



GESTIÓN AMBIENTAL

Desafíos para una
producción sostenible



ISBN 978-987-1513-30-7



9 789871 1513307

BIZCOCHOS
9 DE ORO

Cañuelas



PUREZA Cuki's

Paseo

Cañuelas
Harinas

San Agustín

Cañuelas



COMPAÑIA



GESTIÓN AMBIENTAL

Desafíos para una producción sostenible

Coordinador: Gabriel Vázquez Amábile

Autores

Ariel Angeli
Federico Bert
Matías Campos
Pablo Cañada
Roberto Casas
Jaquelina Chaij
María Fernanda Feiguin
Federico Fritz

Gustavo Idígoras
Eugenia Magnasco
Gustavo Martini
Martín Montane
Mario Nuñez
Pablo Preliasco
Alejandro Radrizzani
Federico Schmidt
Gabriel Vázquez Amábile

Apoyan las publicaciones de CREA



Patrocinantes



Auspiciantes



Gestión ambiental : desafíos para una producción sostenible / Gabriel Vázquez Amábile ... [et al.] ; compilado por Gabriel Vazquez Amabile. - 1a ed compendiada. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola - AACREA, 2018.

160 p. ; 26 x 20 cm.

ISBN 978-987-1513-30-7

1. Actividad Agropecuaria. 2. Ambiente. I. Vázquez Amábile, Gabriel II. Vázquez Amábile, Gabriel, comp. CDD 630

Fecha de catalogación: 21/06/2018

CREA

Área de Comunicación

Sarmiento 1236, 4º piso (C1041AAZ)

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

www.crea.org.ar

(54-11) 4382-2076/79

Director editorial: Mariano Sobré

Edición y coordinación del proyecto: Mariela Suárez

Diseño de tapa e interiores: René Durand

Corrección: Flavio Schiaffino

Fotografías: Gentileza autores.

Foto de tapa: Fotolia/Green Planet in Your Hands. Environment Concept © Maksim Pasko.

Impreso en GuttenPress.

ISBN: 978-987-1513-30-7

Hecho el depósito que indica la ley 11.723

Impreso en la Argentina

Primera edición: julio de 2018



Todos los derechos están reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, en todo ni en parte, ni registrada o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea este mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o cualquier otro, sin permiso previo por escrito de CREA.

Contenidos

Prólogo

Pág. 05

Introducción

Un nuevo contexto para la producción agropecuaria

Pág. 07

Desarrollo sostenible y producción agropecuaria sostenible: definiciones del Movimiento CREA

Pág. 11

Capítulo 1. La conservación del suelo y la producción agropecuaria

Antecedentes y contexto actual

Pág. 15

Degradación y erosión de suelos: historia, actualidad y prospectiva

Pág. 16

Impacto de la agricultura sobre las propiedades edáficas en tierras de desmonte del norte argentino

Pág. 27

Riego complementario y calidad de los suelos

Pág. 35

Capítulo 2. Protección de fuentes de agua y riesgos de excesos hídricos en la producción agropecuaria

Cambios de uso y excesos hídricos.

Pág. 41

Contaminación difusa por nutrientes y agroquímicos

Pág. 48

Capítulo 3. Buenas Prácticas Agropecuarias

Prevención y sostenibilidad

Pág. 59

La huella de carbono y la huella ambiental

Pág. 64

Capítulo 4. Cambio climático

Definición y marco internacional

Pág. 71

Emisiones de GEI en la Argentina y en el sector agropecuario

Pág. 74

Escenarios esperados del cambio climático en la Argentina

Pág. 84

Capítulo 5. Deforestación y producción agropecuaria

Cambios en el uso del suelo en la Argentina

Pág. 91

Producción agrícola: beneficios y riesgos en áreas de desmonte

Pág. 98

Ley de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos y programas de reducción de emisiones: REDD+

Pág. 102

Capítulo 6. Biodiversidad y producción ganadera en la Argentina

Intensificación de la producción bovina en el Chaco semiárido *Pág. 109*

Manejo sostenible de pastizales naturales y bosque chaqueño *Pág. 116*

Biodiversidad y producción agropecuaria. El caso de Santa Cecilia *Pág. 122*

Capítulo 7. Marco normativo en el agro*Pág. 127***Capítulo 8. Sistemas soporte de decisiones y modelos para cuantificar el impacto ambiental**

Sistemas soporte de decisiones. *Pág. 139*

Uso del sistema de indicadores ambientales CREA *Pág. 147*

Bibliografía*Pág. 149*

Prólogo

A riesgo de ser simplista, me atrevo a afirmar que esta obra acredita un doble mérito: mira hacia adentro y hacia afuera de la Argentina. Con un estilo sencillo y accesible, se analiza y se discute críticamente el impacto ambiental de la producción agropecuaria en distintas regiones del país y, al mismo tiempo, se abordan las eventuales implicancias de ese impacto en el mercado internacional. Creo que es la primera vez que me enfrento a una obra que intenta capturar la problemática ambiental argentina de una manera integral y detallada. En lo personal, no puedo menos que congratular a los miembros del equipo técnico de CREA, liderado por Gabriel Vázquez Amábile, y a quienes han colaborado con ellos, por otorgarle a la gestión ambiental agropecuaria una dimensión de escala y un marco conceptual que nos ayudará, como país rural, a tomar decisiones científicamente fundadas dentro de un escenario global de creciente incertidumbre.

En la mirada hacia el interior del territorio, algunas de las problemáticas abordadas son más conocidas que otras. Por ejemplo, la erosión de los suelos es un tema de larga data, que preocupa al sector rural y a sus organizaciones. Roberto Casas acierta al armonizar una precisa síntesis histórica del problema y nos advierte acerca de los riesgos actuales y latentes de la erosión en distintas regiones del país. Nos enseña asimismo cómo atenuar y resolver, tecnología mediante, los riesgos de esta persistente amenaza.

Otras problemáticas son más novedosas y menos conocidas. Entre ellas, cabe señalar la contaminación del agua, del suelo y del aire a través de los plaguicidas, fertilizantes y otras fuentes concentradas de nutrientes, emisiones indeseables y desechos. Los excesos de agua y el ascenso de los niveles freáticos conforman otra de las problemáticas abordadas que, con frecuencia creciente, ponen en jaque a las regiones más productivas. Por supuesto, nada de esto es ajeno a los factores de riesgo que disparan tanto el cambio climático global como la

creciente variabilidad de las precipitaciones. Como bien señala Eugenia Magnasco, la necesidad de evaluar la vulnerabilidad y adaptabilidad de nuestras regiones productivas a los caprichos del clima es inevitable en este escenario. ¿Cómo impactan el desmonte y el reemplazo de pastizales naturales por pasturas cultivadas y cultivos anuales en nuestros ecosistemas y en nuestros ambientes productivos? ¿Cómo se ve afectada la provisión de servicios ecosistémicos esenciales? ¿Cómo son modificados el hábitat y la biodiversidad? ¿Qué rol desempeña la Ley de Bosques en este escenario incierto? Estos temas también son abordados con estudios de caso muy ilustrativos que ofrecen pistas firmes acerca de los que está ocurriendo y de lo que puede ocurrir. Los sistemas silvopastoriles son visualizados como una alternativa posible frente a estos cambios ecológicos que preocupan y, sin duda, merecen ser estudiados con mayor profundidad. Fernanda Feiguin y Gabriel Vázquez Amábile cierran la obra con un capítulo final que nos ilustra con sencillez acerca del uso de indicadores de sostenibilidad y de sistemas para el soporte de decisiones. Son éstas herramientas muy necesarias para ayudar al productor a saber “dónde está parado” y hacia dónde debe dirigir la gestión ambiental de su empresa agropecuaria.

De creciente interés es y será la mirada de la gestión ambiental hacia afuera del territorio nacional. No solo interesa la imagen que, como país, proyectamos al exterior, sino también el modo en que abordamos las consecuencias que puede tener una buena o mala gestión ambiental fronteras adentro sobre los mercados externos. Los productos de nuestro sistema agroalimentario y agroindustrial jugarán un rol clave en la seguridad alimentaria global. Como bien señala Gustavo Idígoras en su capítulo acerca de la huella ambiental, es escaso el desarrollo de esta temática en nuestro país y los estudios internacionales sobre la materia no favorecen nuestra posición agroexportadora. Esto exige un rápido esclarecimiento del tema, ya que los espacios que no ocupemos serán ocupados por nuestros competidores o por intere-

ses comerciales que no necesariamente nos favorecerán. Las guías metodológicas 1996/2006 recomendadas por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) son muy completas y exhaustivas en el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector rural, pero minimizan (y probablemente subestiman) la capacidad de secuestro de carbono de las tierras rurales. Ese desbalance entre emisión y secuestro no nos favorece como país agroexportador. Por lo tanto, parece necesario reevaluar y reenfocar el problema en un contexto realista. Quizás debamos internalizar el hecho de que no sólo exportamos alimentos que contribuyen a la seguridad alimentaria global, sino que con ellos también “exportamos sostenibilidad” hacia los países que consumen nuestros productos. Quienes compran alimentos (por ejemplo, China) lo hacen porque durante décadas han degradado sus tierras y agotado sus acuíferos. Para ellos, la compra

“virtual” de agua, carbono y nutrientes en terceros países tiene un marcado sentido estratégico que va más allá de la necesidad de alimentar a su población. El agua y la tierra que hoy no utilizan para producir alimentos les permite recargar sus acuíferos y rehabilitar sus ecosistemas acumulando el agua, el carbono y los nutrientes perdidos. Conscientes de este rol (no siempre comprendido), enfrentamos el desafío impostergable de diseñar estrategias inteligentes de sostenibilidad hacia adentro y hacia afuera de nuestro territorio. Y bien sabemos que la historia no espera a los pasivos ni a los indiferentes.

Bienvenida esta obra que aterriza en el momento oportuno.

■ **Dr. Ernesto F. Viglizzo**
Socio Honorario de CREA

Introducción

Un nuevo contexto para la producción agropecuaria

■ **Ing. Agr. Ph. D. Gabriel Vázquez Amábile**

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Cátedra de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Facultad de Agronomía y Ciencias Forestales, Universidad Nacional de La Plata

En las últimas décadas se observa un creciente interés por parte de la sociedad en el impacto ambiental de las actividades económicas y de las actividades humanas en general. Un reflejo de esto es que incluso los bancos empiezan a pedir estudios de impacto ambiental a la hora de financiar proyectos de inversión, sean estos industriales o turísticos.

Para darle una explicación a este fenómeno podríamos utilizar las premisas del economista Herman Daly¹, quien explica que los sistemas económicos están insertos en ecosistemas o sistemas naturales. Daly parte del concepto general, según el cual una actividad económica (o humana) procesa energía y materia que obtiene del ecosistema, originando a su vez un *output* o salida de energía y materia que el ecosistema recicla (figura 1).

En esencia, Daly dice que venimos de una era donde el ecosistema era suficientemente amplio como para reciclar los subproductos y residuos provenientes de la actividad del hombre, pero luego entramos en otra donde es tal el incremento de las actividades humanas que el ecosistema no tiene ya capacidad suficiente para reciclar sus externalidades (figura 2). Todas las actividades deberían contemplar esta cuestión y desarrollar estrategias que minimicen las salidas de energía y materia que el entorno no pueda renovar o degradar.

El incremento exponencial de la población mundial, que pasó de 1000 millones de habitantes en el año 1800

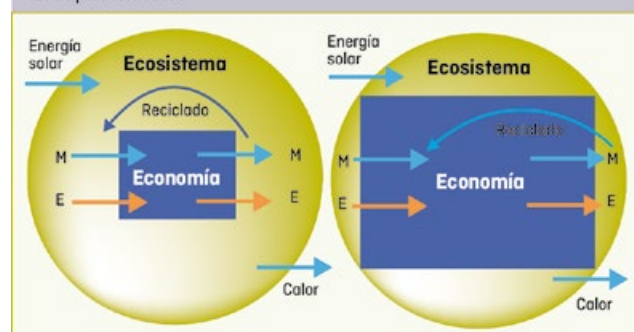
a 7000 millones en 2014 (Organización de las Naciones Unidas, 2015), sumado a un aumento en la escala de las actividades económicas impulsado por la mecanización y la tecnología, ha magnificado el impacto relativo de las actividades antrópicas sobre el ecosistema a escala regional, nacional y planetaria.

Figura 1. Representación a escala macro de las actividades económicas como subsistemas dentro de un ecosistema



Fuente: Beyond Growth, Herman E. Daly, 1996.

Figura 2. Incremento de las actividades humanas en relación al capital natural



Fuente: Beyond Growth, Herman E. Daly, 1996.

¹ Economista, profesor de Economía ecológica en la Universidad de Maryland (School of Public Policy of University of Maryland, College Park), consultor del Banco Mundial en temas de medio ambiente y desarrollo sostenible.

Este proceso es más evidente en las actividades industriales y en la vida urbana, con una población en aumento, que determina que los residuos domiciliarios, los gases emitidos por los medios de transporte, las redes cloacales, etcétera, pongan la cuestión en primer plano. Sin embargo, las actividades agrícola y ganadera también se han transformado en los últimos 200 años, modificando el patrón de entradas y salidas de energía y materia. En otros términos, la agricultura, como sistema, ha sido la misma desde el año 6000 A.C. hasta fines del siglo XIX. De este modo, podemos decir que el arado de madera de la edad antigua no presenta grandes diferencias respecto del arado de acero tirado por caballos de los agricultores del siglo XIX. Durante 7860 años, la agricultura fue una actividad caracterizada por el uso del animal como medio de tracción, que constituía un oficio transmitido de padres a hijos por generaciones. Ha sido una actividad carente de escala, sin incorporación de tecnología y que ha utilizado principalmente sus propios recursos (semilla, animales), sin demandar energía (combustibles) ni materia del entorno.

En esta agricultura milenaria, el único impacto sobre el ecosistema lo constituían la erosión del suelo y la de-

gradación provocada por el laboreo continuo. Durante ese período, esta situación se resolvía mediante el abandono de tierras agotadas o a través de descansos periódicos del suelo para reutilizarlo meses o años después. Básicamente, la naturaleza hacía su trabajo y si la situación no se podía resolver por haber llegado a un grado de degradación irreversible, la humanidad contaba aún con la posibilidad de trasladarse a tierras más fértiles. Es decir, el ecosistema era suficientemente amplio para absorber o reciclar el impacto de las actividades agrícolas.

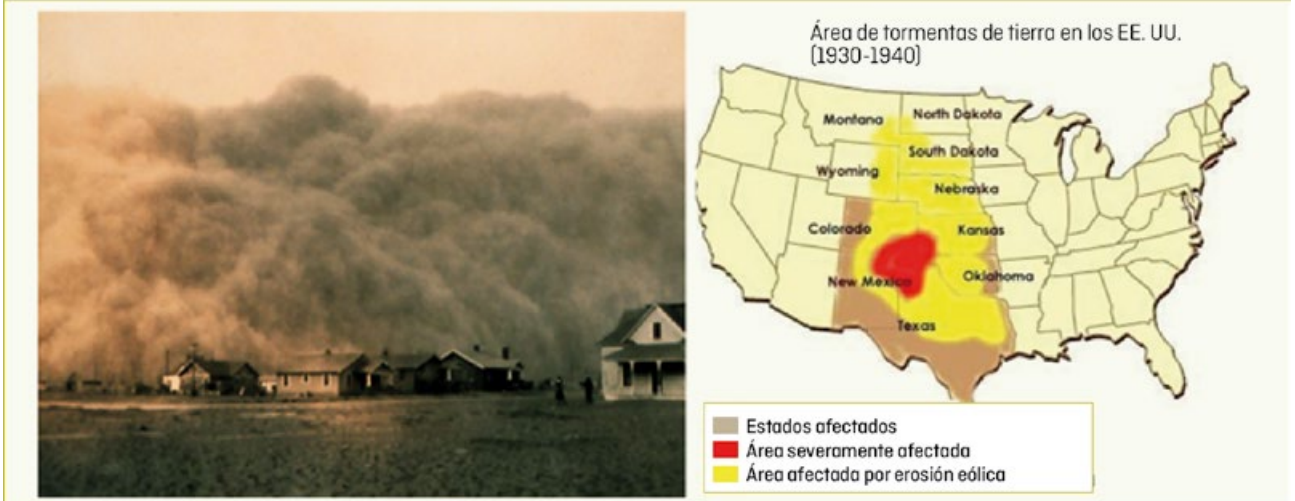
Sin embargo, a fines del siglo XIX y principios del XX, la mecanización le confirió a la agricultura otra dinámica, incorporando el uso de energía fósil para movilizar tractores y herramientas más potentes, lo que permitió incrementar la escala e incorporar tecnología, con mayor demanda de capital y mano de obra, además de una importante cantidad de insumos (semilla mejorada, fertilizantes, etc.). Este incremento en la escala de la agricultura permitió generar alimentos para una población que crecía a una tasa exponencial.

