful to establish appropriate crop management (leaves or seeds harvesting) and selection of new genetic material from controlled crossing.

Keywords: degree-days, phase, stage, residual method.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en la provincia de Misiones se ha generado la necesidad de diversificar la producción agrícola basada fundamentalmente en los cultivos de yerba mate, té y tabaco. Una de las alternativas que ha surgido es la producción de yerba dulce.

La yerba dulce es una planta perenne y herbácea, posee una raíz poco profunda que se distribuye cerca de la superficie del suelo (Bondarev *et al.*, 2003) y su tallo es subleñoso, con tendencia a inclinarse. Durante su desarrollo inicial no posee ramificaciones tornándose multicaule después del primer ciclo vegetativo. En condiciones óptimas, el tallo puede llegar hasta un metro y medio de altura (Sagakuchi y Tatasuiko, 1982; Guedes *et al.*, 2014). Las hojas son elípticas, ovales o lanceoladas, simples, de bordes dentados, algo pubescentes, distribuidas en verticilos alternos; de color verde oscuro brillante y superficie rugosa, de hasta 5 cm de largo por 2 cm de ancho. Esta es la parte vegetal mayormente utilizada como endulzante (Sojearto *et al.*, 1983, Melis *et al.*, 2009), siendo unas 30 veces más dulces que el azúcar de caña (Rojas Montoya 2009). De estas se extraen, a partir de diversas técnicas, los distintos componentes que contienen propiedades edulcorantes (Lv *et al.*, 2014), siendo los más importantes el esteviósido y el rebaudiósido A (Midmore y Rank, 2002), que en su forma pura son 200 a 300 veces más dulces que la sacarosa (Cardello *et al.*, 1999; Prakash *et al.*, 2008; Lorenzo *et al.*, 2014). Sin embargo se siguen registrando nuevos glicósidos de diterpeno, los cuales también pueden adquirir importancia (Ibrahim *et al.*, 2014). La flor es hermafrodita tubular, chica y blanquecina, sin fragancia perceptible, encontrándose en capítulos pequeños terminales o axilares, agrupados en panículas corimbosas (Rojas Montoya, 2009, Shock, 1982). La planta es autoincompatible; para desarrollar embriones fértiles es necesaria la polinización cruzada principalmente realizada por insectos. El fruto es un aquenio que se disemina fácilmente por el viento, estos se clasifican en: claro estéril, oscuro fértil y oscuro estéril (Carneiro 1990). La multiplicación de esta planta puede realizarse en forma sexual partiendo de semillas o asexual a partir de estacas (Casaccia y Álvarez, 2006), división de matas o porciones de hojas y ápices (Nower, 2014). Para esto se utiliza macropropagación (Kryvenki *et al.*, 2007) o cultivo de tejidos a través de la micropropagación (Jain *et al.*, 2012; Vázquez-Baxcajay *et al.*, 2014). Esta última técnica es muy estudiada por muchos investigadores porque

permite una alta tasa de multiplicación en períodos cortos de tiempo (Singh y Dwivedi, 2013; Razak *et al.*, 2014; Fakhrul *et al.*, 2014).

El crecimiento y desarrollo de la yerba dulce está influenciado en forma directa por los factores climáticos (Molero, 1984), por este motivo el conocimiento fenológico es relevante ya que permite generar información sobre las variaciones que ocurren en las plantas (Bello, 1988). Analizando la importancia del conocimiento de los eventos fenológicos, sumada a la falta de información de estos en yerba dulce, se advierte el valor de su estudio. A partir de lo mencionado se plantea el siguiente objetivo de trabajo: comparar variables morfológicas y el tiempo térmico de las diferentes etapas y fases fenológicas en 10 clones de yerba dulce. Las variables morfológicas seleccionadas presentan una relevante importancia a nivel productivo (obtención de hojas secas y plantines a partir de semillas) y el conocimiento de las diferentes etapas y fases fenológicas permitirá realizar apropiados manejos en futuros huertos semilleros policlonales como: selección de diferentes clones con fenologías similares para ser implantados, cruzamientos dirigidos utilizando clones que, en condiciones de campo, no se polinizarían y manejo de la recolección, almacenamiento y siembra de semillas para la obtención de plantines de calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un lote ubicado en las instalaciones de la EEA INTA Cerro Azul, Misiones, en el período comprendido entre el mes de septiembre de 2010 y abril de 2011. El suelo de la parcela presentó las siguientes características químicas y físicas: nitrógeno total 0,40%, fósforo extractable (P_2O_5) 30 ppm, potasio intercambiable 0,94 meq/100 g, materia orgánica 5%, CIC total 30 meq/100 g, pH agua (1:2,25) 6,11, arena 50%, limo 20%, arcilla 50% y densidad aparente 1,2 Kg/m³ (esta última se registró utilizando metodología para suelos pedregosos). Como material vegetal se utilizaron 10 clones de yerba dulce seleccionados por sus características agronómicas de un huerto semillero policlonal implantado en el año 2006. La selección se realizó a partir de la variabilidad que presentaron los clones durante 4 años con respecto a morfología y duración del ciclo vegetativo y reproductivo. Cada material genético contaba con 18 plantas, dando una totalidad de 180 plantas en el ensayo. Los plantines fueron obtenidos a través de propagación agámica (estacas) en condiciones

de invernáculo. Estos plantines, que tenían una altura promedio de 15 cm y un mínimo de 5 raíces, fueron plantados en el mes de marzo de 2010 en una parcela de 9,2 metros de longitud por 6 metros de ancho, en secano. El marco de plantación elegido fue de 0,4 m entre plantas y 0,5 m entre surcos: este espaciamiento facilitó los trabajos culturales y el registro de datos (Carneiro 1990).

Para la plantación se utilizó la siguiente metodología: el suelo fue rastreado y se marcaron los surcos con azada, la plantación se realizó en forma manual efectuándose posteriormente un riego a la parcela. Cada clon con sus respectivos 18 plantines se plantaron en 3 parcelas conteniendo 6 plantas cada una. Cada grupo (6 plantas) se distribuyó al azar en el terreno. Las borduras se implantaron de igual manera que las parcelas, utilizando únicamente el clon denominado T1-STE21.

Se fertilizaron con 15-15-15 (nitrógeno, fósforo y potasio) al inicio del ciclo (septiembre) a razón 20 gramos por planta, colocando el fertilizante a 10 cm de la planta. El desmalezado mecánico se hizo con azada y para el control sanitario de larvas cortadoras (*Argyrotaenia sphaleropa*) se utilizó el producto químico de marca comercial Galgotrin, conteniendo el principio activo denominado cipermetrina al 25%, a una dosis de 10 ml.L⁻¹.

Los tratamientos consistieron en 10 clones de yerba dulce designados como: T1-STE21, T2-STK1, T3-STK3, T4-STK5, T5-STK6, T6-STK9, T7-STK10, T8-STK11, T9-STK12 y T10-STK13.

El trabajo se inició el 1.º de septiembre de 2010, cuando se realizó una poda de uniformización a la totalidad de las plantas, cortando los tallos primarios a nivel del suelo con tijera de podar. Posteriormente, cuando se observaron los primeros rebrotes, se comenzó a registrar los datos en planillas confeccionadas para tal fin. A medida que los brotes se diferenciaban en tallos primarios se escogieron al azar tres de ellos, los cuales se identificaron con cintas de color amarillo, rojo y azul (colores que se encontraban en las planillas de toma de datos), cada una de estas fueron atadas en la base de los tallos, con la finalidad de hacer el seguimiento a los mismos durante todo el ciclo de la planta.

A continuación se describen las metodologías utilizadas para registrar los datos de las variables morfológicas y fenológicas seleccionadas:

- **Número total de hojas expandidas:** se contaron las hojas de los tallos primarios y secundarios que se encontraban marcados con las cintas de colores. Al final de cada conteo semanal se procedió a marcar con pincel y pintura de tela color blanco las últimas hojas expandidas, tanto de los tallos primarios como de los secundarios. En la siguiente toma de datos se realizó el conteo de las nuevas hojas desarrolladas por encima de dichas marcas.
- **Número de tallos primarios:** se realizó el conteo de todos los tallos primarios (tallos provenientes del cuello o corona de la planta).
- **Número de tallos secundarios/tallo primario:** se contabilizaron únicamente los tallos secundarios que se desarrollaron en las axilas de las hojas de los tallos primarios que poseían las cintas en su base.
- **Número de entrenudos/tallo:** Se contabilizaron, únicamente, los entrenudos de los tallos principales que poseían las cintas en su base.
- **Altura en cm:** se utilizó para ello un metro, se midió desde la base de la planta hasta el ápice del tallo más alto.
- **Peso de 1000 semillas oscuras (en gramos):** para cuantificar esta variable se procedió primeramente a la cosecha de semillas; para ello se utilizó una bolsa de polietileno negro de 10 litros de capacidad. La parte superior de la planta se introdujo en una bolsa e inclinada a 45 grados con respecto al suelo, se realizó un movimiento violento con el propósito de desprender las semillas maduras de la planta, quedando dentro de la bolsa. Luego, las semillas cosechadas se volcaron en recipientes de un litro de capacidad con su identificación correspondiente. Después de la cosecha, en el laboratorio, se procedió a separar las semillas claras de las oscuras y estas últimas se pesaron en una balanza de precisión.