Si bien esta actividad comenzó a demandar energía y materia de manera inédita, el impacto ejercido sobre el ambiente hasta la década del 50, estaba aún concentrado

Figura 3. Comienzos de la mecanización agrícola.



Figura 4. Erosión eólica en los EE. UU. en la década del '30.



en la erosión (hídrica y eólica) y en la degradación del suelo por pérdida de fertilidad. La diferencia con respecto al período anterior fue que, al aumentar la escala y extenderse, el efecto fue mucho más notorio y pronto se convirtió en una preocupación para varios países.

En Oklahoma (EE.UU.), la erosión eólica ocurrida en los años 30 provocó una migración masiva de los *farmers*, que decidieron abandonar sus campos (una superficie de 40 millones de hectáreas). Este efecto provocado por la sequía, se vio favorecido por el laboreo de tierras arenosas, que hasta ese entonces no habían conocido el arado. El fenómeno, conocido como *The Dust Bowl*, afectó a los estados de Kansas, Oklahoma, Texas y Nuevo México entre 1935 y 1939. En aquellos años, y en menor escala, algo similar sucedió en zonas del este de La Pampa, oeste de Buenos Aires y sur de Córdoba, lo que generó gran preocupación y dio lugar a la creación del Instituto de Suelos y Agrotecnia (precursor del INTA) en 1944 y también al Movimiento CREA a fines de la década del 50.

Esta preocupación por el cuidado del suelo, como único impacto de la agricultura sobre el ambiente, fue materia de estudio durante décadas en la Argentina e impulsó la adopción de la siembra directa, que hoy abarca prácticamente a la totalidad de las hectáreas cultivadas.

Esta revolución tecnológica dio por tierra con un paradigma de casi 8000 años, según el cual era impensable sembrar un cultivo sin remover el suelo. La adopción de la siembra directa redujo la erosión (logrando niveles inferiores a los límites críticos admitidos de pérdida de suelo) y permitió recuperar suelos, evitando la degradación de nuevas tierras.

Este sistema volvió a modificar la agricultura, con menor demanda de energía fósil, pero mayor utilización de fertilizantes y agroquímicos para el control de malezas. Luego, la incorporación de biotecnología redujo la

utilización de insecticidas, mientras que la incorporación de otras tecnologías y conocimientos tornó más eficiente el uso de los recursos (agua, radiación y suelo).

De este modo, es posible afirmar que el avance experimentado por la agricultura nos sitúa frente a una actividad con mayor escala, alto grado de incorporación de tecnología y conocimiento, menor empleo de mano de obra tranqueras adentro, pero con alta dependencia de insumos, genética, servicios, maquinaria y asesoramiento tranqueras afuera.

Volviendo a Herman Daly, es evidente que el ingreso de energía y materia ha cambiado, como así también el impacto o salida de materia que el ecosistema debería resolver o reciclar.

Nos encontramos frente a una actividad en la que el impacto principal dejó de estar constituido por la erosión y la degradación del suelo, para enfocarnos en el estudio de nuevas cuestiones, tales como el riesgo de contaminación de cursos de agua provocado por excretas animales o agroquímicos y las prácticas adecuadas para prevenirlo. También deberemos analizar el impacto de la expansión de la agricultura sobre la pérdida de biomas naturales y sobre las emisiones de GEI, impulsados por el compromiso global de mitigar las emisiones en todas las actividades antrópicas. Debemos continuar trabajando para lograr los mejores esquemas de producción, integrando actividades y rotaciones para la conservación del suelo en todas las regiones del país.

Nuevos desafíos

La cuestión de la sostenibilidad en la agricultura es una preocupación desde hace varias décadas y fue el disparador del desarrollo de numerosas tecnologías y prácticas que hoy son una realidad. Sin embargo, cabe preguntarse si la agricultura moderna puede ser carac-

Figura 5. El avance tecnológico y la transformación de la agricultura.



terizada efectivamente por un verdadero avance en la conservación del suelo y en el control de la erosión, por un uso más reducido de combustibles fósiles y por su mayor eficiencia al utilizar los recursos naturales, produciendo más granos por hectárea con las mismas lluvias y suelos de hace 40 años (Andrade, 2016).

¿Por qué la sociedad empieza a considerar a la sostenibilidad en el sector agropecuario como un problema serio cuando antes no lo veía? En este nuevo contexto, es clave identificar qué es lo que ve la sociedad que el sector agropecuario probablemente no está viendo. Si hay algo que estamos haciendo mal, es necesario saberlo para prevenirlo y resolverlo.

El impacto ambiental de cualquier actividad suele implicar un conflicto, que debe resolverse mediante el diálogo entre los actores involucrados. Para ello, es fundamental contar con información, un buen diagnóstico y espacios de discusión serios. Vemos con preocupación que algunas cuestiones están envueltas en discusiones de tipo “emocional” antes que racional, a menudo ligadas a temores generados por el desconocimiento, prejuicios o cuestiones ideológicas. No obstante, también advertimos que cuando hay información disponible, es más sencillo llegar a un consenso, de manera racional y no emotiva.

Este es el primer desafío: comunicar cómo funcionan los sistemas de producción argentinos, con sus contrastes regionales, y mostrar cuáles han sido los logros y cuáles las limitaciones que aún debemos resolver.

Sin lugar a dudas, conducir el diálogo en estas cuestiones también implica un reto. En CREA, el método de trabajo durante casi 60 años ha sido sentarse a escuchar a otros y discutir temas diversos, considerando los distintos puntos de vista. Mes a mes, esta actividad se repite en los más de 200 grupos de productores que conforman el Movimiento. Esta forma de trabajo puede constituir un aporte metodológico a la hora de consensuar con el resto de la sociedad en torno a cuestiones de interés general.

El segundo desafío es el de seguir investigando para generar más conocimiento. Es importante reconocer el rol clave que tienen los productores CREA y sus técnicos, al igual que otros grupos de productores y técnicos que trabajan en forma colectiva como proveedores de información junto con el sistema científico argentino.

La tarea ineludible es seguir mensurando y analizando datos para identificar y evaluar las estrategias que reduzcan el impacto ambiental de nuestras actividades productivas. Esto implica el desarrollo de un círculo virtuoso que supone medir, implementar mejoras, monitorear y volver a medir, y así mejorar de manera continua.

Un tercer desafío tiene que ver con el marco regulatorio. Hoy se habla de la “licencia social para operar”. Este término está estrechamente vinculado a las regulaciones que la sociedad establece a través de sus dirigentes. Sin embargo, este concepto tiene una contracara que podemos definir como la “responsabilidad social de conocer”. El desconocimiento puede generar restricciones normativas que acarreen consecuencias indeseadas. Regular la actividad agropecuaria sin conocer la dinámica de los sistemas productivos en medios naturales puede dar lugar a errores.

La responsabilidad de abordar los temas con conocimiento concierne al sector y al resto de la sociedad, pero especialmente a sus dirigentes y a los cuerpos técnicos con los que estos trabajan. Esta tarea es delicada por dos razones: porque involucra la conservación de los recursos naturales y porque contribuye al desarrollo del sector agroalimentario, que en nuestro país tiene especial relevancia.

Un cuarto desafío, ligado a la tarea de medir y saber más, es la posibilidad de cuantificar la sostenibilidad. A la hora de decidir el manejo de nuestros sistemas productivos, debemos incorporar indicadores que permitan tomar decisiones acordes con las cuestiones que enfrentamos hoy en términos de sostenibilidad. Y esto implica revisar cuán adecuados son los indicadores que usamos ante nuevos contextos.

Por último, es importante seguir apostando a la innovación para afrontar los nuevos retos. En este aspecto, debemos considerar los costos y beneficios de las tecnologías que permitan resolver los problemas que más nos preocupan en la actualidad, sabiendo que siempre existirá la posibilidad de que una tecnología o estrategia nueva solucione un problema para generar otro.

Ante este nuevo contexto, en el año 2009 se creó un área específica orientada a analizar el impacto de la agricultura sobre el entorno: el Área de Ambiente, que es parte de la Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Desde allí, se atiende una diversidad de temas que incluyen la productividad de los suelos en zonas de desmonte, el riesgo de contaminación de cursos de agua, la dinámica de los escurrimientos y el ascenso de la napa freática, el cambio climático y las emisiones de GEI, el ordenamiento territorial, indicadores de sustentabilidad y buenas prácticas, sistemas soporte de decisiones y modelos de riesgo ambiental.

Estas cuestiones no sólo son abordadas desde el punto de vista técnico, sino también desde el análisis del marco regulatorio que las contiene. Es por esta razón que se sumó al equipo una abogada, conformando un grupo de trabajo multidisciplinario, junto con técnicos

de la Agronomía y de las Ciencias Ambientales. Desde el Área de ambiente se realiza un trabajo conjunto con otras instituciones académicas, ONG y organismos gubernamentales.

El presente manual presenta las cuestiones principales consideradas por el área, con el objetivo de contribuir al desarrollo y difusión de esta temática en el sector agropecuario argentino.

En los próximos años deberemos ser capaces de intensificar aún más los sistemas productivos para satisfacer la demanda de alimentos, sin generar impactos sobre el ambiente que generen costos directos, por la degradación de nuestros recursos naturales, e indirectos provenientes de restricciones comerciales o barreras para arancelarias.

Desarrollo sostenible y producción agropecuaria sostenible: definiciones del Movimiento CREA

■ **Ing. Agr. Federico Bert**

Líder de la Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA.

El desarrollo sostenible en general y la producción agropecuaria sostenible en particular ocupan un espacio prioritario en la agenda actual del Movimiento CREA. Este tema se convirtió en una demanda de los integrantes de los grupos CREA, principalmente en respuesta a situaciones puntuales (en muchos casos de conflicto) estrechamente relacionadas con aspectos ambientales y sociales.

Si bien la conservación del suelo y la sostenibilidad de los sistemas productivos impulsaron la fundación del Movimiento CREA, en la actualidad resulta necesario definir conceptos y posiciones por dos motivos principales: (a) la creciente necesidad de diálogo dentro y fuera del sector en relación al tema y (b) la necesidad de generar un marco teórico que oriente una “aplicación práctica” del concepto de sostenibilidad.

A continuación, se presentan las definiciones y posiciones consensuadas en el Movimiento CREA con respecto al desarrollo sostenible y a la producción agropecuaria sostenible.

El concepto de *desarrollo sostenible* –introducido en 1987 en el informe Brundtland (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de Naciones Unidas)– refiere a una forma de desarrollo capaz de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades. Este concepto considera el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente como

dimensiones interdependientes que deben equilibrarse y reforzarse en forma recíproca. Esta definición ha sido aceptada por nuestro país y se encuentra implícita en los acuerdos internacionales y en documentos que surgieron con posterioridad.

Sin embargo, un concepto relevante en su definición e implicancias es el de *producción agropecuaria sostenible*. En el marco del concepto de desarrollo sostenible, desde CREA entendemos a la primera como “una forma de realizar la producción orientada a satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la posibilidad de las generaciones futuras para atender las suyas, considerando aspectos económicos, sociales y ambientales de la producción y procurando mantener un equilibrio entre ellos”.

Esta definición planteada por CREA surge de la perspectiva de empresarios y técnicos directamente vinculados a la producción agropecuaria y tiene validez sólo para los procesos abarcados por esta actividad. No obstante, los conceptos planteados (y los instrumentos de acción derivados en el futuro) consideran los intereses y demandas de toda la sociedad.

Los elementos incluidos en la definición de producción agropecuaria sostenible, tienen varias implicancias que vale la pena desarrollar. Al hablar de “satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras”, entendemos que la producción agropecuaria tiene como prioridad satisfacer las necesidades del hombre en relación con la provisión de alimentos saludables y de calidad, de fibras para la vestimenta, de energía y el mantenimiento de un ambiente inocuo y agradable para habitar.

En este sentido, existen posiciones contrapuestas que establecen como prioridad la conservación de las propiedades y funcionalidad de los ecosistemas naturales. A diferencia de esta posición, la definición de CREA implica que la intensidad de uso de los recursos productivos, entre ellos los naturales, está modulada por las necesidades humanas.

Otra implicancia de nuestra definición, en concordancia con la definición de desarrollo sostenible, tiene que ver con el modo en que se lleva adelante la producción agropecuaria en la actualidad (para satisfacer las actuales necesidades del hombre) sin comprometer la posibilidad y capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas.

Esto significa que las futuras generaciones no deberían tener limitaciones para disponer, al menos, de la misma cantidad y calidad de alimentos, fibras, energía y espacios habitables que las que posee la generación actual. En otras palabras, implica que el modo de desarrollar la producción hoy no debería ponerle límites a

la cantidad y calidad de productos agropecuarios de los que podrían disponer las generaciones futuras; ese límite debería estar determinado por la capacidad intrínseca del planeta y sus agroecosistemas en combinación con las tecnologías productivas.

Otro aspecto importante es que la definición de producción agropecuaria sostenible planteada por CREA considera las dimensiones económica, social y ambiental de la producción agropecuaria. Esto implica que para ser sostenible, aquella debe realizarse de forma tal que mantenga o mejore las características y procesos económicos, sociales y ambientales ligados a la producción. En otras palabras, la producción agropecuaria no será sostenible si se realiza ignorando (y eventualmente afectando) características o procesos de alguna de las tres dimensiones, comprometiendo, en consecuencia, la capacidad y posibilidad de la generación actual y de las futuras de satisfacer sus necesidades; independientemente de que se mantengan o mejoren aspectos de las dimensiones restantes.

Desde CREA entendemos que el balance entre las tres dimensiones mencionado en la definición tiene dos propiedades: (a) no existe necesariamente un estado único y (b) es dinámico en el tiempo.

Con respecto a la primera propiedad, dada la complejidad de los sistemas agropecuarios (recursos naturales y humanos con multiplicidad de procesos y escalas), no sería realista plantear que la producción agropecuaria

sostenible se alcanza logrando un único estado de balance entre las diferentes dimensiones. Por el contrario, se alcanza manteniendo dentro de un rango o “zona” de estados deseables, características y funcionalidades de cada dimensión como resultado de prioridades asignadas por el productor en su accionar y en su evaluación de resultados.

En relación a la segunda propiedad, la zona de balance puede evolucionar en función de las necesidades del hombre. Esto implica que la intensidad de uso de los recursos productivos puede cambiar como consecuencia de la evolución de las demandas. En un nuevo contexto pueden considerarse deseables estados que hoy no lo son y viceversa.^{2,3}

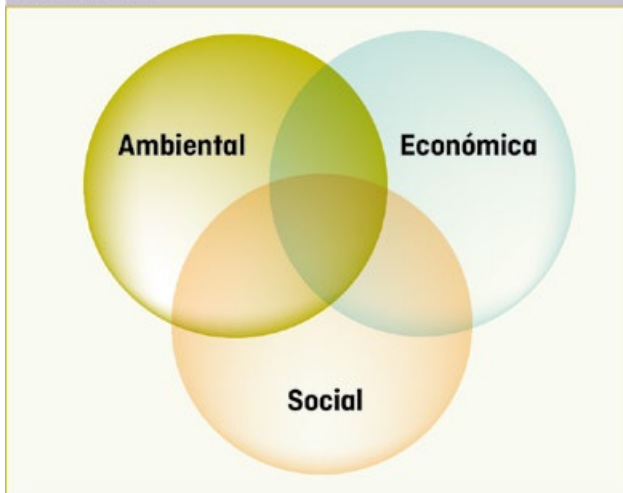
Desde la perspectiva de CREA, la producción agropecuaria sostenible se alcanza por el accionar individual y colectivo de los agentes involucrados directa o indirectamente. En particular, los productores agropecuarios tienen un rol clave como gestores directos de los recursos necesarios para la producción (ambientales, humanos y económicos).