Al no existir una metodología para registrar los datos fenológicos basándose en el tiempo térmico para yerba dulce, se propuso el siguiente método: se utilizó la fórmula de constante térmica Método Residual, la cual utiliza la sumatoria de la temperatura media en °C (grados centígrados) menos la temperatura base en °C establecida para el cultivo ($\Sigma T \text{ media} - T \text{ base}$). Las temperaturas medias se obtuvieron del Boletín Agro-meteorológico de la EEA Cerro Azul, Misiones, y la temperatura base seleccionada fue 10 °C, ya que a partir de esta, la planta de yerba dulce reanuda su actividad (Mizukami *et al.*, 1983).

Las variables seleccionadas para ser estudiadas fueron las siguientes:

- **Tiempo térmico etapa vegetativa:** se determinó el tiempo térmico en grados día acumulados desde el inicio de brotación hasta el fin de producción de hojas.
- **Tiempo térmico botón floral (inicio etapa reproductiva):** se determinó el tiempo térmico en grados día acumulados desde el inicio de brotación, hasta la aparición del primer botón floral.
- **Tiempo térmico en botón floral:** se determinó el tiempo térmico en grados día acumulados desde inicio del botón floral hasta la finalización de este.
- **Tiempo térmico en fase flor abierta:** se determinó el tiempo térmico en grados día acumulados desde la aparición de las primeras flores abiertas hasta que no se observaron más flores en dicho estado.
- **Tiempo térmico en fase de fructificación:** se determinó el tiempo térmico en grados día acumulados desde el inicio de aparición de frutos hasta el final de fructificación.

- **Tiempo térmico etapa reproductiva:** se determinó el tiempo térmico en grados día acumulados desde el inicio de botón floral hasta fin de fructificación.

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el completamente aleatorizado, con tres repeticiones por cada tratamiento establecido.

Los resultados obtenidos de las variables fenológicas y morfológicas fueron sujetos a un análisis de varianza (ANOVA), con un posterior test de comparación múltiple (Duncan) a un nivel de significancia del 5%, excepto para la variable peso de 1000 semillas oscuras, la cual solamente registró una sola repetición por cada tratamiento. Todos los análisis fueron realizados con el programa InfoStat versión 2011 (Di Rienzo *et al.*, 2011).

RESULTADOS

Variables morfológicas

Analizando las variables morfológicas se observó que los mayores valores obtenidos para el número total de hojas expandidas se registraron en los clones T3-STK3 y T4-STK5, presentando valores por encima de las 1186 hojas por planta, encontrándose diferencias significativas entre estos y los clones T10-STK13 y T8-STK11 que no superaron las 757 hojas expandidas por planta (tabla 1). También se halló que para la variable número de tallos primarios, los valores de las medias se encontraron entre 1,56 y 3,2 tallos/pl no difiriendo significativamente ninguno de los clones (tabla 1). Sin embargo, se registraron diferencias estadísticamente significativas en el número de tallos secundarios/tallo, presentando los mayores valores medios los clones T2-STK1 y T3-STK3 (superiores a 67 tallos secundarios/tallo).

Los mayores valores obtenidos para el número de entrenudos/tallo se observaron en los clones T4-STK5, T2-STK1, T3-STK3 y T1-STE21 (medias superiores a 34 entrenudos/tallo). No se encontraron diferencias significativas entre los clones citados anteriormente, pero sí se detectaron entre estos y los restantes. Para la variable altura de planta en cm, los valores de las medias de los clones estudiados se encontraron entre 93,28 cm y 127,8 cm (el 70% de estos superaron los 100 cm; tabla 1). También se observó la existencia de diferencias significativas entre los clones T1-STE21, T3-STK3, T8-STK11 y T9-STK12 y los restantes.

Del registro del peso de 1000 semillas oscuras surge que el 40% de los clones presentaron valores superiores a los 0,4 gramos (T1-STE21, T9-STK12, T5-STK6 y T8-STK11) encontrándose el mayor peso en el clon T1-STE21. El restante 60% mostró valores inferiores a los 0,36 gramos (tabla 1). Al no existir repeticiones para el registro de esta variable no se afirma que existan diferencias significativas para los datos obtenidos.

Variables fenológicas

En la figura 1 se aprecia que no existen diferencias significativas para la variable tiempo térmico acumulado hasta el fin de la etapa vegetativa. También se puede observar que los clones T9-STK12, T1-STE21, T2-STK3, T4-STK5 y T5-STK6 requieren valores por encima de 1800 grados día para completar esta etapa. En contraposición a estos se encuentran el 50% de los clones (T2-STK1, T6-STK9, T7-STK10, T8-STK11 y T10-STK12) los cuales requirieron valores por debajo de los 1800 grados día para completar dicha etapa.

Igualmente que para la variable descrita anteriormente, el clon T9-STK12 es el que requiere los mayores valores de tiempo térmico para el inicio de la etapa reproductiva (aparición del botón floral), demandando 1596 grados días.

Tratamientos Clones	N.º hojas expandidas	N.º tallos primarios	N.º tallos secundarios/tallo primario	N.º entrenudos/tallo	Altura cm	Peso 1000 semillas oscuras g
T1-STE21	975 abc	2,2 a	49,4 b	34,8 ab	127,8 a	0,444
T2-STK1	1175,39 a	2,72 a	67,56 a	38,72 a	93,28 c	0,339
T3-STK3	1194,92 a	2,75 a	67,17 a	38,5 a	120,17 a	0,343
T4-STK5	1186,73 a	2,91 a	61,64 ab	39 a	94,18 c	0,319
T5-STK6	1076,89 ab	2 a	52 b	32,22 bc	107 b	0,414
T6-STK9	876,33 bc	2,33 a	53 b	30,33 c	107,67 b	0,367
T7-STK10	922,22 ab	1,56 a	54,56 ab	34,11 bc	100,33 bc	0,293
T8-STK11	705,36 c	2,93 a	53,43 b	30,36 c	119,07 a	0,413
T9-STK12	1125,6 ab	3,2 a	55,5 ab	35,2 ab	125,6 a	0,419
T10-STK13	756,42 c	2,08 a	49,83 b	33,67 bc	97,33 bc	0,322

Tabla 1. Valores medios de las variables morfológicas: número de hojas expandidas/planta, número de tallos primarios/planta, número de tallos secundarios/tallo primario, número de entrenudos/tallo, altura de planta en cm y peso de 1000 semillas oscuras.

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para una misma variable de acuerdo con el test de Duncan ($p < 0,05$).

Para esta variable se detectaron diferencias significativas entre el clon T9-STK12 y los clones T10-STK13, T6-STK9, T2-STK1 y T1-STE21 (figura 1). Este último es el que presenta mayor precocidad para el inicio de la etapa estudiada (857 grados día).

En la figura 2 se puede apreciar el comportamiento de los clones en la etapa reproductiva (medido en tiempo térmico) y, dentro de esta, sus correspondientes fases (botón floral, flor abierta y fructificación). Con respecto al tiempo térmico necesario para completar la etapa reproductiva, el mayor requerimiento se observó en el clon T1-STE21 (1664 grados día), el cual difirió significativamente del 80% de los clones estudiados (T2-STK1, T3-STK3, T5-STK6, T6-STK9, T7-STK10, T8-STK11, T9-STK12 y T10-STK13), los que mostraron requerimientos menores a 1400 grados día.

También se observó que, para finalizar la fase de botón floral, nuevamente el clon T1-STE21 demandó la mayor acumulación de tiempo térmico (957 grados día), difiriendo significativamente de los demás clones. Los clones que acumularon menor tiempo térmico fueron el T7-STK10 y T9-STK12, registrando valores por debajo de 400 grados día para completar la fase.

El tiempo térmico necesario para completar la fase flor abierta en los diferentes clones se encontró entre 600 y 1700 grados día (figura 2). El máximo valor se registró

en el clon T8-STK11 (1609 grados día), este clon difirió significativamente de los clones que demandan menos de 1300 grados día para finalizar la fase (T2-STK1, T3-STK3, T4-STK5, T5-STK6, T6-STK9, T7-STK10, T9-STK12 y T10-STK13).

Con respecto al tiempo térmico necesario para finalizar la fase de fructificación, el mayor requerimiento se observó en el clon T1-STE21 (1254 grados día), difiriendo significativamente de los demás clones.

DISCUSIÓN

Variables morfológicas

En lo que respecta a las variables morfológicas estudiadas, los resultados obtenidos para el número de tallos primarios concuerdan con lo reportado para la variedad Iguazú CTM, la cual registró de 1 a 5 tallos primarios en el primer ciclo luego de una única poda de uniformización, clasificándose como variedad de mediana cantidad (INASE 2005). Sin embargo, Molero (1984) menciona datos preliminares de 40 tipos de yerba dulce mostrando valores promedio de 10,3 tallos/planta, los cuales son muy superiores a lo obtenido en los clones estudiados. Contrariamente con lo reportado en la variable anterior, la variedad Iguazú CTM supera ampliamente a los clones en el número de tallos se-

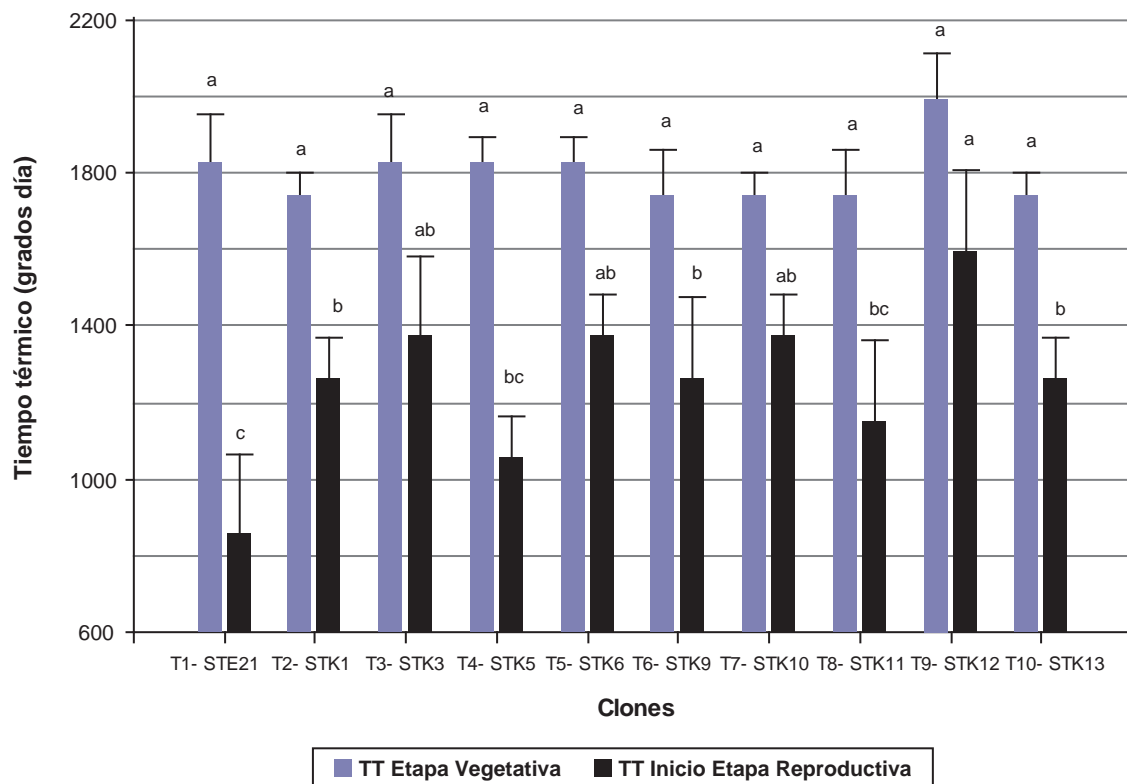


Figura 1. Valores medios de las variables fenológicas (tiempo térmico etapa vegetativa, tiempo térmico hasta inicio etapa reproductiva) expresados en grados día. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para una misma variable de acuerdo con el test de Duncan ($p < 0,05$).

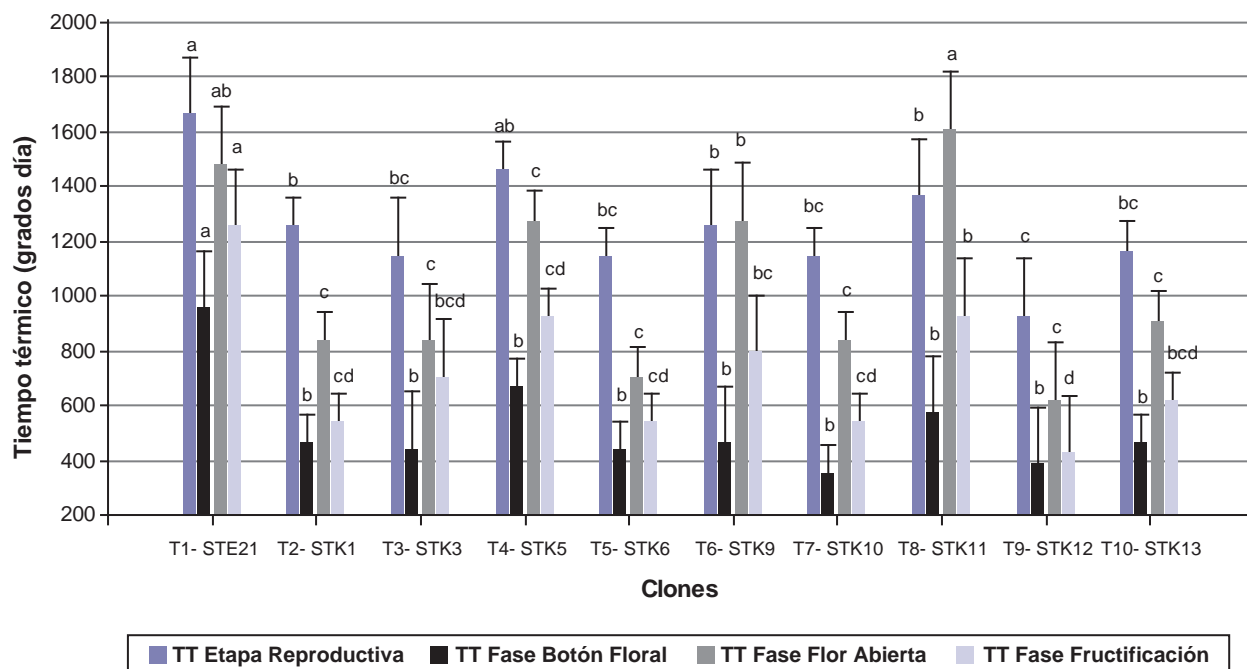


Figura 2. Valores medios del tiempo térmico de la etapa reproductiva y sus respectivas fases (tiempo térmico fase botón floral, tiempo térmico fase flor abierta y tiempo térmico fase fructificación) expresados en grados día. letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para una misma variable de acuerdo con el test de Duncan ($p < 0,05$).

cundarios, ya que presenta entre 80 a 150, clasificándose como variedad muy ramificada (INASE 2005).

Existen pocos trabajos publicados que reporten características morfológicas de yerba dulce. Sin embargo, Molero (1984) registró en su investigación 12 variables morfológicas en una colección de esta especie. Una de dichas variables fue el número de entrenudos en el tallo, para esta variable obtuvo un promedio de 18,9 (entrenudos) valor inferior a lo alcanzado por todos los clones en esta investigación. Otros investigadores como Casaccia y Álvarez (2006) presentan en su informe algunas características de la variedad clonal IAN/VC-142 (EIRETE) la cual posee un porte alto pudiendo alcanzar 120 cm de altura, valor similar a los clones con mayores medias registrados en este trabajo. Sin embargo, la descripción morfológica de la variedad Iguazú CTM muestra tallos primarios erectos de 40-70 cm de longitud (INASE 2005).

El peso de 1000 semillas es uno de los componentes de calidad utilizados en yerba dulce junto con la pureza, la viabilidad y la germinación. Randi y Felipe, (1980) obtuvieron los mayores porcentajes de germinación al utilizar semillas más pesadas. Los datos obtenidos del peso de 1000 semillas de los 10 clones superaron a los encontrados en la variedad DULCINEA 777 la cual registró 0,24 gramos (INASE 2005).