Las prácticas que conducen a una producción agropecuaria sostenible son aquellas que, según el mejor conocimiento científico-técnico disponible, resulten más adecuadas para mantener y mejorar características y procesos de las tres dimensiones de la sostenibilidad. En este contexto, entendemos a las buenas prácticas agropecuarias como instrumentos que establecen los mejores modos de llevar a cabo la producción.

Por otra parte, el monitoreo del estado y evolución de las características y funcionalidades de cada dimensión puede realizarse directa o indirectamente por medio de indicadores. Estos son los instrumentos que los agentes involucrados en la producción tienen para ratificar o rectificar las prácticas utilizadas, y para comunicar a los agentes no relacionados los resultados de la gestión de los agroecosistemas.

Las buenas prácticas agropecuarias y los indicadores, como instrumentos de los productores para contribuir a una producción agropecuaria sostenible, pueden ser ajustados o modificados en virtud de dos factores: (a) la evolución del conocimiento científico-técnico (que determine que una nueva práctica es mejor que otra para mantener o mejorar una característica o funcionalidad de alguna dimensión) y (b) la evolución de las demandas del hombre en relación a la producción agropecuaria y

Figura 6. Equilibrio ideal de las dimensiones ambiental, económica, y social.



² Entendemos que los tres ejes de la sostenibilidad tienen la misma importancia conceptual, pero no son igualmente relevantes en distintas circunstancias. Para una parte de la población mundial que no llega a cubrir sus necesidades alimenticias diarias, el componente ambiental, no es prioritario. En un ejemplo local, discutiendo el tema de la sostenibilidad ambiental y el cuidado del recurso suelo, encontramos que muchos productores saben lo que hay que hacer, pero el eje económico de sus empresas, amenazado por la presión fiscal o por la pérdida de capital operativo, es un impedimento real para alcanzar dicho objetivo.

³ Se puede hacer la analogía con un juego de malabares con tres pelotas. Si una de ellas cae, termina el juego (si no se atiende una dimensión, la producción agropecuaria sostenible no es tal). Sin embargo, mientras el juego dura, las pelotas alcanzan distintas alturas, aunque en el mediano plazo cubren la misma trayectoria.

**PENSATE MÁS PRODUCTIVO
CON TECNOLOGÍA JOHN DEERE.**



Nuestras soluciones en Agricultura de Precisión conectan máquinas, personas, tecnología e inteligencia para ayudarte a producir de forma más eficiente y sustentable, logrando un mayor ahorro de tiempo e insumos.

Conocé más en JohnDeere.com.ar y contactá a tu concesionario más cercano.



JOHN DEERE

de los intereses y prioridades de la sociedad en general en relación a los factores productivos. Esto implica que lo que actualmente es una buena práctica o un indicador podría dejar de serlo en el futuro.

Como organización de productores agropecuarios, CREA entiende que es responsabilidad del empresario como agente de decisión y acción, implementar buenas prácticas para hacer un aporte a la producción agropecuaria sostenible en particular, y al desarrollo sostenible

en términos generales. Asimismo, considera que es responsabilidad de las instituciones, y en especial del Estado, promover directa o indirectamente la implementación de buenas prácticas y facilitar un balance entre las distintas dimensiones de la producción agropecuaria sostenible. Por último, para avanzar en esa dirección es necesaria una comunicación y una retroalimentación entre los agentes ligados a la producción, fundamentalmente entre los productores y el Estado.

1

La conservación del suelo y la producción agropecuaria

En el presente capítulo se analizan el impacto de la agricultura sobre el suelo y los nuevos desafíos referidos a su conservación. En el primer artículo se plantea el problema de la degradación y erosión de los suelos en el país. Por su importancia, se describen la erosión hídrica y eólica, la pérdida de materia orgánica, el desbalance de nutrientes, la sodificación y salinización, la compactación y la acidificación, entre otros factores.

El segundo artículo aborda el efecto del cambio de uso del suelo y de las prácticas de manejo sobre el carbono y otros parámetros edáficos en zonas de desmonte del norte argentino. Se reúne información respecto a la evolución de estos parámetros y de la productividad de estas tierras en los últimos años.

El último apartado presenta la temática del riego complementario en zonas húmedas y subhúmedas a partir de una revisión de su impacto sobre las propiedades físico-químicas del suelo en la región pampeana. Allí se presentan los riesgos potenciales y se enuncian los aspectos que deben tenerse en cuenta para prevenir efectos irreversibles provocados por el mal uso.

Antecedentes y contexto actual

■ Ing. Agr. Federico Fritz

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires

■ Ing. Agr. Ph. D. Gabriel Vázquez Amábile

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Cátedra de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Facultad de Agronomía y Ciencias Forestales, Universidad Nacional de La Plata.

En los últimos años, el mundo ha vuelto a depositar la atención en el suelo, no sólo porque en él se produce el 95% de los alimentos a nivel mundial, sino porque, además, constituye la principal reserva de carbono. Considerado un recurso natural no renovable, alberga un cuarto de la biodiversidad del planeta, además de ser un componente activo en la regulación de emisiones y captura de gases de efecto invernadero, directamente vinculadas con el cambio climático.

El suelo desempeña también otras funciones, como el ciclado de nutrientes, la regulación del clima y las inundaciones, la provisión de fibras y combustibles, la

purificación del agua y la reducción de contaminantes, entre otros servicios ecosistémicos. Es por ello que muchos gobiernos, organismos internacionales e instituciones dedicadas a la investigación decidieron iniciar un sinnúmero de proyectos e iniciativas que procuran poner el suelo nuevamente en agenda. Asimismo, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y el Convenio sobre la Diversidad Biológica, junto con el Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, la Alianza Mundial por el Suelo y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas han elaborado un calendario de trabajo común para abordar la cuestión de la degradación de las tierras y promover una gestión sostenible de los suelos en todos los continentes.

Sumado a ello, desde la Organización de las Naciones Unidas se han establecido 17 Objetivos para lograr el Desarrollo Sostenible, los cuales entraron en vigor oficialmente el 1° de enero de 2016 e invitan a los países miembro a adoptar medidas para promover la prosperidad, al tiempo que abogan por la protección del planeta. Estos objetivos reconocen que las iniciativas para poner fin a la pobreza deben ir de la mano de estrategias que favorezcan el crecimiento económico y aborden una serie de necesidades sociales, entre las que cabe señalar la educación, la salud, la protección social

y las oportunidades de empleo, al tiempo que luchan contra el cambio climático y promueven la protección del medio ambiente.

En 2012, desde la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) surgió la Alianza Mundial por el Suelo, que congrega a los países miembro de la FAO, organismos internacionales, organizaciones no gubernamentales y universidades e institutos de investigación. Dicha alianza tiene como objetivo promover e implementar la gestión sostenible del suelo en todas las escalas. En este marco, los países miembro, que incluyen a la Argentina, participaron en la generación de dos documentos que expresan el compromiso voluntario de las partes respecto del cuidado de este recurso: la Carta Mundial de los Suelos y las Directrices Voluntarias para la gestión sostenible de los suelos. Por su parte, en noviembre de 2016, CREA se asoció a la Alianza Mundial por el Suelo para contribuir a la sensibilización y concientización respecto del cuidado de este recurso y para cooperar en la construcción de una sociedad que aporte al desarrollo sostenible.

Sin embargo, la preocupación por el suelo no es reciente en el Movimiento CREA, sino que está presente desde sus orígenes. Ya a mediados de la década del 50, su fundador, Pablo Hary (1901-1995), sostenía que el cambio, si bien tenía que ver con la tecnología de producción, debía comenzar por una inversión de tipo intelectual. Fue ese convencimiento lo que lo llevó a reunir a un grupo de hombres de campo, preocupados por el deterioro del suelo y por la poca estabilidad de sus empresas.

Jorge Molina (1919-1998), profesor de Agricultura General de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA), fue el primer asesor CREA y ya en 1957 promovía tres aspectos básicos: a) evitar el uso del arado de reja y reemplazarlo por rastrón con cajón sembrador, b) eludir el monocultivo y rotar con pasturas y c) abandonar la quema de rastrojos buscando mayor cobertura y labranza mínima.

Estas fueron las directrices que guiaron el trabajo en lo que respecta a sistemas de labranza, praderización, rotaciones, manejo integrado ganadero y agrícola, junto con otros temas de organización empresarial (gestión y presupuestación).

Posteriormente, el Movimiento CREA participó en el desarrollo de modelos de respuesta a la fertilización con nitrógeno y fósforo, en conjunto con la FAUBA y el Laboratorio de Química Geológica del Conicet (Barberis *et al.*, 1983; González Montaner *et al.*, 1991), y en la adopción de la siembra directa a través de la realización de ensayos en distintas regiones. En paralelo, trabajó en actividades de extensión, difundiendo experiencias y re-

sultados mediante jornadas de tranqueras abiertas y de actualización técnica, congresos y diversas publicaciones (manuales técnicos y artículos en la *Revista CREA*). En los últimos años, las líneas de trabajo se centraron en la nutrición de cultivos, en el manejo por ambientes y sitio específico y en el uso sostenible del suelo.

En la actualidad, desde el Área de Ambiente de CREA se estudia el impacto de la actividad agropecuaria sobre las propiedades y funciones de los suelos a fin de hacer prevención y lograr un uso y manejo sostenible por parte de los productores. En marzo de 2017, una encuesta destinada a empresarios y técnicos CREA reveló que la conservación del suelo continúa siendo el tema ambiental de mayor relevancia.

En materia educativa, en 2017 junto con el equipo de EduCREA (programa del Área de Vinculación Social) se llevó adelante el proyecto *Así son los suelos de mi país*, que convocó a estudiantes de escuelas secundarias a realizar trabajos de investigación con el objetivo de generar mayor conocimiento y conciencia respecto del cuidado de este recurso. Dicho trabajo se realizó de manera colaborativa e integrada con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), la Asociación Argentina de la Ciencias del Suelo (AACS) y FAO Argentina.

Degradación y erosión de suelos: historia, actualidad y prospectiva

■ Ing. Agr. Roberto R. Casas

Centro para la Promoción de la Conservación del Suelo y del Agua. Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

Una de las primeras referencias al proceso de erosión del suelo se encuentra en una obra de Charles Darwin editada en Londres en 1845, en la que señalaba para algunas zonas de las provincias de Buenos Aires y Santa Fe la gravedad de una prolongada sequía que generaba múltiples tormentas de polvo que dificultaban la visibilidad.

Por su parte, ya en 1884, Florentino Ameghino, en su obra *Las secas y las inundaciones en la provincia de Buenos Aires*, describía la alternancia de dichos períodos, con consecuencias a veces catastróficas para los productores y habitantes de la región.

A lo largo de la historia agrícola en los agrosistemas pampeanos se han alternado períodos de incremento de la vulnerabilidad de los suelos y del ambiente, con otros de ganancia de calidad. Las distintas situaciones tienen que ver con los conceptos de resiliencia y vulnerabilidad de los suelos, los cuales están íntimamente relacionados (Casas, 2015; figura 1).

Bayer ►► ForwardFarming



**La plataforma de conocimiento
que demuestra la agricultura
sustentable en la práctica.**

El período que se extiende desde 1880 hasta 1940 se evalúa como un momento de “descarga ecológica” (Viglizzo, 1994) caracterizado por el sobreuso y mal uso de los suelos y del ambiente productivo. En una primera etapa, el elevado contenido de materia orgánica de los suelos vírgenes, y una agricultura que no había llegado a su etapa de expansión, permitieron mantener la productividad, con procesos degradatorios incipientes o localizados.

A partir de 1916, las sequías periódicas, la fuerte expansión de la agricultura ocurrida a principios de siglo y el deterioro sufrido por los suelos por labranzas excesivas con arado de reja y vertedera, intensificaron los procesos de degradación, con un marcado descenso del contenido de materia orgánica y un incremento de la erosión hídrica y eólica en los suelos pampeanos (Casas, 2001).

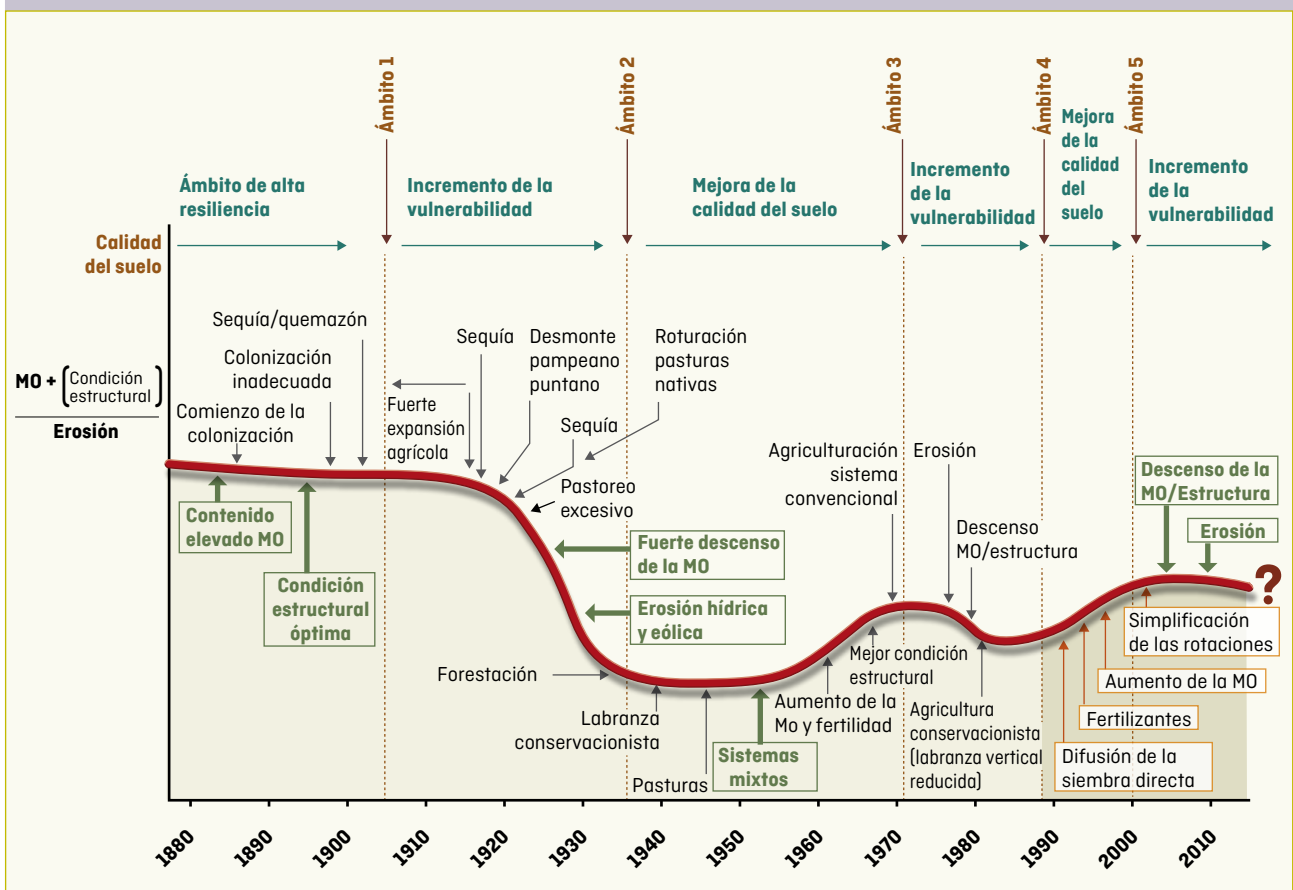
En la década del 30, la erosión eólica adquirió trascendencia nacional, dando lugar al nacimiento de la Di-

visión de Suelos del Ministerio de Agricultura. En 1937 culminó la sequía más intensa del siglo que provocó ingentes daños en la región pampeana semiárida, tanto en lo que respecta al suelo como a la infraestructura vial y ferroviaria. Ello provocó una fuerte reacción oficial, surgiendo valiosas contribuciones para el conocimiento, prevención y lucha contra este fenómeno.

Durante la década del 40, el ciclo de deterioro y erosión de los suelos se estabilizó paulatinamente. La sustitución de cultivos de cosecha por alfalfa, la mayor superficie destinada a la ganadería, un mejor uso de los residuos de cosecha y planes masivos de forestación, unidos a la acción de experimentación y asesoramiento del Instituto de Suelos y Agrotecnia creado en 1944, dieron lugar a un período de “reacción” que se tradujo en un ciclo de “recarga ecológica” registrado a partir de 1950.

Este período se caracterizó por la vigencia de un modelo mixto de explotación de la tierra. En él, la alfalfa y la ganadería reponían materia orgánica y devol-

Figura 1. Evolución de la calidad del suelo en los agrosistemas pampeanos



Fuente: datos propios.

vían el nitrógeno exportado con los granos, además de restituir las condiciones físicas del suelo. Luego de cinco o seis años de pastura, se volvía a hacer agricultura con muy buenos rendimientos. Inconscientemente, este sistema –adoptado por razones económicas y sociales– resultó ser una solución conservacionista y sostenible (Solbrig, 1999).

Entre los años 1952 y 1955 merece citarse el trabajo pionero de Walter Kugler en Tornquist, quien sembraba trigo con un sistema de terrazas para controlar la erosión. En aquellos años, publicó un informe que hablaba de las bondades del cultivo bajo cubierta de residuos (antecesor de la siembra directa) como sistema de prevención y control de la erosión eólica (Prego, 1988).

En 1954 se estableció en Arrecifes el primer Distrito de Conservación del Suelo de la Argentina, a cargo de Julio Ipucha Aguerre. En 1957, en un sector severamente erosionado de la cuenca del Río Carcarañá localizado en San José de la Esquina (Santa Fe), se determinó un área piloto para la aplicación de tecnología conservacionista, patrocinada por la Asociación para la Conservación del Suelo y el INTA.

Entre las décadas del 50 y 60 se inicia un proceso de recuperación del ambiente productivo a partir de acciones públicas y privadas, con introducción de tecnologías conservacionistas. Como consecuencia de la Misión Prebisch (Grupo Mixto Gobierno Argentino-Naciones Unidas) en 1957 se publicó un informe que trazó los lineamientos a nivel nacional para la utilización y conservación del suelo. La redacción del informe fue coordinada por Antonio J. Prego.

La creación del INTA fue la respuesta pública que permitió superar los métodos tradicionales de producción, introduciendo tecnologías conservacionistas a través del Programa de Conservación y Manejo de Suelo, que se vio plasmado en la creación de una importante red de Estaciones Experimentales y en la formación de especialistas.

En 1957, con el impulso de Pablo Hary, nace el Movimiento de los grupos CREA, que tuvo la conservación del suelo como un estandarte desde su creación. Este Movimiento, que nació por iniciativa de un grupo de productores bonaerenses preocupados por la voladura de los suelos de su región y por el manejo de sus campos, decidió unir fuerzas, intercambiar experiencias y buscar nuevos sistemas de producción, guiados por una filosofía que vinculaba valores tales como la solidaridad, el respeto por lo local, el cuidado del suelo y los recursos naturales (CREA, 2010).

Paralelamente, por esta época se reforzaban los grupos de investigación en las Facultades de Agronomía de

Buenos Aires, Bahía Blanca, Corrientes, Córdoba, Mendoza, Río Cuarto y Tucumán (Prego, 1988). Las acciones mencionadas contribuyeron a consolidar este ciclo regenerativo de las propiedades edáficas (Viglizzo, 1994).

En la década del 60 se llevó a cabo un sostenido plan de prevención y lucha contra la erosión del suelo que involucró a las 20 agencias de extensión del INTA de la región pampeana semiárida. En la planificación y desarrollo de las actividades participaron Guillermo Covas, Heriberto Fisher, Adolfo Glave, Alberto d'Hiriart, Julio Ipucha Aguerre, Martín Monsalvo, Francisco Nuñez Vázquez, Antonio Prego y Casiano Quevedo, entre otros. Esta acción generó una importante respuesta de parte de los productores en los 20 millones de hectáreas que abarcó el proyecto.

Un hito importante para la conservación del suelo lo constituyó la firma de un acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en 1968, para crear, con asistencia técnica y económica de la FAO, un Programa de Conservación del Suelo (Proyecto PNUD/FAO/SEAG/INTA/ARG/68/526). Este proyecto dio lugar a una serie de actividades de investigación, difusión y extensión en técnicas conservacionistas a cargo de las Estaciones Experimentales de INTA Paraná y Marcos Juárez.

A partir de 1970, los suelos de la región pampeana sufrieron una extraordinaria transformación de la agricultura, caracterizada por un gran aumento de la producción, la adopción de tecnología, el desarrollo de nuevas formas organizativas y un acelerado proceso de agriculturización, que sólo en dicha región logró el desplazamiento de alrededor de cinco millones de hectáreas de uso ganadero. Por su carácter irreversible, el aspecto más grave de esta intensificación fue el incremento de la erosión hídrica de los suelos (Coscia, 1988).

En la década del 80, en pleno proceso de agriculturización de la región pampeana y ante el avance de los procesos degradatorios, cobró fuerza el concepto de agricultura conservacionista basado en la reducción de labranzas, el empleo del arado cincel (labranza vertical) y la importancia de la cobertura superficial con residuos vegetales y rotaciones (Casas, 1998). Comenzó a difundirse el concepto de *calidad del suelo* que implica una visión global sobre la conservación de su integridad física y de sus funciones. Estos conceptos se vieron plasmados en el sistema de siembra directa, sobre el que el INTA inició investigaciones a través del Instituto de Ingeniería Rural y de las Estaciones Experimentales de Pergamino y Marcos Juárez en las décadas de los 70 y 80. El sistema comenzó a difundirse a principios de los 90 merced al impulso brindado por la Asociación Ar-



Se necesita una
visión global y foco
local para impulsar
a los agronegocios.

Anticipate tomorrow. Deliver today.

KPMG



www.kpmg.com.ar | contactenos@kpmg.com.ar



@KPMGArgentina



KPMG Argentina



KPMG Argentina



KPMG AR Talentos

gentina de Productores en Siembra Directa (Aapresid), que permitió alcanzar los 35 millones de hectáreas cultivadas con siembra directa en la actualidad.

Un párrafo aparte en esta breve reseña lo merece el bosque chaqueño occidental, que involucra la mayor parte de las áreas de desmonte en las provincias de Salta, Formosa, Tucumán, Chaco, Santiago del Estero y Córdoba. Los suelos y el ambiente de esta región han sufrido un intenso proceso de degradación, consecuencia del desmonte irracional y del mal uso de las tierras habitadas.

La llegada del ferrocarril al Chaco Semiárido determinó que los bosques fueran explotados forestalmente desde principios del siglo pasado para abastecer a la industria del tanino y también para la obtención de durmientes, maderas, postes, leña y carbón. La posterior ampliación de la frontera agropecuaria, que se desarrolló en la región chaqueña semiárida a expensas del territorio cubierto por bosques nativos se llevó a cabo de manera desordenada con consecuencias ambientales que aún no han sido evaluadas en su verdadera dimensión (Casas y Puentes, 2009).

Actualidad

Hasta el presente, el crecimiento de la producción nacional se produjo gracias a la adopción de nuevas tecnologías, a un creciente nivel de conocimientos e información por parte de productores y técnicos y a la capacidad productiva de la tierra. Sin embargo, la calidad natural de nuestros suelos tiene un límite; una vez superado, su vulnerabilidad se vuelve crítica.

En los últimos años, los sistemas productivos argentinos han registrado un cambio hacia una agricultura intensiva, con mayores rendimientos por unidad de superficie. En forma simultánea, la frontera agrícola se desplazó hacia zonas más frágiles, tradicionalmente mixtas o ganaderas, en muchos casos ocupadas por monte nativo.

Las cifras correspondientes al balance entre la extracción de nutrientes por parte de los cultivos y los aportes efectuados por fertilización continúan siendo deficitarias en los suelos agrícolas de la Argentina. Así, en la campaña 2010/11 se extrajeron 3,9 millones de toneladas de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y calcio, siendo la reposición de 1,3 millones de toneladas, lo que representa apenas un 35% de lo exportado (Cruzate y Casas, 2012). Esta relación fue en paulatino descenso. En la campaña 2015/16 la reposición fue del 31% para nitrógeno, del 36% para fósforo y del 22% para azufre (García, F., IPNI, 2017). La situación descrita indica

la existencia de sistemas productivos que no son sostenibles; de no modificarse, esta situación limitará el crecimiento de la producción agrícola nacional afectando negativamente los niveles de fertilidad e incrementando los procesos de degradación de los suelos.

Los principales procesos de degradación mencionados para las distintas regiones del país son: erosión hídrica y eólica, compactación superficial y subsuperficial, disminución del carbono orgánico y del contenido de nutrientes, salinización, alcalinización (sodificación) y desertificación (Casas, 2015).

Un análisis de los factores causales de los procesos degradatorios de origen antrópico a nivel nacional (gráfico 1) revela entre los más importantes a los siguientes: a) simplificación de la rotación de cultivos y monocultivo (65%); b) desmonte y expansión de la frontera agrícola (61%); c) sobrepastoreo (57%) y d) cambio de uso del suelo (52%).

En un segundo grupo, pero también de relevancia para varias regiones, se mencionan los incendios de bosques y pastizales, las labranzas inadecuadas, la escasa adopción de tecnología conservacionista y la actividad petrolera; esta última, debido principalmente al efecto negativo sobre la cobertura del suelo de caminos y picadas, locaciones y ductos y residuos contaminantes propios de la actividad. Los incendios han cobrado significancia en los últimos años como factor de reducción de la cobertura del suelo y activador de los procesos erosivos. Salomone *et al.* (2015) lo mencionan como uno de los más dinámicos en la provincia de Chubut, con un crecimiento en superficie afectada del 2800% en los últimos 30 años. Una mención especial merece el manejo deficiente del riego en oasis que, ya sea por excesos en las láminas de agua aplicadas o por sistemas de drenaje deficientes, provoca la salinización y sodificación de poco más de 400.000 hectáreas, lo cual representa un 23% del área regada a nivel nacional (Prieto, 2015).

En la actualidad, se estima que un 36% del territorio argentino está afectado por procesos de erosión hídrica y eólica, lo que representa unas 100,7 millones de hectáreas (cuadro 1).

Tal como se puede observar, la erosión total creció constantemente entre 1956 y 2015, aunque debe consignarse que los relevamientos y estimaciones de 1956 y 1986 fueron parciales.

Al analizar los datos globales de erosión hídrica y eólica correspondientes a 2015, se observa un crecimiento de 73% respecto de 1990. Aunque se trata de estimaciones, lo cual implica considerar la posibilidad de cierto margen de error, se trata de un incremento muy importante de los procesos erosivos, que indica que algunos

de los puntos señalados en el ítem anterior de este capítulo conspiran contra la sostenibilidad de los modelos productivos actuales. En el último cuarto de siglo, la erosión hídrica es la que más creció, con un incremento de 33,1 millones de hectáreas, mientras que el aumento de los procesos eólicos fue algo menor, aunque importante en términos absolutos (9 millones de hectáreas extra de suelos erosionados). Es importante señalar que el crecimiento de la erosión se registra en los grados *ligero* y *moderado* (pérdida inferior al 25 y 75% del horizonte superior del suelo, respectivamente) en alrededor de 40 millones de hectáreas, mientras que en los grados *severo* y *grave* (pérdida superior al 75% del horizonte superior) se mantuvieron más estables. Si bien lo preferible hubiera sido que la superficie de suelos erosionados no aumentara, se estaría a tiempo de actuar para que estos procesos ligeros y moderados no pasen a los grados superiores y afecten de manera irreversible a la capacidad productiva de los suelos.

En relación con las evaluaciones efectuadas en 1990 y 2015, los mayores incrementos de la erosión se verifican en la mayor parte de las provincias de las regiones pampeana y patagónica (Fecic, 1988; INTA, 1990; Casas, 2015). En vastas regiones de la Argentina se observa una reactivación de los procesos de erosión del suelo, consecuencia de los cambios producidos en el uso, la simplificación o falta de rotaciones y el sobrepastoreo en regiones secas.

Recientemente se publicó un trabajo realizado por el INTA (Gaitán, *et al.*, 2017) donde se estima la erosión hídrica actual y potencial de los suelos argentinos a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE; figura 2). Allí se indica que la tasa media de erosión hídrica actual para el territorio nacional fue calculada en 6,2 t/ha/año, lo que equivale a la pérdida de una capa de suelo de aproximadamente 0,5 milímetros anuales (considerando una densidad aparente promedio de 1,2 t/m³). En una superficie nacional de aproximadamente 278 millones de hectáreas, dicha tasa equivaldría a una pérdida de 1725 millones de toneladas o 1490 millones de metros cúbicos de suelo por año.

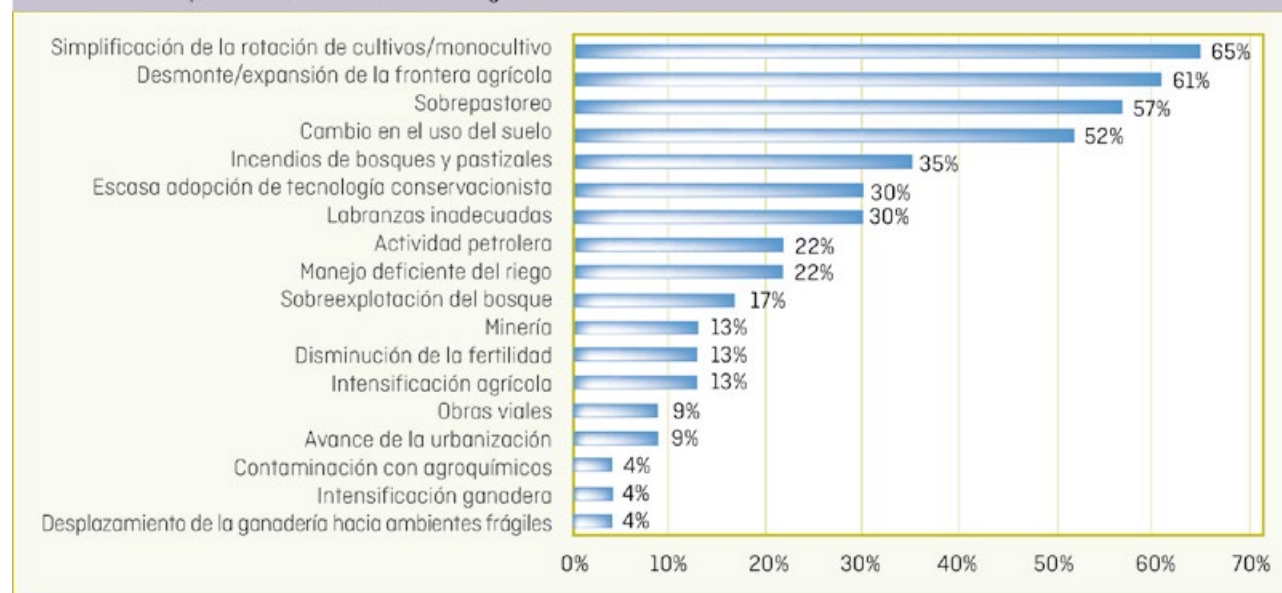
Aproximadamente un 60% de la superficie nacional presenta bajas tasas de erosión (menores de 2 t/ha/año), la mayor parte de ellas se corresponde con áreas

Cuadro 1. Erosión actual en la República Argentina

Año de la estimación	Erosión (en millones de ha)				
	Total	Eólica	Hídrica	Grado ligero-moderado	Grado severo-grave
1956 ¹	34,2	16	18,2	27,1	7,1
1986 ²	46,4	21,4	25,0	22,4	24,0
1990 ³	58,0	28,0	30,0	27,0	31,0
2015 ⁴	100,7	37,6	63,1	67,4	33,3

Referencias: ¹Instituto de Suelos y Agrotecnia (1957), ²Prosa-Fecic (1988), ³Instituto de Suelos. INTA (1990), ⁴Casas R. Prosa-Fecic (2015).

Gráfico 1. Principales factores causales de la degradación del suelo



Fuente: Casas, R., 2015.

húmedas y subhúmedas con alta cobertura vegetal: bosques de la región chaqueña y andinopatagónicos, selvas misionera y de Yungas, pastizales naturales de Corrientes, cuenca del Río Salado y delta del Paraná.

Aproximadamente un 12% de la superficie nacional presenta altas tasas de erosión (mayores de 10 t/ha/año), las cuales se concentran en zonas áridas y semiáridas con fuertes pendientes y baja cobertura vegetal de

la Patagonia, Cuyo y NOA. En las regiones húmedas y subhúmedas se encuentran áreas con altas tasas de erosión en las zonas con mayor pendiente: sierras de Tandilia y Ventania y pampa ondulada en la provincia de Buenos Aires, sierras de Córdoba, sur de Entre Ríos y áreas desmontadas de Misiones.