Variabes fenológicas

Los clones no poseen grandes diferencias en tiempo térmico para finalizar la etapa vegetativa. Sin embargo, estas

diferencias se aprecian en la etapa reproductiva, la cual muestra una gran variabilidad entre los materiales genéticos estudiados (clones).

Dentro de la etapa reproductiva las fases establecidas tienen gran relevancia. Conocer el tiempo térmico de la fase botón floral nos permite organizar la cosecha de hojas (la cual se realiza en forma manual durante varios días). Esta se efectúa mientras las plantas se encuentran con botones florales (Casaccia y Álvarez, 2006).

Conocer el tiempo térmico requerido para el inicio de la apertura de flores y finalización de la floración (fase de flor abierta), nos permite planificar cruzamientos entre clones que requieran similares cantidades de tiempo térmico acumulado, maximizando la probabilidad de polinización cruzada (Carneiro, 1990). En este trabajo de investigación los clones que evidenciaron mayor probabilidad de cruzamientos (cultivados a campo) son aquellos que requirieron mayor tiempo térmico para finalizar la fase de flor abierta. Utilizando este criterio de clasificación, los clones más aptos son el T8-STK11 y T1-STE21.

La fase de fructificación también presenta su importancia, ya que conocer el desarrollo de esta, permite un mejor manejo de la cosecha de semillas en los huertos semilleros. Los clones estudiados, en general, presentaron un comportamiento similar para esta variable, exceptuando el clon T9-STK12, cuyo requerimiento en tiempo térmico es inferior a todos los demás clones, y el clon T1-STE21 cuyo requerimiento en tiempo térmico es muy superior a los demás materiales estudiados.

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos para las variables estudiadas son muy importantes ya que no se tenía un registro detallado del comportamiento de estos 10 clones de yerba dulce.

Se encontraron diferencias morfológicas entre algunos de los clones para las variables número de hojas expandidas, número de tallos secundarios, número de entrenudos y altura de planta en cm. Sin embargo no se registraron diferencias para el número de tallos primarios. Las 2 primeras variables son de gran importancia a la hora de realizar la cosecha comercial de la yerba dulce, ya que una planta con mayor número tallos secundarios, también posee un mayor número de hojas. No obstante, el número de entrenudos y la altura de la planta son parámetros a tener en cuenta cuando se realiza la propagación por estacas. Una planta con mayor altura y mayor número de entrenudos, proporcionará un mayor coeficiente de multiplicación (número de estacas obtenidas por cada planta madre utilizada).

El clon T1-STE21, seguido del T4-STK5, son los que más favorecerían el trabajo de cosecha de hojas, ya que presentan la fase de botón floral más extendida.

Los clones T9-STK12, T1-STE21 y T3-STK3 son los que poseen mejor perfil para ser cruzados. Estos pueden ser utilizados en futuros huertos semilleros porque requieren tiempos térmicos compatibles en fase de flor abierta, de esta forma se puede producir la polinización natural realizada por insectos.

Los registros de las variables fenológicas no fueron comparadas con otros trabajos ya que no se encontraron registros detallados de investigaciones anteriores en la especie.

BIBLIOGRAFÍA

- BELLO, M. 1988. Consideraciones metodológicas para estudios fenológicos en árboles templados de coníferas. *Ciencia Forestal* 14, 89-109.
- BONDAREV, N.I.; SUKHANOVA, M.A.; RESHETNYA, O.V.; NOSOV, A.M. 2003. Steviol Glycoside Content in Different Organs of *Stevia rebaudiana* and Its Dynamics during Ontogeny. *Biologia Plantarum* 47 (2), 261-264.
- CARDELLO, H.; SILVA, M.; DAMASIO, M. 1999. Tempo-intensidade dos estímulos doce e amargo de extracto de folhas de stévia em doçura equivalente a sacarose. *Ciência Tecnologia Alimento* 19 (2), 163-169.
- CARNEIRO, J.W. 1990. *Stevia* produção de sementes. Universidade Estadual de Maringá. Maringá 65p.
- CASACCIA, J.; ÁLVAREZ, E. 2006. Recomendaciones técnicas para una producción sustentable de Ka´a He´e (*Stevia rebaudiana* Bertoni) en el Paraguay Caacupe Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Investigación Instituto Agronómico Nacional Agrícola. Manual técnico 8, 51.
- DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDOS, C.W. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- FAKHRUL, R.; NORRIZAH, J.; JAAPAR, S.; NOOR ANILIZAWATIMA, S. 2014. The Effect of Potassium Concentrations on the Growth and Development of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) and Production of Stevioside and Rebaudioside A. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture* 8 (2), 42-51.
- GUEDES, T.; ROSSI, R.; MARTINS, A.; JANEIRO, V.; CARNEIRO, J. 2014. Applying regression models with skew-normal errors to the height of bedding plants of *Stevia rebaudiana* (Bert) Bertoni. *Acta Scientiarum-Technology* 36 (3), 463-468.
- IBRAHIM, M.; RODENBURG, D.; ALVES, K.; FRONCZEK, F.; McCHESNEY, J.; WU, C.; NETTLES, B.; VENKATARAMAN, S.; JASSCH, F. 2014. Minor diterpene glycosides from the leaves of *stevia rebaudiana*. *Journal of Natural Products* 77 (5), 1231-1235.
- INASE. INSTITUTO NACIONAL DE SEMILLAS 2005. Descripción morfológica fenológica y sanitaria del cultivar. Denominación del cultivar Iguazú ctm y dulcinea para dulcinea. Folio 10-26. (<http://www.inase.gov.ar>. Verificado: 01 de julio de 2014).
- JAIN, P.; KACHHWAHA, S.; KOTHARI, S. 2012. Optimization of micronutrients for the improvement of in vitro plant regeneration of *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni. *Indian Journal of Biotechnology* 11 (4), 486-490.
- KRYVENKI, M.; DOMÍNGUEZ, M.; GUERRERO, D. 2007. Evaluación de reguladores de crecimiento en el enraizamiento de estacas de yerba dulce. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Informe Técnico 93, 15 p.
- LORENZO, C.; SERRANO-DÍAZ, J.; PLAZA, M.; QUINTANILLA, C.; ALONSO, G. 2014. Fast methodology of analysing major steviol glycosides from *Stevia rebaudiana* leaves. *Food Chemistry* 157, 518-523.
- LV, X.; KUANG, P.; YUAN, Q.; LIANG, H.; ZHENG, G. 2014. Preparative separation of steviol glycosides from *Stevia rebaudiana* bertoni by macroporous resin and preparative HPLC. *Acta Chromatographica* 26 (1), 123-135.
- MELIS, M.S.; ROCHA, S.T.; AUGUSTO, A. 2009. Steviol effect, a glycoside of *Stevia rebaudiana*, on glucosa clearance in rats. *Brazilian Journal of Biology* 69 (2), 371-374.
- MIDMORE, D.J.; RANK, A.H. 2002. A new rural industry -Stevia- to replace imported chemical sweeteners. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation 50p.
- MIZUKAMI, H.; SHIIBA, K.; SATOSHI, I.; OHASHI, H. 1983. Effect of temperature on growth and stevioside formation of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Shoyakugaku Zasshi* 37 (2), 175-179.
- MOLERO, J. F. 1984. El ka'a he'e, *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni, Análisis bibliográfico y anotaciones hortícolas. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Proyecto de intensificación de cultivos en fincas pequeñas. USAID-CREDICOOP. Asunción, Paraguay. Publicación Miscelánea 11, 75p.
- NOWER, A. 2014. In Vitro Propagation and Synthetic Seeds Production: An Efficient Methods for *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Sugar Tech Journal* 16 (1), 100-108.
- PRAKASH, I.; DUBOIS, G.E.; CLOS, J.F.; WILKENS, K.L.; FOSDICK, L.E. 2008. Development of rebiana, a natural, non-caloric sweetener. *Food and Chemical. Toxicology* 46, 75-82.
- RAZAK, U.; ONG, C.; YU, T.; LAU, L. 2014. In vitro micropropagation of *Stevia rebaudiana* Bertoni in Malaysia. *Brazilian Archives Biology and technology* 57 (1), 23-28. ROJAS MONTOYA, S.W. 2009. *Stevia* edulcorante orgánico del siglo XXI. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú. 391p.
- RANDI, Á.M.; FELIPPE, G.M. 1980. Detecção de esteviosídeo e substâncias giberelínicas nos aquênios de *Stevia rebaudiana*; efeito de esteviosídeo em germinação. *Revista de Brasileira Botânica* 3, 55-58.
- SAGAKUCHI, M.; TATASUIKO, K. 1982. As pesquisas japonesas com *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni e o esteviosídeo. *Ciencia e Cultura* 34 (2), 235-248.