Tolerancia a la pérdida de suelo

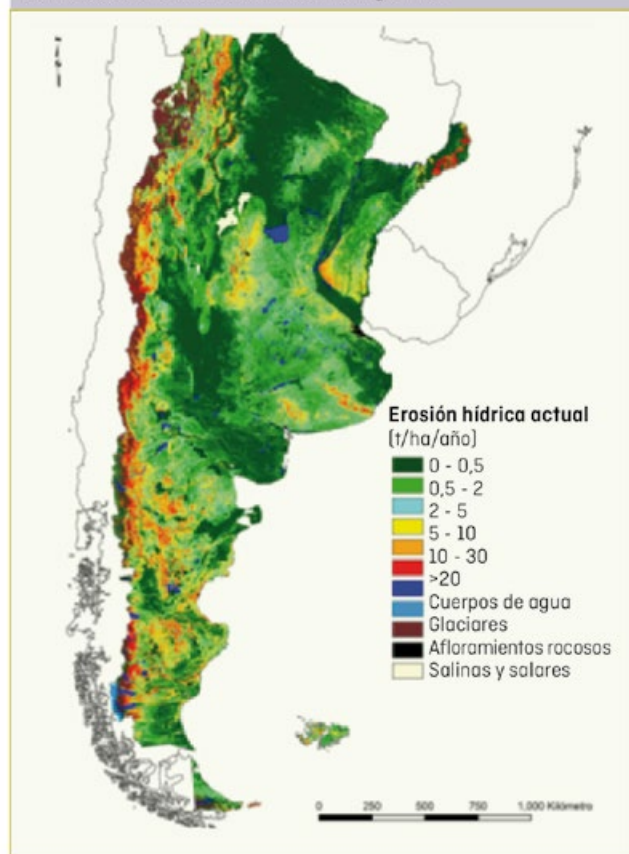
En la figura 3 se presentan las áreas cuya tasa de pérdida de suelo estimada supera el límite de tolerancia definido en el cuadro 2, en función del régimen de humedad y de la profundidad del suelo. De acuerdo con este mapa, el 25,9% del territorio nacional (alrededor de 72 millones de hectáreas) presenta tasas de erosión hídrica que superan los valores tolerables. Este valor es similar al 23,2% de la superficie nacional afectado por procesos de erosión hídrica según Casas (2015).

En el cuadro 2 se muestran los valores de tolerancia considerados en este estudio de acuerdo al régimen climático y a la profundidad del suelo. Con ellos se elaboró

Cuadro 2. Tolerancia de pérdida de suelo (t/ha/año) de acuerdo al régimen climático y a la profundidad del suelo

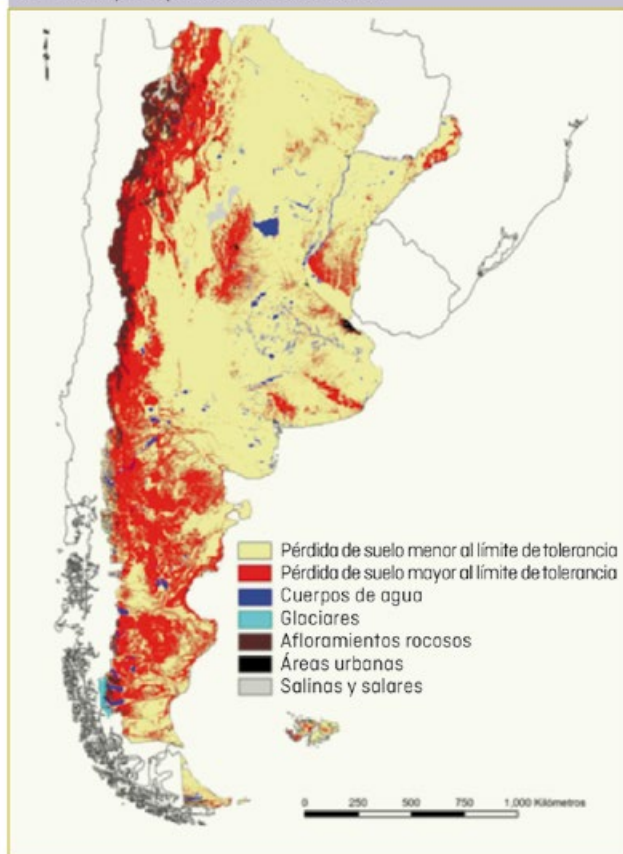
		Régimen climático				
		Húmedo	Subhúmedo-húmedo	Subhúmedo-seco	Semiárido	Árido
Profundidad	Menos de 25 cm	2,5	2	1,5	1	0,5
	25-50 cm	5	4	3	2	1
	50-100 cm	7	5,5	4	3	2
	100-150 cm	8,5	7	5	4	3
	Más de 150 cm	10	8	6	5	4

Figura 2. Erosión hídrica actual calculada con la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo en la Argentina



Fuente: INTA -Gaitan et al, 2017

Figura 3. Tolerancia de pérdida de suelo de acuerdo al régimen climático y a la profundidad (t/ha/año)



Fuente: INTA -Gaitan et al, 2017

NUEVA LÍNEA T CVT

LA EVOLUCIÓN DEL TRACTOR

VALTRA

T 230 | 230 CV

T 250 | 250 CV

CVT
TRANSMISIÓN
CONTÍNUA
VARIABLE



Caudal Máximo
190 l/min

SISTEMA HIDRÁULICO

Piloto Automático
y Telemetría

AGRICULTURA DE PRECISIÓN

Levante de
3 puntos
Delantero

(OPCIONAL)

Tractores más confortables. Sinónimo de Calidad y Tecnología, con un diseño de vanguardia. Equipados con transmisión CVT, que permite un menor consumo de combustible, con una asombrosa sencillez de trabajo. Adquiéralos mediante los accesibles planes de financiación y acuerdos con Bancos privados y nacionales. Consulte al Concesionario Valtra-Challenger más cercano.



MACHINA
OF THE YEAR 2018
AGRITECHNICA

www.valtra.com.ar

VALTRA es una marca mundial de AGCO.

YouTube [valtravideos](#)

Twitter [@ValtraArgentina](#)

Facebook [valtra](#)

IMÁGENES ILUSTRATIVAS, NO CONTRACTUALES.

TU
MÁQUINA
DE TRABAJO

un mapa que muestra las áreas que poseen una tasa de pérdida de suelo estimada superior a dicha tolerancia.

El documento concluye que la reducción de la erosión hídrica, además de morigerar las pérdidas económicas, influiría directa y positivamente sobre varios servicios ambientales, entre otros, la regulación hídrica y el secuestro de carbono. La sistematización de tierras tiene importancia no sólo para la conservación de suelo y del agua, sino también para la biodiversidad de los ecosistemas, dado que hábitats lineales como bordes y terrazas, constituyen ambientes favorables para el desarrollo de poblaciones de artrópodos, anfibios y pequeños mamíferos, además de incrementar la diversidad de especies vegetales, especialmente en las terrazas no cultivables.

Un párrafo específico lo merece el abandono de las rotaciones registrado en los últimos años, con una simplificación extrema del sistema de producción. Como consecuencia, en muchas regiones con elevados contenidos de limo se produjo un proceso de compactación de suelos y aparición de malezas resistentes a herbicidas. La paradoja es que, para combatirlas, se vuelven a efectuar labranzas, lo que constituye un retroceso en cuanto a los beneficios favorecidos por la siembra directa. Por otra parte, el monocultivo produjo una disminución importante del consumo del agua pluvial por parte de los cultivos al reducirse el tiempo de utilización del suelo con sistemas menos intensivos. La situación consignada contribuyó al ascenso regional de la capa freática y por lo tanto a la disminución de la capacidad de almacenaje del agua de lluvia por parte de los suelos, con fuerte impacto sobre las inundaciones, que se incrementan año tras año.

La variabilidad climática que se viene registrando, con períodos de sequías extendidas y precipitaciones de mayor intensidad, potencia la acción erosiva del viento y la lluvia. Las pérdidas provocadas por procesos de erosión son irreversibles, pero pueden anticiparse, disminuirse y mantener ciertos niveles económicos de producción con los conocimientos y la tecnología disponibles (Panigatti, 2015).

En las regiones patagónica y seca occidental, los procesos de desertificación se están incrementando con consecuencias negativas desde el punto de vista social, ambiental y productivo, razón por la cual merecen una atención especial.

Prospectiva

La situación descrita constituye un verdadero desafío. No es posible continuar aumentando la producción a expensas del deterioro, y en algunos casos, la destrucción lisa y llana de los recursos naturales.

El cambio de uso del suelo y la expansión de la agricultura registrada en los últimos años fue muy positiva en términos del incremento récord de los rendimientos nacionales. Sin embargo, es necesario reflexionar acerca del modo en que se debe planificar la actividad a futuro, dado que compromete seriamente la estructura y la funcionalidad de los ecosistemas más frágiles, con la posibilidad de que se vean afectados los servicios ecológicos, cada vez más valorados por las sociedades del mundo.

Los factores señalados fueron determinantes en el desplazamiento de la ganadería a regiones extrapampeanas, con incremento de los procesos de desertificación. La degradación ambiental causada por el sobrepastoreo constituye sin duda uno de los grandes temas a resolver a partir de un ordenamiento del uso del suelo en nuestro territorio.

En buena parte de las áreas agrícolas, se visualizan como temas preocupantes la disminución de la fertilidad de los suelos, un incremento de los procesos erosivos hídricos y eólicos (por ahora predominantemente ligeros a moderados) y la afectación del proceso hidrológico a nivel regional, consecuencia de desmontes masivos que incrementan los escurrimientos superficiales.

Además, la habilitación de nuevas tierras para la agricultura también produce una intensa erosión de la biodiversidad en función de la destrucción de hábitats y la simplificación extrema de los ecosistemas. Sin lugar a dudas, el incremento de la erosión se relaciona en forma directa con el abandono de la rotación de cultivos y con el sobrepastoreo causado por la ganadería.

En función del crecimiento demográfico, la demanda internacional de alimentos, agua y energía continuará en aumento, lo que determina la necesidad de generarlos con tecnologías sostenibles. Esta será, en el corto plazo, una exigencia del comercio internacional, que ya ha comenzado a evaluar la huella ambiental de los diferentes productos agropecuarios.

A la luz de las tendencias mundiales, se debe priorizar el análisis de las políticas vigentes para la expansión de la agricultura. Ante una población mundial en crecimiento, el valor económico y social de tierras que se degradan aceleradamente en los ambientes de mayor fragilidad, irá en continuo aumento. Ello ocurrirá no sólo por la capacidad de producción de alimentos y fibras, sino también por la provisión de servicios ambientales, tales como la regulación del clima y procesos hidrológicos, la conservación de la biodiversidad, la recreación y el turismo, entre otros.

No tiene sentido habilitar la agricultura en ambientes frágiles donde se destruyen bosques nativos ni producir en ecosistemas singulares, como humedales y pastizales,

con riesgos enormes de degradación. Estos deberían destinarse a la producción de servicios ambientales beneficiosos para la humanidad, previendo para su preservación, una compensación económica al dueño de la tierra. Sin dudas, lo aconsejable será siempre lograr aumentos de productividad en los mejores suelos, aprovechando las brechas productivas existentes y las tecnologías disponibles para estos ambientes.

La conservación de nuestros suelos es un deber inexcusable, ya que se trata de un recurso natural estratégico que cumple una función social que trasciende a las generaciones. Es necesario establecer políticas públicas consistentes, tendientes a preservar su integridad y sus funciones mediante la implementación de un programa de conservación con fuertes componentes de promoción, capacitación, educación y difusión. También es necesaria una ley nacional que promueva mediante incentivos, la utilización de buenas prácticas agropecuarias y proteja a los suelos de la erosión y de otros procesos degradatorios, especialmente en áreas críticas.

Los suelos de las principales regiones agrícolas del país se ubican entre los más productivos del mundo, aunque aún hay brechas considerables entre el rinde actual y el potencial. Desde su implementación, a principios de la década del 90, la siembra directa constituyó un avance para la conservación del suelo. Gracias a un efectivo control de la erosión, un incremento de la materia orgánica asociado a la rotación de cultivos y un mejor aprovechamiento del agua pluvial permitió mejorar su calidad.

En los últimos años se produjo una simplificación extrema de los sistemas productivos pampeanos y extrapampeanos, con un paulatino reemplazo de las rotaciones tradicionales por el monocultivo de soja, lo que tuvo un impacto desfavorable sobre las funciones del suelo y la sostenibilidad del ecosistema. Es imprescindible, entonces, retomar la siembra directa como “sistema virtuoso” que basa sus principales beneficios en la rotación de cultivos con inclusión de gramíneas. Esto permite generar, en algunos años, un balance positivo del carbono que se traduce en un incremento de la materia orgánica y en una mejora de las condiciones estructurales del suelo. El aporte de residuos orgánicos y el mantenimiento de un balance positivo de carbono son particularmente importantes en la siembra directa, ya que de ellos depende la actividad biológica global que a su vez condiciona la porosidad, la agregación y la capacidad de almacenaje. Este sistema parte de la base fundamental del mantenimiento de la integridad del perfil, previniendo y controlando los procesos erosivos.

Para incrementar la productividad y la producción agrícola global, como así también evitar el agotamiento

de los suelos, resulta imprescindible incrementar la tasa de reposición de nutrientes apuntando a lograr un balance más equilibrado. Una fertilización balanceada debe integrarse con un programa de aplicación de buenas prácticas de manejo, tales como la rotación de cultivos, la utilización de cultivos de cobertura, un manejo integrado de plagas y enfermedades y la agricultura por ambiente, entre otras medidas, que contribuirán significativamente a preservar y mejorar la calidad del suelo.

El 7 de julio de 1963, a través del Decreto 1574 del presidente Arturo Illia, se instituyó el Día de la Conservación del Suelo en homenaje a Hugh Bennet, pionero y luchador incansable de la protección de los suelos en las más remotas regiones del mundo. Decía Bennet hace 70 años, que en el cuidado del suelo descansa el futuro de la humanidad.

El cuidado de los suelos y la gestión del ambiente serán estratégicos para la Argentina de los próximos años. Se impone incorporar la conservación del suelo como tema de agenda nacional, que incluya a nuestro país en el conjunto de las naciones que abordan esta problemática con inteligencia y responsabilidad. Es indispensable que la sociedad en su conjunto valore este recurso, se interese por la preservación de su salud, y se comprometa en su defensa y conservación.

Impacto de la agricultura sobre las propiedades edáficas en tierras de desmonte del norte argentino

■ Ing. Agr. Ph. D. Gabriel Vázquez Amábile

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Cátedra de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Facultad de Agronomía y Ciencias Forestales, Universidad de La Plata.

■ Ing. Agr. María Fernanda Feiguin

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA.

■ Ing. Agr. Federico Fritz

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.

En las últimas décadas, se ha registrado un incremento del desmonte de tierras en el norte de nuestro país, orientado principalmente al uso agrícola y ganadero. Además de los efectos que esta práctica tiene sobre la biodiversidad, la emisión de gases de efecto invernadero

y la hidrología, el cambio de uso de la tierra tiene un impacto directo sobre el recurso suelo.

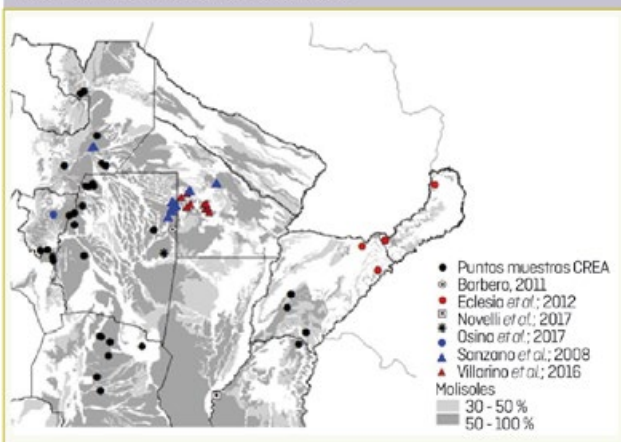
Tradicionalmente, los estudios que analizaban la evolución del suelo con relación a su uso se centralizaban en la región pampeana. Sin embargo, desde 1990 se incorporaron a la producción cerca de siete millones de hectáreas del norte del país, provenientes de la deforestación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2017).

Por lo tanto, determinar el grado de fragilidad de los suelos en áreas de desmonte es una cuestión central para identificar las prácticas de manejo que permitan un uso que garantice su productividad futura. Conocer cuán distintos son los Molisoles del norte respecto de los de la región pampeana y en qué medida se verán afectadas sus propiedades al ser puestos en producción es un tema que ha empezado a atraer la atención de más investigadores, técnicos y productores.

El indicador de deterioro más difundido es la pérdida de materia orgánica y sus fracciones, aunque también es relevante evaluar cambios en otros parámetros edáficos, tales como el grado de compactación, la estabilidad de agregados, la capacidad de infiltración y la disponibilidad de fósforo. Por otro lado, el análisis de la evolución de los rendimientos agrícolas es un indicador directo de la productividad e, indirectamente, del grado de deterioro del suelo.

El presente artículo aborda la cuestión mediante el análisis de la evolución de variables edáficas de lotes con historia de uso agrícola o ganadero en contraste con su situación inicial “no disturbada”, para las regiones NOA, Chaco Santiaguense, Norte de Córdoba y NEA. A tal fin, se presentan resultados de diferentes autores junto con relevamientos propios realizados en campos CREA. En

Figura 4. Sitios de muestreo en establecimientos CREA y estudios realizados por diversos autores



Las áreas grises representan las asociaciones y complejos de suelos integrados por Molisoles entre 30 y 50% y en más del 50%.

Fuente: Atlas de Suelos del INTA.

la figura 4 se presentan los sitios de muestreo y estudio considerados.

Carbono orgánico

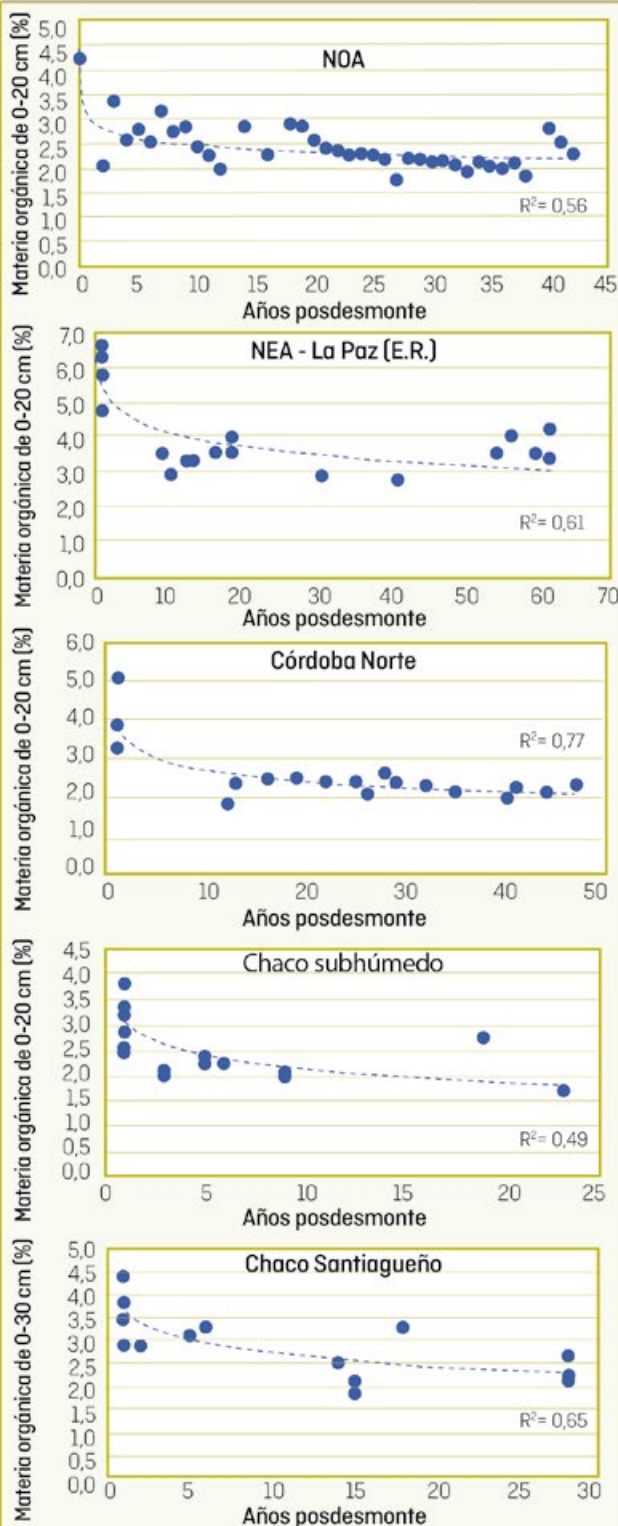
La dinámica y composición de la materia orgánica del suelo es, en general, similar en regiones templadas y tropicales, excepto en lo que respecta a la tasa de conversión (mineralización y humificación), que es mayor en las regiones cálidas que en las frías. Estas tasas de transformación son controladas en primer lugar por factores climáticos y en menor medida por factores químicos como el pH y la relación carbono/nitrógeno (Zech *et al.*, 1997).

El contenido de materia orgánica en situación de vegetación natural se aproxima a un estado de equilibrio en el cual el ingreso de residuos orgánicos iguala a las salidas que se producen por descomposición. En suelos cultivados, los ciclos de los nutrientes son disturbados por prácticas agronómicas (labranza, riego, fertilización) que, al acelerar la liberación de nutrientes del carbono orgánico, dan lugar a una disminución del contenido de materia orgánica hasta alcanzar un nuevo estado de equilibrio. Este se alcanza más rápidamente en regiones tropicales que en las templadas (Zech *et al.*, 1997).

En el gráfico 2 se presentan las curvas estimadas de caída del porcentaje de materia orgánica en el primer horizonte en distintas regiones del norte argentino relevadas por Villarino *et al.* (2017), Rojas *et al.* (2016) y técnicos del Movimiento CREA (Redel *et al.*, 2016). En todos los casos, la pérdida de carbono edáfico evidencia una caída brusca en los primeros 10 años, con pérdidas de entre el 30 y el 40% de la masa de carbono total, para luego alcanzar un nuevo estado de equilibrio. Si bien los gráficos presentan una disminución del 40 al 50% del porcentaje de materia orgánica en este período, debe tenerse en cuenta que la densidad aparente se incrementa en la situación disturbada con respecto a la situación de bosque nativo; por este motivo, es más preciso expresar los valores de cambio en toneladas de carbono por hectárea, ajustando el porcentaje de carbono orgánico con la densidad aparente.

Densidad aparente (g/cm³): Es el peso del suelo por unidad de volumen. Cuando la densidad aparente se incrementa, la porosidad se reduce; por lo tanto, se contabiliza mayor cantidad de suelo por unidad de volumen, lo que puede conducir a una sobreestimación de la variación del carbono orgánico al expresarlo como porcentaje de carbono.

Gráfico 2. Variación del nivel de materia orgánica posterior al desmonte en el horizonte superficial del norte argentino



Fuentes: CREA, Rojas et al., 2016 y Villarino et al., 2017.

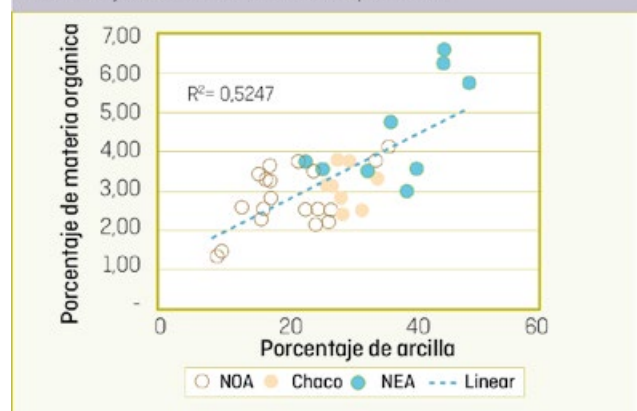
Diversos autores coinciden en que esta caída de carbono es más importante en la fracción de carbono liviano o particulado (COP) que en la que está fuertemente asociada a la fracción mineral del suelo, siendo el COP un indicador más sensible que el carbono orgánico total (COT) para detectar el efecto de cambios en el manejo. Villarino *et al.* (2017) reportan que, luego de los primeros 10 años, el COT disminuyó un 30% en la porción de 0 a 30 centímetros, mientras que el COP lo hizo en un 60%.

En la situación prístina del monte nativo (muestras de campos CREA), se observó una correlación positiva del 72% entre los contenidos de arcilla y materia orgánica en el horizonte superficial (0-20 cm; gráfico 3), presentando mayores valores en la región NEA, inferiores en el NOA y valores intermedios reportados por Rojas *et al.* (2016) en la provincia del Chaco. Este gradiente estaría relacionado con la variación de la precipitación media anual de este a oeste, siendo el clima un factor determinante en los procesos de pedogénesis. En este aspecto, Álvarez y Lavado (1998) analizaron transectas de suelos de las regiones pampeana y chaqueña, concluyendo que la relación entre precipitación y temperatura explica gran parte del carbono orgánico del suelo de 0 a 50 cm, mientras que la relación entre precipitación y evapotranspiración potencial, explica el contenido de arcilla a esa profundidad.

El patrón de curvas antedicho y el nivel de equilibrio alcanzado por el carbono orgánico del suelo es consecuencia del tipo de uso que tiene lugar tras el desmonte, el manejo y el régimen climático.

Con relación a la historia de uso y la implementación de prácticas que aseguren la conservación del suelo, se identifican efectos relacionados con el cambio de uso (agricultura, pasturas o plantaciones forestales) y,

Gráfico 3. Relación entre los contenidos de materia orgánica y arcilla en el horizonte superficial de suelos del NEA, Chaco subhúmedo y NOA en situación de bosque nativo



Fuente: CREA y Rojas et al., 2016.

en el caso de la agricultura, con el sistema de labranza y el grado de intensificación. Estas cuestiones se amplían en las siguientes secciones.

Efecto del cambio de uso sobre el carbono y las propiedades físicas del suelo

El tipo de uso posterior al desmonte determina el balance de carbono edáfico, siendo mayor su efecto en agricultura y menor en la ganadería con pasturas y forestación. A su vez, estos cambios tienen impacto sobre las propiedades físicas del suelo, tales como el grado de compactación y la estabilidad de agregados, lo cual ha sido estudiado por varios autores, como veremos más adelante.

Carbono edáfico

Al analizar los cambios en el *stock* de carbono en suelos provenientes de bosques, las diferencias entre usos suelen ser más allá del horizonte superficial. A diferencia de lo que ocurre en la región pampeana, donde la vegetación nativa es el pastizal y los cambios más significativos suceden en los primeros 50 centímetros, en los bosques de la región chaqueña pueden hallarse diferencias hasta los 100 centímetros de profundidad.

En un estudio realizado en Molisoles del este de Santiago del Estero, Osinaga *et al.* (2017) observaron modificaciones en el *stock* de carbono y en otras variables edáficas por efecto del cambio de uso. Dicho estudio involucró 32 sitios de muestreo para situaciones de bosque nativo, pasturas de más de 10 años (*Gatton panic*), y uso agrícola continuo en siembra directa, con historias de 6 a 9 años y mayores a 20 años, respectivamente.

El carbono total en los primeros 100 cm de suelo (gráfico 4) reveló diferencias significativas entre los tres

usos, aunque entre pastura y agricultura fue significativa por debajo de los 40 cm.

Otros autores también han determinado pérdidas de carbono en transiciones de bosques a pasturas menores que las halladas en transiciones de bosques a agricultura, en zonas tropicales y subtropicales (Rangel y Silva, 2007; Barbero, 2011).

La conversión de bosques a pasturas (en pastoreo) puede incluso permitir la recuperación del stock de carbono edáfico. En Brasil, varios autores han reportado incrementos en pasturas megatérmicas implantadas, principalmente en las del género *Brachiaria*, en las regiones del Cerrado y Amazonia, en suelos Oxisoles (Batlle-Bayer *et al.*, 2010; Desjardins *et al.*, 2004). No obstante, todos ellos coinciden en que el grado de secuestro de carbono en pasturas depende de la biomasa producida, lo cual es función de las precipitaciones locales y del tipo de manejo, con adecuados niveles de fertilización y evitando el sobrepastoreo.

Si bien no hemos encontrado trabajos similares en nuestro país para las regiones NOA y Chaqueña, Ecclesia *et al.* (2012) analizaron la acumulación de carbono en suelos Ultisoles de Misiones y del norte de Corrientes en transiciones de bosque nativo a pasturas tropicales en pastoreo y a plantaciones forestales. Los autores reportaron que la dinámica de recuperación del carbono edáfico en los primeros 100 cm estaría directamente relacionada con la precipitación media anual y con la edad de la pastura o plantación. Su acumulación en pasturas y en plantaciones forestales estaría vinculada a la fracción lábil en los primeros años y a la fracción mineral en años posteriores, continuando este proceso durante largos períodos, de hasta 60 años o más.

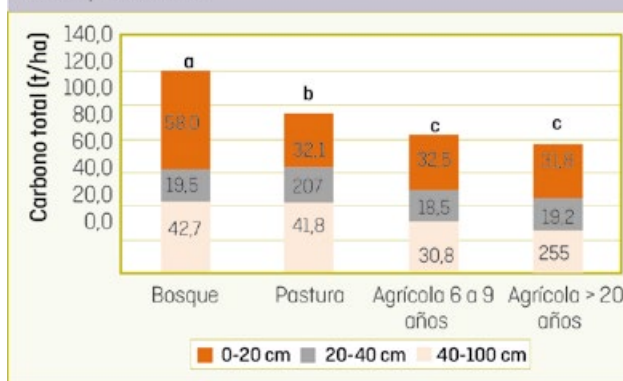
Propiedades físicas

Los cambios mencionados en relación con el carbono del suelo también estarían vinculados con la modificación de sus propiedades físicas. El cambio de uso incrementa la densidad aparente, altera la estructura del suelo y, por lo tanto, la capacidad de infiltración, de almacenamiento del agua y de exploración de las raíces.

En suelos de región pampeana, Álvarez *et al.* (2009) observaron que el COP y el COT mostraban una relación inversa con la densidad aparente y directa con la estabilidad de agregados en el horizonte superficial, especialmente en suelos limosos (Álvarez *et al.*, 2012).

En situación de monte nativo, la densidad aparente es significativamente menor a la de uso agrícola. Diversos autores han reportado valores cercanos a 1 g/cm³ para la situación de bosque nativo, aumentando a valores de 1,1 a 1,3 g/cm³ en situaciones de uso agrícola en

Gráfico 4. Cambios en el carbono orgánico total según tipo de uso en Molisoles del este de Santiago del Estero hasta los 100 cm de profundidad



Letras diferentes representan diferencias significativas [$P < 0,05$].
Fuente: Adaptado de Osinaga *et al.*, 2017.

suelos de Tucumán y Santiago del Estero (Sanzano *et al.*, 2008; Villarino *et al.*, 2017), y densificaciones incluso superiores a 1,5 g/cm³ en Inceptisoles de Chaco subhúmedo (Rojas *et al.*, 2016).

En la región chaqueña, Osinaga *et al.* (2017) también analizaron el efecto del cambio de uso sobre la densidad aparente y la estabilidad de agregados. Los autores reportaron que el cambio de uso presentó incrementos en la densidad aparente en la transición de bosque nativo a pastura y a agricultura. Sin embargo, la estabilidad de agregados no difirió entre las situaciones de bosque y pastura, siendo éstas significativamente distintas de la situación de uso agrícola (gráfico 5).

En este aspecto, en Haplustoles de Tucumán, Sanzano *et al.* (2005) observaron que la estabilidad aparente en pasturas estuvo más asociada al efecto de las raíces que a la materia orgánica. Esto se explicaría por el efecto estructurante de la biomasa de las raíces de pasturas de gramíneas, que se produce a partir de dos mecanismos de agregación: el “atado” (*binding*) de partículas de suelo con raicillas y el “pegado” (*bonding*) de partículas por exudados de la rizosfera (Tisdall y Oades, 1982).

Los mismos autores reportaron diferencias importantes en la resistencia a la penetración entre 20 y 40 cm de profundidad, con valores de 0,9, 2,2 y 3 MPa para las situaciones de pastura, agrícola (6-9 años) y agrícola (más de 20 años), respectivamente. En todos los casos, el horizonte superficial (0-20 cm) presentó resistencias menores respecto del valor crítico de 2 MPa para la penetración de raíces.