SHOCK, C. 1982. Experimental Cultivation of Stevia Rebaudiana B. in California. University of California Agronomy Progress Report. N.º 122. (<http://ucce.ucdavis.edu/files/repositoryfiles/ca3609p4-61878.pdf>.: Verificado 07 de julio de 2014).

SINGH, P.; DWIVEDI, P. 2013. Efficient micropropagation protocols of regeneration of Stevia rebaudiana Bertoni, an anti-diabetic herb. *Vegetos* 26 (1), 318-323.

SOJEARTO, D.D.; COMPADRE, C.M.; MEDON, P.J.; KAMATH, S.K.; KINGHORN, A.D. 1983. Potential Sweetening Agents of plants origin. *Economic Botany* 37, 71-79.

VAZQUEZ-BAXCAJAY, L.; ROBLEDO-PAZ, A.; MURATALLA-LUA, A. Y CONDE-MARTINEZ, V. 2014. Micropropagación de Stevia rebaudiana Bertoni y detección de steviósidos. *Bioagro* 26 (1), 49-56.

Costos y desempeño económico del traslado en el tiempo de productos agrícolas: el silobolsa en Argentina (2004-2014)

FERRO MORENO, S.; PATURLANNE, J.¹

RESUMEN

El silobolsa en Argentina es una herramienta consolidada de traslado en el tiempo de la producción granaria, ampliamente utilizada por productores agropecuarios, acopios, industrias y otros actores de los complejos agroalimentarios. Más allá de su desempeño positivo en aspectos como el poder de negociación, la estacionalidad de la producción, la infraestructura de almacenaje, el transporte y la exportación, entre otros, es necesario analizar el desempeño económico-financiero en los niveles micro (organizaciones). El presente trabajo analiza las diferencias entre los sobrepuestos obtenidos en los meses de mayor estacionalidad y los costos erogables y no erogables asociados a la estrategia de traslado en el tiempo de la producción por medio de silobolsa en los cultivos de trigo, soja, girasol y maíz en el período 2004-2014. En la mayoría de los años bajo estudio los desempeños económicos vinculados a la estrategia fueron negativos, en soja el 95% de los años arrojó diferenciales negativos, en girasol el 77%, en trigo el 62% y en maíz el 78%.

Palabras clave: diferenciales, costo de oportunidad, estrategias comerciales, estacionalidad.

ABSTRACT

The silobag in Argentina is an agricultural production commercial tool widely used by farmers, stockpiles, industry and other stakeholders in the agri-food complex. Beyond its positive performance in areas such as bargaining power, the seasonality of production, infrastructure, storage, transportation and export, among others, is necessary to analyze the economic and financial performance in the micro level (organizations). This paper analyzes the differences between the premiums obtained in the months of greater seasonality and the cash and non-cash costs associated with the transfer strategy in time production through the silobag in wheat, soybean, sunflower and corn in years 2004-2014. In most of the years study economic results were negative, in 95% of soybean years was negative differential, in sunflower 77%, 62% in wheat and 78% in corn.

Keywords: differential, opportunity cost, business strategies, seasonality.

¹Cátedra de Costos. Licenciatura en Administración de Negocios Agropecuarios. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Pampa. Contacto: sferromoreno@agro.unlpam.edu.ar

INTRODUCCIÓN

La Argentina tiene los avances más destacados del mundo en almacenamiento de granos en bolsas plásticas y lidera esta tecnología en otros países (INTA, 2009; Gastón *et al.*, 2014). En los últimos años el silobolsa se ha posicionado como una estrategia de almacenamiento relevante en el sector agroalimentario argentino, ampliamente adoptada y difundida (Gatti, 2015). Es una alternativa frecuente para productores, acopiadores y agroindustrias que cubre el déficit crónico de almacenamiento del país (Tahen *et al.*, 2014). En la campaña 2013-2014 del 35 al 45% de la producción granara del país se almacenó por este medio (Bartosik *et al.*, 2013; Gatti, 2015).

La estrategia de almacenaje implica una especulación por parte del propietario de la producción en torno a tres variables principales, precio del producto, costo del transporte y seguridad económica-financiera (Ortolani, 2001; Mariano y Paturllanne, 2012; Tahen *et al.*, 2014). La estrategia comercial supone que: un sobreprecio superará los costos incurridos por el traslado en el tiempo de la producción, existirá una mejor accesibilidad a los servicios de transporte (costo del servicio y cantidad), y se dosificarán las ventas para adecuarlas a las necesidades financieras de la organización.

La utilización del silobolsa favoreció a la logística de poscosecha en Argentina, disminuyendo en épocas del año la concentración de camiones en carretera y las demoras en exportación (Busato *et al.*, 2011; Cohan y Costa, 2011). La reorganización de la comercialización permitió que el transporte de granos se distribuya más homogéneamente a lo largo del año (Justianovich y Bernatene, 2007; Aguirre *et al.*, 2010; Bossio, 2013). El silobolsa atenuó la estacionalidad de algunas actividades vinculadas a la agricultura (Lara Flores, 2008; Bossio, 2013; Tagliabue, 2014), moderó una relación más fluida entre el agro y la industria (Anlló *et al.*, 2010) y permitió segregar la mercadería en origen (Cohan y Costa, 2011).

El traslado en el tiempo de la producción conlleva un aumento del poder de negociación del propietario de la producción, una reducción de los costos de transacción y un aprovechamiento de la disponibilidad del transporte (Justianovich y Bernatene, 2007; Aguirre *et al.*, 2010; Cohan y Costa, 2011; Mariano y Paturllanne, 2012; Bossio, 2013; Hansen *et al.*, 2014; Tagliabue, 2014; Urcola, 2014; Gatti, 2015). "El silo bolsa posee un bajo costo y le permite al productor dosificar su stock, fraccionar la venta, apostar a las variaciones de precios y contar con mayores grados de libertad a la hora de elegir a los compradores". (Bisang *et al.*, 2009). También permite mantener la identidad (calidad) de la producción (Cohan y Costa, 2011), aumentar la seguridad y el margen bruto del productor (Tahen *et al.*, 2014).

A las variables mencionadas se les deben sumar una serie de pérdidas físicas de granos comercializables para

establecer el impacto de su utilización. La decisión del momento de venta no dependerá solo de la evolución de los precios, las necesidades financieras y del costo de transporte, también es relevante el comportamiento y los costos de las pérdidas de calidad y cantidad "el beneficio económico de la venta del grano dependerá de variables biológicas, económicas y del manejo del silo bolsa." (Urcola, 2014).

Los antecedentes relacionados a la temática se vinculan principalmente con los procesos de almacenamiento, descomposición y deterioro de los granos, humedad, temperatura, concentración de dióxido de carbono, la calidad nutricional, entre otros (INTA, 2009; Gastón *et al.*, 2014). A pesar del uso generalizado, son pocos los trabajos que han profundizado en aspectos económicos-financieros de la estrategia. Bartosik *et al.* (2013) afirman que es crítico conocer el costo real del embolsado, tanto para productores agropecuarios como para contratistas, acopiadores y agroindustriales. Destacan que los componentes de los costos, la escala y la capacidad económica-financiera son aspectos que pueden ser significativamente diferentes. Para estos autores "no se ha hecho hasta el momento un esfuerzo importante para realizar estudios económicos de almacenamiento con este sistema". (Bartosik *et al.*, 2013). Las estrategias comerciales más adecuadas y las ventajas económicas para esta nueva tecnología no han sido estudiadas en profundidad (Hansen *et al.*, 2014).

Urcola (2014) avanza en el análisis económico identificando tres escenarios de venta en torno a las variaciones del precio, afirmando que los valores de duración óptima y de límites de pérdidas dependerán de la evolución de precios, los costos de almacenaje y de comercialización. Hansen *et al.* (2014) complementan el análisis identificando los momentos óptimos de venta de soja bajo distintos escenarios de precios y considerando dos canales comerciales (silobolsa o acopio comercial), la distribución óptima dependerá de la actitud del propietario de la producción hacia el riesgo (preferencias de los decisores). Para estos autores "la distribución óptima de ventas no se modifica de manera sustancial entre ambas modalidades de almacenaje, pero si es afectada por la actitud hacia el riesgo del decisor". (Hansen *et al.*, 2014). Tahen *et al.* (2014) afirman que el momento de venta es determinado por el precio, las necesidades financieras propias de cada organización y los riesgos por pérdidas de calidad.

Los antecedentes que abordan la cuestión económica se centran en analizar la alternativa de almacenaje desde una perspectiva agregada o desde los costos directos (desde la producción o el contratista). Los trabajos enfocan el análisis en el riesgo por calidad y en menor medida en el riesgo precio, asumiendo que los escenarios de mercado mantendrán aumentos constantes de precios reales. Se utiliza el dólar estadounidense como moneda para el análisis temporal, cuestión que distorsiona los resultados económicos-financieros reales². Se excluyen del análisis las

²El dólar estadounidense se ha ido devaluando, según datos de la Reserva Federal; desde 1971 ha perdido un 81% de su valor y desde el año 2002 un 35%. Fuente web (verificado el 12 de mayo de 2015): <http://www.federalreserve.gov/monetarypolicy/default.htm>.

pérdidas por malas elecciones del momento de venta, por bajas de precios por encima del promedio esperado, por falta de escala, por inflación y atraso cambiario, entre otros factores. En todos los trabajos no se calculan los costos de oportunidad del dinero inmovilizado. Estos aspectos son importantes para afirmar que la alternativa tuvo un desempeño positivo más allá de su utilización masiva, sobre todo en las pequeñas y medianas explotaciones agropecuarias.

No existen a la fecha trabajos que analicen los costos económicos a nivel micro y el desempeño económico-financiero de la estrategia. Ante la masividad de su utilización vale preguntarse: ¿los costos incurridos en la estrategia de trasladar en el tiempo la producción por medio de silobolsa fueron inferiores a los sobreprecios percibidos? El presente trabajo tiene como objetivo estimar los impactos económicos-financieros de almacenaje por silobolsa de los cultivos tradicionales en Argentina en el período 2004-2014. Específicamente se pretende: a) analizar los precios históricos y la estacionalidad de los estos en los cultivos de soja, trigo, maíz y girasol; b) estimar los costos de embolsado, extracción y transporte para cada cultivo; c) estimar los costos de oportunidad asociados a la inmovilización de capital en el tiempo; d) obtener potenciales resultados contemplando los precios diferenciales y los costos asociados a la estrategia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para calcular el desempeño económico-financiero de la estrategia de almacenamiento por silobolsa se analizarán: a) la estacionalidad de los precios de los productos agrícolas principales en Argentina; b) los costos erogables de los servicios de embolsado y extracción y de la compra de la bolsa entre los años 2004-2014; c) los costos de oportunidad de tener el dinero inmovilizado hasta el momento de venta. Los últimos dos puntos conforman los costos vinculados a la estrategia de traslado en el tiempo mediante silobolsa (CVE). Para calcular los posibles resultados se compararán los CVE con los sobreprecios obtenidos en los meses de mayor estacionalidad de cada serie.

Los precios de los productos están expresados en pesos constantes diciembre 2014 (\$k), deflactados por el índice de precios básicos del productor (IPP) para productos agropecuarios, cereales y oleaginosas (1.A.0111)³ del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). Para pesificar los precios y costos se utilizó el tipo de cambio nominal promedio mensual oficial del Banco Central de la República Argentina. Los precios de trigo se obtuvieron de la

reseña estadística de la Revista Márgenes Agropecuarios (FAS Buenos Aires); los de girasol de la Bolsa de Comercio de Bahía Blanca (FAS Bahía Blanca); los de soja y maíz de la Bolsa de Comercio de Rosario (FAS Rosario).

La estacionalidad de los precios se obtiene aislando los componentes cíclicos y tendenciales con promedios móviles y analizando mensualmente el comportamiento modal de los estos (Tschirley, 1991). Para cada cultivo se realizó un análisis de la estacionalidad en el período 1994-2014 con el fin de identificar para cada cultivo los meses que *a priori* ofrecen los mejores sobreprecios (SPx). Se opta por considerar estos períodos, asumiendo que el empresario consideró como estrategia racional realizar un análisis de este tipo para identificar objetivamente los mejores momentos de venta en relación con la variable precio⁴.

El objeto de costo del trabajo es la tonelada de grano almacenada en un silobolsa con capacidad de almacenaje variable de acuerdo al cultivo del cual se trate; los valores estimados son: trigo (200 t/bolsa), soja (190 t/bolsa), girasol (110 t/bolsa) y maíz (170 t/bolsa). Los momentos de cosecha utilizados son diciembre para trigo, mayo para soja, marzo para girasol y junio para maíz. Al momento de cosecha el productor debe afrontar la compra de la bolsa más los gastos del servicio de embolsado, dinero que se sumará al potencial ingreso por venta del total de la producción (a precio promedio del mes de cosecha) para calcular el costo de oportunidad que tendría que superar el sobreprecio.

Los costos del servicio de embolsado y extracción, así como también los de la bolsa de 200 t forman parte de los costos erogables de la estrategia. Los valores se extrajeron de la revista especializada "Márgenes Agropecuarios". En todos los casos no contemplan el impuesto al valor agregado y están expresados en pesos contantes diciembre 2014 (\$k), indexados con el índice de precios internos al por mayor (IPIM)⁵ del INDEC.

El costo de oportunidad del dinero inmovilizado es valorado con la tasa de interés de un plazo fijo de 30 a 59 días para montos de \$ 500.000 a \$ 999.999 (fuente: Banco Central de la República Argentina). El costo de oportunidad será igual al precio al momento de cosecha más el costo de la bolsa y el servicio de embolsado, por la tasa efectiva de interés del plazo fijo del período de inmovilización⁶.

Se supone que los resultados positivos son aquellos donde los SPx de los meses de mayor estacionalidad son mayores o iguales a los CVE. Los SPx que no logren sobrepasar los CVE serán considerados como resultados negativos.

³Fuente web (verificado el 11 de mayo de 2015): www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/economia/IPP-dde1993.xls

⁴Como se desarrolló en los antecedentes, existen trabajos importantes que afirman que el estudio debe complementarse con análisis de la calidad en el tiempo, cuestión que escapa a los objetivos del presente trabajo.

⁵Fuente web (verificado el 11 de mayo de 2015): www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/economia/IPIM-dde1993.xls

⁶Si bien no es la mejor opción posible, es una alternativa simple y entendible. Resulta sencillo imaginarlo como un piso, pues cualquier productor podría haber vendido en cosecha e inmediatamente depositado sus ingresos en un plazo fijo con fecha al mes de mayor estacionalidad (momento de venta de lo envasado en silobolsa).

Resultados positivos:

SPx ≥ CVE

Resultados negativos:

SPx < CVE

Para el trabajo se mantuvieron dos supuestos importantes:

- El tomador de decisiones maneja el concepto de estacionalidad y determina previamente cuáles son los mejores momentos de venta considerando el mayor SPx posible.
- Se vende toda la producción en el momento de mayor estacionalidad del precio, no se desagrega la venta para atender obligaciones financieras, gastos de cosecha, preparación de cultivo, etc.

Por sus particularidades se dejan fuera del análisis las siguientes variables: a) mermas en la manipulación de los

granos; b) pérdidas de calidad; c) pérdidas por plagas; d) costos de monitoreo de calidad; e) comisiones por venta; f) precios de transporte; g) costos de transacción; h) poder de negociación. Las primeras cuatro variables repercutirían en los CVE, las últimas cuatro impactarían en el ingreso.

RESULTADOS

Los costos erogables asociados a la estrategia del traslado en el tiempo mediante silobolsa fueron aumentando a valores constantes (\$k) en el período bajo estudio. El valor de la bolsa aumentó 0,63 veces, el servicio de embolsado 2,53 veces y el de extracción 5,22. Los costos erogables incidieron de manera variable en cada cultivo (tabla 1); en promedio el servicio de embolsado represen-

	Maíz		Girasol		Soja		Trigo	
	\$k/t	%	\$k/t	%	\$k/t	%	\$k/t	%
Costo promedio bolsa	14,09	39,19%	21,77	35,39%	12,60	35,39%	11,97	31,77%
Costo promedio embolsado	16,25	45,22%	29,55	48,04%	17,11	48,04%	19,12	50,74%
Costo promedio extracción	5,60	15,59%	10,19	16,57%	5,90	16,57%	6,59	17,49%
Total costos erogables	35,94		61,50		35,61		37,68	

Tabla 1. Costos promedios erogables por cultivo en valores constantes diciembre 2014.

Fuente: elaboración propia.