Efecto del sistema de labranza

En agricultura, el sistema de labranza tiene un efecto relevante sobre el carbono del suelo y sus propiedades físicas. Steinbach y Álvarez (2006), en un análisis que involucró 17 ensayos de labranza de larga duración realizados en distintas localidades de la región pampeana y de la provincia de Córdoba, reportaron un efecto significativo de la siembra directa sobre el incremento del carbono del suelo en 0 a 20 cm, comparada con los sistemas labranza convencional y reducida, sin hallar diferencias entre las dos últimas.

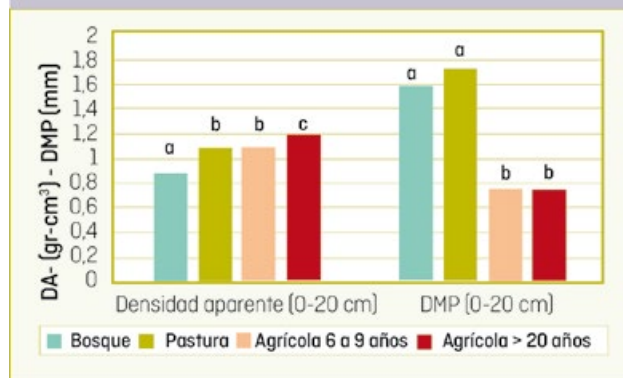
En el norte de nuestro país, Sanzano *et al.*, (2008) analizaron el efecto del sistema de labranza sobre el carbono edáfico y las propiedades físicas en un suelo Haplustol de la Estación Experimental Obispo Colombres de la provincia de Tucumán. Las determinaciones se realizaron en parcelas con 23 años de monocultivo de soja en dos sistemas de labranza: vertical y siembra directa, comparadas a su vez con la situación de bosque nativo. Los resultados reportados se presentan en el cuadro 3.

El carbono en el horizonte de 0 a 10 cm fue significativamente diferente para los tres tratamientos ($P<0,05$), como así también la estabilidad de agregados y la infiltración básica. La densidad aparente y la conductividad hidráulica saturada no fueron diferentes entre sistemas de labranza, pero sí respecto a la situación de monte nativo.

A su vez, dichos autores midieron la pérdida de suelo por erosión y el coeficiente de escorrentía mediante un simulador de lluvia, comparando la situación de bosque nativo con los tratamientos de labranza vertical y siembra directa, esta última con tres niveles de cobertura de residuos (SD 0%, SD 40 % y SD 80%).

El cuadro 4 presenta los resultados. Los autores observaron que, entre las variables superficiales, la estabilidad de agregados fue la variable que mejor explicó las pérdidas de suelo por escurrimiento superficial. El suelo en siembra directa con 0% de cobertura tuvo menor escurrimiento superficial y menores pérdidas de suelo que en labranza vertical.

Gráfico 5. Cambios en la densidad aparente y en el diámetro medio de partícula, según tipo de uso en el este de Santiago del Estero



Letras diferentes representan diferencias significativas ($P<0,05$).
Fuente: Adaptado de Osinaga *et al.*, 2017.

Cuadro 3. Diferencias entre sistemas de labranza y el bosque nativo para el COT y variables físicas

Variable	Bosque nativo	Siembra directa	Labranza vertical
Carbono orgánico (%)	2,61 ^a	1,92 ^b	1,49 ^c
Densidad aparente (g/cm ³)	1,02 ^a	1,12 ^b	1,14 ^b
Carbono orgánico (t/ha)	26,6 ^a	21,5 ^b	16,9 ^c
Estabilidad de agregados (%)	100 ^a	49 ^b	27 ^c
Infiltración básica (cm/h)	14,3 ^a	5,4 ^b	3,0 ^c
Conductividad hidráulica saturada (cm/h)	10,2 ^a	3,1 ^b	2,8 ^b

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($P<0,05$).
Fuente: Adaptado de Sanzano *et al.*, 2008.

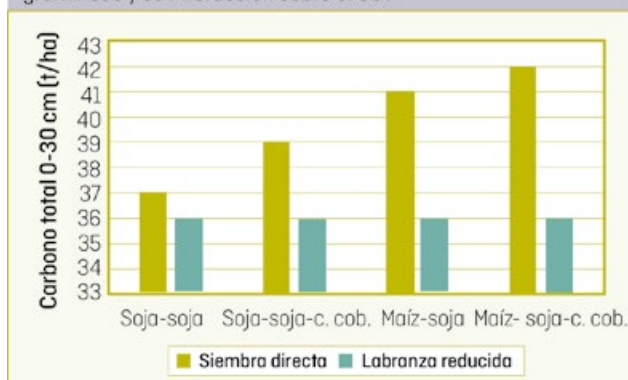
En siembra directa, el aumento del grado de cobertura no se tradujo en una disminución significativa del escurrimiento, mientras que las pérdidas de suelo fueron mayores a medida que el grado de cobertura se redujo, siendo máximas en el tratamiento de labranza vertical.

Cuadro 4. Pérdidas de suelo totales y coeficientes de escurrimiento después de una lluvia de 60 mm/hora

Tratamiento	Pérdida de suelo (g/m ² /h)	Coefficiente de escurrimiento
Monte nativo	35,4 a	0,31 a
Siembra directa (80% cobertura)	83,4 ab	0,44 b
Siembra directa (40% cobertura)	114,3 b	0,48 b
Siembra directa (0% cobertura)	217,8 c	0,52 b
Labranza vertical	366,8 d	0,69 c

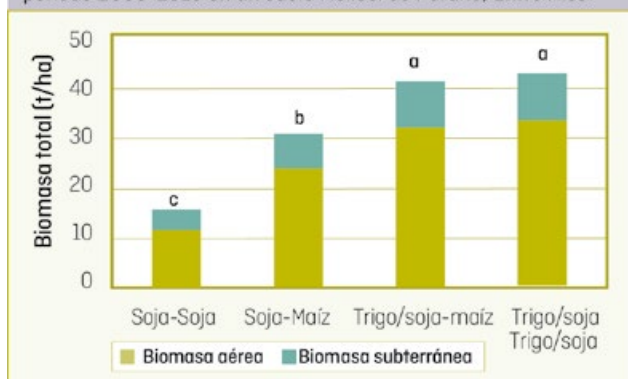
Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$)
Fuente: Adaptado de Sanzano et al., 2008.

Gráfico 6. Efecto del sistema de labranza y de la rotación con gramíneas y su interacción sobre el COT



Fuente: Alvarez et al., 2014.

Gráfico 7. Biomasa producida por la secuencia de cultivo en el período 2008-2010 en un suelo Molisol de Paraná, Entre Ríos



Letras diferentes representan diferencias significativas ($P < 0,01$).
Fuente: Novelli et al., 2017.

Efecto de la intensificación en el manejo

Además del tipo de uso y del sistema de labranza, el manejo de cultivos tiene un impacto importante sobre el carbono del suelo y sobre otras propiedades que determinan su productividad. Un ejemplo es el trabajo de Álvarez *et al.* (2014), quienes hallaron un incremento significativo en el COT y en el nitrógeno total de 0-30 cm por efecto del sistema de labranza, la secuencia de cultivo y la interacción entre ambas variables. El estudio fue realizado sobre suelos Haplustoles énticos en parcelas de 15 años de la EEA Manfredi del INTA. El gráfico 6 presenta los valores de COT de 0-30 cm de las parcelas en siembra directa y labranza reducida en cuatro rotaciones: soja continua; soja continua-cultivo de cobertura, maíz-soja y maíz-soja +cultivo de cobertura.

En consonancia con lo anterior, Villarino *et al.* (2017) observaron que las pérdidas de carbono edáfico en Molisoles de región chaqueña se relacionaron inversamente con la proporción de maíz en la rotación agrícola y con el total de biomasa producida. A su vez, se relacionaron directamente con la proporción de soja en la rotación.

En la región pampeana, diversos autores han observado que la inclusión de cultivos de cobertura y gramíneas en la rotación, junto con la fertilización, tiene un efecto positivo sobre el aporte de carbono, la agregación del suelo y la infiltración, incrementando la productividad y el uso sostenible (Cazorla *et al.*, 2017; Deagustini *et al.*, 2017).

En ensayos de larga duración realizados en el sudeste de Buenos Aires, Eiza *et al.* (2004) concluyeron que, en rotaciones cortas de agricultura y pasturas, la siembra directa y la fertilización nitrogenada mejoran el carbono orgánico total (COT) y el particulado (COP).

El incremento en la intensidad de cultivo (tiempo de ocupación durante el año) ha sido sugerido como una estrategia para aumentar el ingreso de biomasa al sistema, dando lugar a un aumento en la agregación y en el COT del suelo (Campbell *et al.*, 2000), manteniendo e incluso incrementando los rendimientos.

En Molisoles de Paraná, Entre Ríos, Novelli *et al.* (2017) hallaron aumentos en la agregación, en el COT y en los rendimientos de los cultivos en secuencias con la máxima producción de biomasa y ocupación. Dichos autores encontraron diferencias significativas en los rendimientos según rotación, hallando los mejores rindes en rotaciones trigo/soja-maíz, seguidos de la secuencia soja/-maíz y, finalmente, soja continua.


El gráfico 7 presenta la biomasa aérea y subterránea de las secuencias de cultivos referida por dichos autores para el período 2008-2010. Si bien las biomásas de las



Yo Aplico Responsablemente



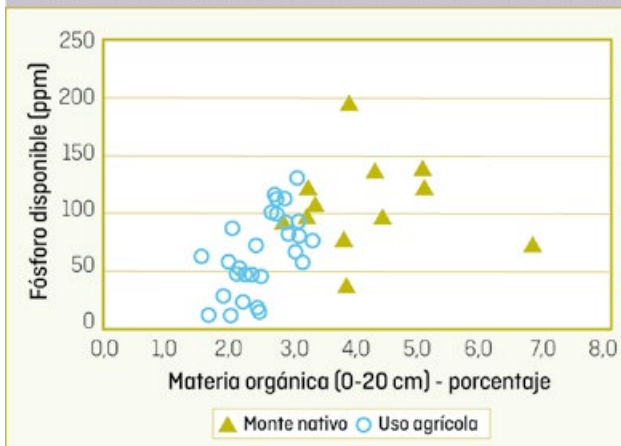
**B
A
Y
E
R**



Ganamos los que producimos.
Gana el medio ambiente.
Ganamos todos.

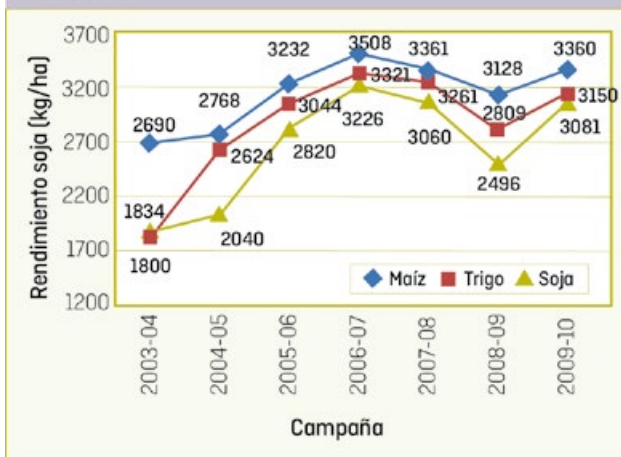
Conocé más sobre el programa de Bayer en bayercropscience.com.ar

Gráfico 8. Niveles de fósforo disponible y materia orgánica de 0-20 cm en lotes relevados de la región CREA Norte de Córdoba



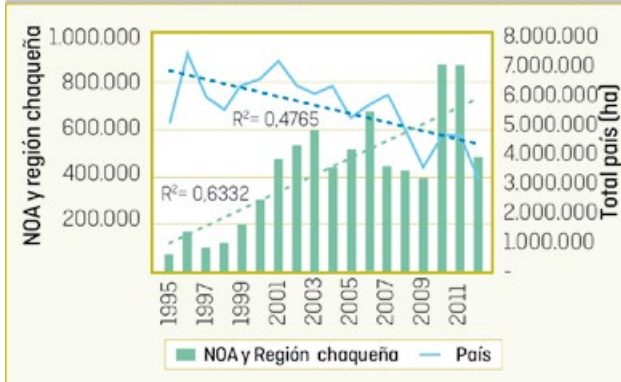
Letras diferentes representan diferencias significativas ($P < 0,01$).
Fuente: Novelli et al., 2017.

Gráfico 9. Rendimientos de soja según cultivo antecesor en la región NOA



Fuente: Análisis de campañas región CREA NOA.

Gráfico 10. Evolución del área sembrada con trigo en el período 1995-2012 en las provincias del norte y del área nacional de trigo



rotaciones trigo/soja-maíz y trigo/soja-trigo/soja no difirieron, los rendimientos obtenidos en esta última fueron inferiores.

En relación con la región chaqueña, un artículo de Sauer (2017), del INTA las Breñas (Chaco), indica que la intensificación y la rotación aportan mayor materia orgánica, aunque advierte sobre el efecto negativo de la densificación superficial, que reduce la infiltración debido a un reordenamiento del limo en pequeñas láminas.

Fósforo disponible

Los niveles de fósforo disponible relevados en lotes de campos CREA en situación de bosque nativo son elevados en las regiones NOA, Chaco Santiagueño y norte de Córdoba, con valores de entre 60 y 190 ppm. Esta situación contrasta con los valores de bosque nativo observados en establecimientos del norte de Entre Ríos y sur de Corrientes, que parten de niveles deficientes de entre 3 y 5 ppm de fósforo disponible (Kurtz y Bray), debido a que dichos suelos se han formado a partir de materiales originales diferentes.

Esta situación de suficiencia en las regiones NOA y chaqueña puede verse limitada a futuro si no se produce una reposición de nutrientes que compense la extracción realizada por el uso agrícola posterior al desmonte.

El gráfico 8 presenta valores de fósforo y materia orgánica en el horizonte A en lotes de producción relevados en el norte de Córdoba respecto a la situación de monte nativo. El cambio de uso permite observar una disminución de ambos factores con el uso agrícola, con cierta dispersión dependiendo de los años de agricultura, del sistema de labranza, de la proporción de gramíneas en la rotación y del uso de fertilizantes fosforados.

Evolución de rendimientos en el NOA según antecesores

El efecto del antecesor sobre el rendimiento del cultivo de soja permite identificar la importancia de las rotaciones como práctica de manejo. El gráfico 9 presenta los rendimientos promedio de soja con antecesores maíz, trigo y soja, durante siete campañas completas (2003-2004 a 2009-2010) en lotes de producción relevados por la región CREA NOA.

El gráfico evidencia una tendencia creciente en los rendimientos, más allá del cultivo antecesor, por efecto del manejo y la adopción continua de mejores materiales genéticos.

En el período analizado, sobre un total de 6900 casos, los lotes con antecesor maíz ($n=1196$) rindieron, en promedio, 3239 kg/ha; los lotes con antecesor trigo

(n=3974) rindieron 2899 kg/ha, y los lotes con antecesor soja sin cultivo de cobertura (n=1170) rindieron 2758 kg/ha. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas, rindiendo, en promedio, un 14% más las sojas con antecesor maíz y un 5% más con antecesor trigo, respecto de la secuencia soja sobre soja.

En las campañas analizadas (2003/04 a 2009/10), no se registraba aún un problema grave de malezas resistentes a herbicidas, con lo cual el efecto antecesor observado debería atribuirse a una mayor cobertura del suelo –que mejoró la infiltración y disminuyó la evaporación directa– y al aporte de carbono por parte de las raíces de las gramíneas en la rotación.

Posteriormente, el aumento de la resistencia de las malezas a los herbicidas utilizados en soja determinó la necesidad de alternar cultivos con la finalidad de rotar principios activos de un año a otro y mejorar el control.

La inclusión de cultivos de cobertura, específicamente trigo, en el NOA y en Chaco Santiaguense, es una práctica de creciente adopción, como así también el aumento del área con maíz y sorgo en las últimas campañas.

En el gráfico 10 se presenta la superficie sembrada con trigo en las provincias de Chaco, Salta, Jujuy, Santiago del Estero, Tucumán y Formosa en el período 2002-2014. A pesar de la disminución evidenciada en ese período a nivel nacional como consecuencia de las restricciones a la exportación, se advierte un incremento del área cultivada.

Comentarios finales

Los procesos de agregación del suelo y ganancia de carbono están asociados a prácticas que impactan tanto en el norte del país como en la región pampeana. Los resultados obtenidos por varios autores y el relevamiento de lotes de producción permiten concluir que el sistema de labranza, la inclusión de gramíneas en la rotación, la fertilización y el uso de cultivos de cobertura son estrategias que influyen en la recuperación y el mantenimiento de la productividad del suelo.

En términos generales, los sistemas de labranza afectan principalmente a la tasa de descomposición de la materia orgánica y su pérdida por erosión, mientras que la secuencia de cultivos y la intensificación afectan a la cantidad de carbono aportado y la agregación del suelo.

La cobertura es fundamental para minimizar pérdidas de materia orgánica por erosión y de agua de lluvia por escurrimiento, como así también las producidas por evaporación directa en los primeros estadios de los cultivos de verano. El monitoreo de variables como el car-

bono orgánico, la densidad aparente, la estabilidad de agregados y la capacidad de infiltración permite evaluar el grado de deterioro del suelo y determinar las prácticas necesarias para su recuperación.

La creciente adopción de cultivos de cobertura y la mayor inclusión del maíz y el sorgo en las rotaciones del norte del país es un dato alentador en el camino de optimizar el manejo agrícola a fin de mejorar las condiciones del suelo.

A su vez, la incorporación de pasturas megatérmicas en rotaciones agrícola-ganaderas puede ser una estrategia interesante para la recuperación física de los suelos, en vistas de las experiencias realizadas en países vecinos y en lotes ganaderos del norte argentino.

Riego complementario y calidad de los suelos

■ Ing. Agr. Federico Fritz

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.

■ Ing. Agr. Ph. D. Gabriel Vázquez Amábile

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Cátedra de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Facultad de Agronomía y Ciencias Forestales, Universidad de la Plata

Según la FAO, el 40% de los alimentos que se producen a nivel mundial se origina en producciones bajo riego, que en términos de superficie representan el 17% del área cultivada. Además, se estima que el 80% del incremento de la producción agrícola provendría de la intensificación, es decir del aumento de la productividad y de realizar más de una cosecha por año.

En la Argentina, el 68% de la superficie bajo riego se localiza en las regiones áridas y semiáridas, las cuales ocupan un 75% del territorio nacional. A su vez, la región húmeda argentina comprende unos 68 millones de hectáreas, que representan un 25% del territorio; allí se ubica el 32% del área nacional bajo riego en forma complementaria.

El Ministerio de Agroindustria de la Nación (Minaagro) sostiene que la superficie irrigada actual es de 2,1 millones de hectáreas, lo que representa un 5% de la superficie cultivada. De ese total, el 31% (0,65 millones de hectáreas) corresponde a sistemas bajo riego complementario. El Gobierno Nacional, a través de la Coordinación Nacional de Riego, lanzó el Plan Nacional de Rie-

go, que tiene como meta ampliar ese total a 4,2 millones de hectáreas irrigadas en 2030 (gráfico 11).

En el informe “Estudio del potencial de ampliación del riego en Argentina” (FAO-Minagro, 2015) se estima que la superficie a ampliar bajo riego complementario sería de 4,73 millones de hectáreas. También se señala que dicho aumento del área regada, con el consecuen-

te consumo de agua, podría provocar en un futuro la profundización de los niveles freáticos, una disminución de la reserva de agua subterránea y un deterioro de su calidad por variaciones en la concentración de sales o presencia de contaminantes, como así también impactar negativamente en la calidad de los suelos.

El rasgo principal del riego complementario es la aplicación de láminas inferiores a 300 mm cuando la humedad del suelo se aleja del rango óptimo, dinámica que depende de la recarga por las lluvias y la descarga asociada a la demanda evapotranspirativa de los cultivos (Genova, 1998).

En la última década, los agricultores de la región pampeana húmeda comenzaron a utilizar riego complementario con diversos objetivos: (a) evitar el estrés de los cultivos durante el periodo crítico para la definición del rendimiento; (b) aumentar la productividad y (c) disminuir la variabilidad interanual de los rindes.

El riego complementario se aplica principalmente en cultivos de verano, cuando el periodo crítico para la definición de rendimiento es afectado por el déficit hídrico, y en sistemas de producción de semillas, donde, por lo general, se presentan las mayores condiciones de intensificación debido a la elevada rentabilidad de este tipo de producciones.

El incremento del área de riego complementario producido en la región pampeana en las últimas dos décadas determinó que muchos investigadores pusieran su atención en el impacto que tiene sobre el ambiente, en particular sobre las propiedades edáficas.

Cuando el agua utilizada es de mala calidad, por ejemplo, cuando presenta un elevado valor de relación de absorción de sodio o contenido de sales, pueden desencadenarse procesos de salinización o sodificación que alteran la condición físico-química del suelo (figura 6).

En este artículo se analiza el impacto del uso del riego complementario en regiones húmedas y su sostenibilidad desde el punto de vista ambiental. Además, se ofrece un marco de prevención y recomendaciones para su uso.

Calidad del agua de riego

El conocimiento de la ubicación y capacidad de explotación de los recursos hídricos subterráneos es básico en cualquier propuesta o política de utilización de los mismos, pero su uso final depende de la evaluación de la calidad del agua. Las características geoquímicas de las aguas subterráneas son variables dependiendo de la hidrogeología regional y el acuífero considerado. En la región pampeana, los acuíferos más aprovechados

Gráfico 11. Evaluación del riego en la Argentina



Fuente: Elaboración propia, datos tomados del Plan Nacional de Riego del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

Figura 5. Superficie actual y potencial de riego por región (mill. de ha)



Fuente: Plan Nacional de Riego del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

Figura 6. Limitaciones al crecimiento de los cultivos



Fuente: Adaptado de Lavado, 2017.

para el riego son el Pampeano y el Puelche (Génova, 2011; Auge *et al.* 2002). El primero se extiende en las provincias hidrogeológicas Llanura chaco-pampeana árida y Llanura chaco-pampeana húmeda, que ocupan en conjunto el 37% de la superficie continental argentina. El acuífero Puelche, de gran extensión en la pampa ondulada y plana, se distribuye en la porción húmeda de la Llanura chaco-pampeana (cuadro 5).

La mayor parte del agua de riego utilizada en la pampa ondulada proviene principalmente del acuífero Puelche, cuyas aguas son bicarbonatadas sódicas y, por lo tanto, pueden conducir procesos de salinización y/o sodificación de suelos (Lavado, 2009).

Debido a la existencia de lotes regados por varios años, esta problemática ha adquirido especial relevancia para los productores agropecuarios que utilizan riego complementario. Por ejemplo, en lotes cercanos a la localidad de La Dulce, partido de Necochea, se evaluó la restauración natural de lotes regados durante 5 años consecutivos (1997-2001) con agua de valor RAS de 15. En 2017, luego de 16 años sin riego, el contenido de sodio intercambiable y sales solubles disminuyó en la mayoría de los lotes afectados, sobre todo en los primeros estratos. Sin embargo, en profundidades de 30-40 cm (horizonte Bt) se encontraron valores de 6,8% de PSI, similares a los registrados en 2001, posiblemente relacionado al contenido de arcilla de dicho estrato (Fritz *et al.*, 2017).

El impacto del riego sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y la influencia del acuífero freático dependen también del sitio, debido a que los parámetros involucrados en el análisis poseen un componente de variabilidad espacial intrínseca. Si se conoce el estado inicial de los suelos potencialmente regables, es posible identificar zonas en las que el agua de los acuíferos presenta riesgos de salinización y sodificación si no se maneja el riego en forma adecuada.

Criterios de evaluación de la calidad de agua para riego

La aptitud de uso del agua para riego es evaluada a través del análisis químico de muestras extraídas de las perforaciones utilizadas en los establecimientos. Los resultados deben ser interpretados a partir de los sistemas de clasificación que mejor se adapten a las condiciones agroecológicas del sistema de producción.

Un análisis completo debe incluir las siguientes variables: pH, conductividad eléctrica, cationes y aniones. A partir de allí, se pueden calcular variables diagnósticas como la relación de adsorción de sodio.

La calidad del agua puede presentar variaciones tem-

porales y espaciales, las cuales deben ser consideradas en el marco de un programa de monitoreo integral de suelos y aguas. Se recomienda realizar un monitoreo periódico de la calidad del agua proveniente de las perforaciones utilizadas, tal como se efectúa en la provincia de Córdoba (Rampoldi *et al.* 2010).

Los criterios para calificar la calidad del agua de riego deben considerar al mismo tiempo el impacto sobre el rendimiento de los cultivos y su efecto sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, que puede provocar en forma directa procesos de salinización y/o sodificación.

Riesgo de sodificación

Este es el principal proceso que se evidencia en suelos bajo riego complementario. Se produce cuando las sales predominantes en el agua son de sodio. Cuanto mayor es el contenido de sodio en relación con el de calcio y magnesio, mayor es el potencial de generar un problema.

La herramienta para clasificar la calidad del agua es la relación de adsorción de sodio (RAS). Esta expresa la actividad relativa del ion sodio contenido en las aguas o en los extractos del suelo y hace referencia a la velocidad de adsorción de sodio en relación con los iones calcio y magnesio. Aguas de riego con alta RAS generan un incremento en el Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) de la matriz del suelo, lo cual es difícil de revertir, como se verá más adelante.

El aumento del PSI acarrea serios inconvenientes en términos de la fertilidad física del suelo, siendo uno

Cuadro 5. Clasificación de aguas para riego por su riesgo de sodificación.

Zona	Calidad de agua para riego			Otras características
	Aceptable	Dudosa	Riesgosa	
1	Menos de 15	15-20	Más de 20	6-7% de materia orgánica; 25 a 26% de arcilla. Riego promedio: 70-160 mm/año
2	Menos de 10	10-15	Más de 15	2,5-3% de materia orgánica; 22 a 24% de arcilla. Riego promedio: 150-200 mm/año
3	Menos de 7	7-12	Más de 12	2% de materia orgánica; 26% arcilla, 70% limo. Riego promedio: 150-300 mm/año
4	Menos de 5	5-10	Más de 10	1,5-2% de materia orgánica; textura franco limosa. Riego promedio: 200-350 mm/año

Zona 1: sudeste de Buenos Aires; 2: norte de Buenos Aires, sudeste de Santa Fe y sudoeste de Entre Ríos; 3: nordeste de Santa Fe y 4: centro-sur de Córdoba.

de los más importantes la dispersión de las partículas al humedecerse. En estas condiciones, se generan poros de diámetro muy pequeño, que dificultan o impiden el movimiento del agua, particularmente en sentido vertical, disminuyendo así la infiltración, la permeabilidad, el drenaje y la aireación (Mon *et al.*, 2007; García, A. 2012; Costa *et al.* 2015).

En la práctica, muchos laboratorios, ofrecen sus resultados en función de la clasificación Riverside/USDA (1954), aunque este criterio se ajusta más a regiones áridas y semiáridas. Existen otros sistemas de evaluación de aguas para riego, como los desarrollados por FAO (1985) o adaptaciones realizadas por el INTA-IPG (1998), que pueden ser más acertadas como referencia para la región pampeana (cuadro 5).

Se debe ser muy estricto a la hora de evaluar el agua de riego por utilizar. Regar con aguas de alta RAS en suelos de texturas finas puede dar lugar a un efecto muy difícil de revertir o directamente irreversible, que incrementa el riesgo de compactación superficial, afectando la infiltración y la emergencia de los cultivos.

Riesgo de salinización

El agua de riego contiene siempre sales solubles, incluso la de mejor calidad, por lo que cada aplicación incorpora sales a la solución del suelo. Al ser solubles, estas sales son fácilmente transportables por el agua en profundidad, dependiendo de la textura del suelo. A diferencia del proceso de sodificación, la salinización afecta al agua, no a la matriz del suelo.

Para evaluar la salinidad del agua de riego se analiza principalmente su conductividad eléctrica (CE), variable que también se utiliza para medir la salinización del suelo. A medida que se incrementa la concentración de sales en el agua, aumenta su capacidad para transmitir electricidad. Es por esta razón, que valores elevados de CE se relacionan con alta concentración de sales. La salinidad se torna un problema cuando el total acumulado

en la zona radical afecta negativamente el crecimiento del cultivo.

Para clasificar el agua de riego de acuerdo a su potencial para salinizar el suelo se toman valores críticos de CE. Si el agua posee una CE menor de 0,75 dS/m se considera que el riego no lo salinizará, mientras que si la CE se encuentra en el rango de 0,75 a 3 dS/m puede causar problemas de salinización, por lo que hay que tomar medidas de manejo. Valores por encima de 3 dS/m pueden ocasionar problemas severos.

El proceso de salinización es sencillo: el agua de riego aporta sales que, en alguna medida, permanecen en el perfil. Su mayor o menor concentración depende de muchos factores, entre ellos, de la concentración salina del agua, de la fracción de lavado, de la eficiencia del sistema de drenaje, etcétera.

El exceso de sales reduce la disponibilidad de agua debido al aumento de la presión osmótica. En otras palabras, el suelo tiene agua, pero ésta no está disponible para la planta. Este efecto se agrava a medida que el agua se evapora (o que el cultivo la absorbe), debido a un efecto de concentración. Por otro lado, la naturaleza de las sales presentes puede ejercer una influencia importante en el desarrollo del vegetal (toxicidad) y provoca una deficiencia en la disponibilidad de nutrientes.

La salinidad es controlable si la calidad del agua de riego es satisfactoria y si el flujo a través del suelo es razonable. El balance de sales se ve afectado por la cantidad y calidad del agua de riego, por lo cual la efectividad del lavado y del drenaje es de gran importancia.

En suelos con texturas gruesas (arenosas) la salinización puede revertirse fácilmente a través del lavado en profundidad. No ocurre lo mismo en suelos con texturas finas y horizontes arcillosos que dificultan la lixiviación.

En regiones subhúmedas donde se realiza riego complementario, la salinidad es por lo general de poca importancia, debido a que las precipitaciones son suficientes para lavar las sales acumuladas. Pero en regiones áridas y semiáridas, es un peligro que debe tenerse muy en cuenta.

Es importante destacar que si se saliniza el suelo (aumento de la CE) no pierde estructura (fertilidad física), por lo que no generará problemas de drenaje.

Diagnóstico, prevención y corrección de procesos de deterioro

Cuando se piensa incorporar riego complementario, es necesario analizar el sistema en forma integral, teniendo en cuenta la calidad del agua por utilizar, las

Cuadro 6. Clasificación de suelos en función de la conductividad eléctrica y el porcentaje de sodio intercambiable

Suelos	Salinos	Sódicos	Salino-sódicos
Diagnóstico y monitoreo	CExt* > 4 dS/m PSI* < 7% pH 7-8,5	Cext < 4dS/m PSI > 7% pH > 8,5 Evaluar condiciones físicas del suelo	CExt > 4 dS/m PSI > 7% pH > 8,5 Evaluar condiciones físicas del suelo

Referencias: *Cext: conductividad eléctrica del extracto de saturación.

**PSI: Porcentaje de sodio intercambiable.

Fuente: Elaboración propia.

propiedades halomórficas del suelo, las precipitaciones, la lámina de riego, la profundidad de la napa, el manejo de los cultivos, las rotaciones, etc. Esto debe realizarse en forma previa a la planificación de un sistema de riego y también luego de su implementación mediante monitoreos periódicos.

Los riesgos de sodificación o salinización significan la posibilidad de convertir un suelo productivo no salino y no sódico en un suelo con síntomas de “halomorfismo”, que afectan la productividad.

Suelos halomórficos

Los suelos halomórficos se caracterizan por presentar exceso de sales solubles y/o sodio intercambiable. La Argentina es uno de los países con mayor superficie con este tipo de suelos. Para aclarar la discusión, se los divide en tres clases: suelos salinos, sódicos-no salinos y salino-sódicos. En la figura 7 se muestra cómo se clasifican a partir del diagnóstico con base en el muestreo de suelo.

Otra cuestión a tener en cuenta es la topografía del paisaje, siendo las zonas deprimidas o áreas con suave pendiente las que presentan mayores riesgos de salinización y sodificación. En estas condiciones, el riesgo será función de la calidad y la proximidad de la napa freática.

A continuación, se expone de manera simple criterios para abordar acciones de prevención y corrección frente al riesgo de degradación del suelo producto del uso del riego complementario.