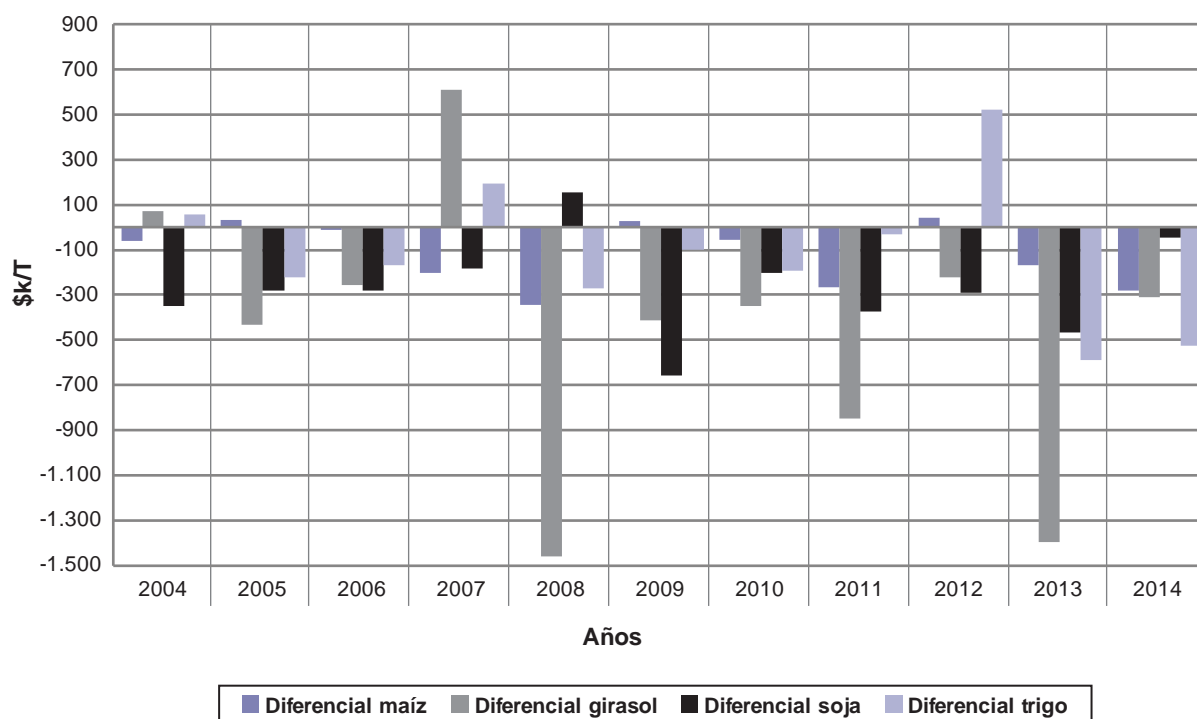


Figura 1. Diferenciales obtenidos por cultivo en el período 2004-2014 considerando el costo económico total (costos erogables más costo de oportunidad).

Fuente: elaboración propia.

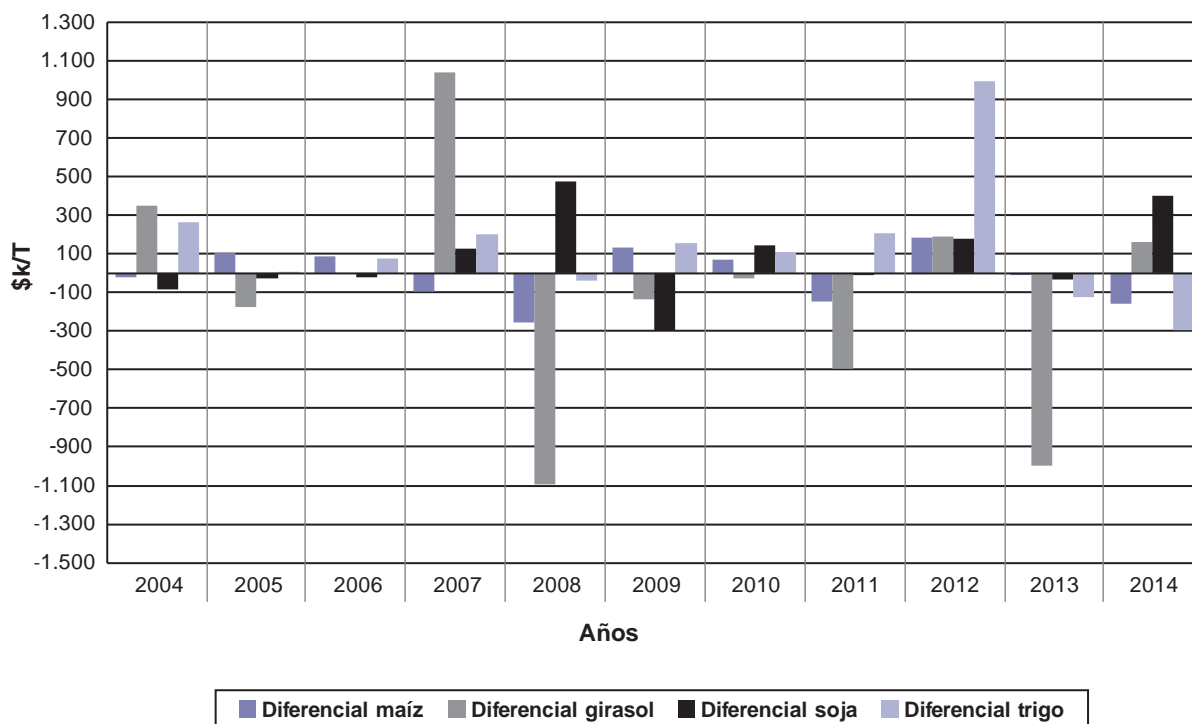


Figura 2. Diferenciales obtenidos por cultivo en el período 2004-2014 considerando solo los costos erogables.
Fuente: elaboración propia.

tó el 48% de los costos erogables, el de extracción, el 16,5% y la bolsa, el 35,4%.

En la figura 1 se muestran los diferenciales obtenidos considerando los CVE (erogables más costo de oportunidad del dinero inmovilizado en la época de cosecha). Se puede apreciar que las situaciones han sido variables a lo largo de los años.

Para maíz, el mes de mayor estacionalidad fue mayo (3,09% de sobreprecio). Considerando los CVE y los precios constantes, en el período 2004-2014 solo tres años (2005, 2009 y 2012) la estrategia de trasladar en el tiempo la producción fue positiva en términos económicos. El año 2012 fue el mejor, se obtuvieron \$k 45 por tonelada. El año 2008 fue el que peor desempeño tuvo la estrategia, por tonelada se perdieron \$k 346.

En girasol la mayor estacionalidad se dio en el mes de octubre (1,63%). En el período bajo estudio solo dos años tuvieron resultados positivos (2004 y 2007); en 2007 se obtuvo el mayor diferencial (\$k 611). Los demás períodos presentaron pérdidas importantes, principalmente 2008 (\$k 1.458) y 2013 (\$k 1.396).

El cultivo de soja presentó una mayor estacionalidad en el mes de diciembre (4,48%). Dentro del período analizado, solo el año 2008 presentó resultados positivos (\$k 158). Los demás años presentaron un desempeño negativo, destacándose el año 2009 con \$k 657.

Para trigo el mes de mayor estacionalidad fue mayo (7,82%). Entre los años 2004-2014 en tres oportunidades se obtuvieron resultados positivos al trasladar en el tiempo la producción; el año 2012 (\$k 520) y el 2007 (\$k 196) son los más destacados. En los demás años el desempeño fue negativo, principalmente en 2013 (\$k 587) y 2014 (\$k 526).

Si calculamos los diferenciales eliminando los costos de oportunidad, los resultados obtenidos cambian en el período bajo estudio (figura 2). En maíz, vendiendo en el mes de mayor estacionalidad, seis de los once años (54,5%) presentaron diferenciales negativos a valores constantes. En girasol, el 63,6% de los años mostraron desempeño negativo, en soja el 54,5% y en trigo el 27,3%.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados muestran desempeños negativos predominantes en los años bajo estudio. En términos reales, en la mayoría de los años convenía vender en cosecha y depositar el ingreso en un plazo fijo hasta el momento de mayor estacionalidad de los precios. En el caso de la soja, el 95% de los años (todos menos uno) tuvieron desempeño negativo (el traslado en el tiempo del producto no significó una mejora en los ingresos). En girasol, el 77% de los años significaron diferenciales negativos; en trigo el 62% y en maíz el 78%.

La inclusión del costo de oportunidad (para este trabajo: la tasa efectiva de interés de un depósito a plazo fijo) tiene

una alta incidencia en los costos vinculados a la estrategia en todos los cultivos. En promedio representaron el 85% de los costos. Calculando los diferenciales sin considerar los costos de oportunidad se dieron desempeños positivos en el 45,4% de los años en maíz, en el 36,4% en girasol, en el 45,4% en soja y en trigo en el 72,7% de los años.

A partir de los resultados obtenidos se plantea el siguiente interrogante: ¿la no consideración del costo de oportunidad en el cálculo explica la masividad de la utilización del silobolsa como estrategia de traslado en el tiempo de la producción? Considerando solo el 15% de los costos vinculados a la estrategia (los erogables: embolsado, extracción y bolsa), los diferenciales de precios cambian positivamente, aunque solo de manera significativa en trigo. A valores corrientes, en contextos de precios internacionales en alza, depreciación de la moneda local e inflación, la estrategia de embolsado parece ser atractiva si solo se calculan los costos erogables. Teniendo en cuenta la totalidad de los costos vinculados, erogables y no erogables, se puede afirmar que en la mayoría de los años la estrategia fue contraproducente, a valores constantes se obtuvieron diferenciales negativos. El cálculo parcial de los beneficios económicos y financieros asociados, sumado a cuestiones de índole cualitativas (poder de negociación, manejo progresivo de las ventas, disponibilidad del transporte, entre otros) podría explicar la masividad de la estrategia en Argentina.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, J.; CEVERIO, R.; BRIEVA S. 2010. Procesos de concentración y relocalización en la agricultura argentina: Estrategias comerciales y organizacionales de los acopios de granos del sudeste bonaerense. *Revista Ciencias Agronómicas* Vol. 10 (16): 17-23.
- ANLLÓ, G.; BISANG, R.; SALVATIERRA, G. 2010. Cambios estructurales en las actividades agropecuarias. De lo primario a las cadenas globales de valor. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Colección Documentos de proyectos. Naciones Unidas. 101 p.
- BARTOSIK, R.; CARDOSO, L.; URCOLA, H.; BERRUTO, R. 2013. Economic Analysis of Storing Grain in Silobags Through a Web Application. EFITA-WCCACIGR Conference "Sustainable Agriculture through ICT Innovation", Turin, Italia, 24-27 junio 2013.
- BISANG, R.; ANLLÓ, G.; CAMPI, M. 2009. Cambios de paradigmas, revolución biológica y realidad local. La agricultura argentina del siglo XXI. *Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria*, Vol. 63: 393-409.
- BOSSIO, D. 2013. Silo bolsa: tecnología clave en la logística de comercialización y el transporte de granos. Publicación online del Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial, UT.
- BUSATO, P.; BERRUTO, R.; CARDOSO, L.; BARTOSIK, R. 2011. Logistics and economics of grain harvest and transport system with the use of silobag. ASABE Annual International Meeting.
- COHAN, L.; COSTA, R. 2011. Panorama general de las nuevas formas de organización del agro: las principales cadenas agroalimentarias. Documento de Proyecto. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Naciones Unidas. Santiago de Chile. 88 p.
- GASTÓN, A.; ABALONE, R.; BARTOSIK, R. 2014. Memorias del 1.º Congreso Internacional de Almacenamiento de Granos en Silo Bolsa. Editorial Asociación de Profesores de la Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería de la Universidad Nacional de Rosario. Rosario.
- GATTI, N. 2015. Evaluación económica de la innovación: el caso del silobolsa. *Revista RIA* Vol. 41 N.º 1: 57-63.
- HANSEN, M.; URCOLA, H.; BARTOSIK, R. 2014. Almacenaje de soja en silo bolsa: evaluación económica y distribución óptima de ventas. 1.º Congreso Internacional de Silo Bolsa. 13-16 de octubre de 2014, Mar del Plata, Argentina.
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA. 2009. Almacenamiento de granos en bolsas plásticas. Resultado de investigación. Convenio de vinculación tecnológica INTA-Empresas fabricantes de bolsas plásticas. INTA-PRECOP II. Ediciones INTA. 201 p.
- JUSTIANOVICH, S.; BERNATENE, M. 2007. Aportes del diseño industrial a la agroindustria, entendida como cadena de valor. Boletín informativo N.º 121. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Programa de diseño.
- LARA FLORES, S. 2008. El trabajo en la agricultura: un recuento sobre América Latina. En de la Garza Toledo, E. (coord.) *Teorías sociales y estudios del trabajo: nuevos enfoques* (pp. 323-344). Editorial Anthropos. México.
- MARIANO, R.; PATURLANNE, J. 2012. Estudio comparativo de alternativas comerciales agrícolas de un productor agropecuario del centro este de La Pampa (2006-2011). Trabajo final de graduación. Licenciatura en Administración de Negocios Agropecuarios, Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa. 130 p.
- ORTOLANI, L. 2001. Futuros y opciones y su beneficio en la proyección económica de los productores agropecuarios. Publicación en Bolsa de Comercio de Rosario. Argentina. 25 p.
- TAGLIABUE, P. 2014. Entre puertos, campos y acopios: trabajo y transporte de granos en torno al sudeste bonaerense. *Revista Mundo Agrario* Vol. 15 (30). Disponible en Memoria Académica.
- TAHER, H.; URCOLA, H.; CARDOSO, L.; BARTOSIK, R. 2014. Percepción de los productores sobre beneficios y problemáticas en el almacenamiento en silo bolsa. 1.º Congreso Internacional de Silo Bolsa. 13-16 de octubre de 2014, Mar del Plata, Argentina.
- TSCHIRLEY, D. 1991. Análisis temporal y espacial de precios por computadora. En "Metodologías de Investigación", Scott y Herrera (eds.), Capítulo vi: 367-392. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú.
- URCOLA, H. 2014. Modelos bioeconómicos para mejorar el manejo del silo bolsa. 1.º Congreso Internacional de Silo Bolsa. 13-16 de octubre de 2014, Mar del Plata, Argentina.

Lista de evaluadores 2015 (RIA, Vol. 41)

Los directores y el Comité Editorial de la Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA) agradecen el acompañamiento de los siguientes profesionales. Su colaboración es de vital importancia para que la publicación goce de la más alta calidad y prestigio internacional en las disciplinas que publica.

Ana Frey	Juan Pablo Guerschman
Ana Garau	Joel Demian Arneodo
Alfredo Rodríguez Delfin	Jose Pedro de Battista
Alfredo Campos	Julio Huerta Espino
Ángela Norma Formento	Larry Andrade
Antonio Weibel	Marcela Román
Carlos Ghida Daza	María Cristina Área
Celio Chagas	María de los Ángeles Fischer
Claudio Budde	María Fabiana Navarro
Constanza Caride	Mariano García
Daniel Casanovas Gonzalo Rincón	Marta Zubillaga
Daniel Iglesias	Martín Irurueta
Darío Taiariol	Mario Elvira
Diego Palacios	Norma Graciela Collavino
Ernesto Raúl Odriozola	Pablo Campos
Federico Frank	Ricardo Sager
Fernando Cavagnaro	Santiago Ferro Moreno
Francisco Damiano	Santiago Poggio
Gabriela Susana Lucero	Silvina Cabrini
Hugo Álvarez	Silvina Restovich
Juan Pablo Edwards Molina	Victor Suarez

Esquila preparto, una tecnología de adopción masiva y alto impacto en la producción ovina de la Patagonia

Mueller, J. P.

Caracterización socio-productiva de la situación post-ceniza del área de Comallo (Rio Negro).

Muzi, M. E.; LOSARDO, P. G.

Sistemas de cultivo alternativos desarrollados por productores en el sudeste de la provincia de Buenos Aires

Salembier, C.; Elverdín, J.; Meynard, J. M.

Análisis de los efectos de cinco genes (IGF2, CTSD, TBC1D1, MC4R, FAPP3) sobre la conversión alimenticia, la velocidad de crecimiento y el contenido de grasa subcutánea en cerdos de la raza Landrace

Fassa, V. B.; Carden, T. R.; Marini, S. J.; Lett A. D.; Lloveras, M. R.; Marrube, G.

Variabilidad climática y expresión de la fusariosis de la espiga de trigo en la región pampeana

Moschini, R. C.; Martínez, M. I.

Evolución del grado de desertificación y su relación con los aspectos socioeconómicos en la cuenca del río Santa María, Catamarca, Argentina

Maccagno, P.; Navone, S.; Trebino, H. J.

Variabilidad espacial de la profundidad del suelo. Métodos de interpolación para el sudoeste bonaerense

Frolla, F. D.; Zilio, J. P.; Kruger, H.

Evaluación morfológica y fenológica de 10 clones de yerba dulce (*Stevia rebaudiana*) según el tiempo térmico

Guerrero, D. R.; Bär, A.; Kryvenki, M. y Domínguez, M.

Costos y desempeño económico del traslado en el tiempo de productos agrícolas: el silobolsa en Argentina (2004-2014)

Ferro Moreno, S.; Paturllanne, J.



Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación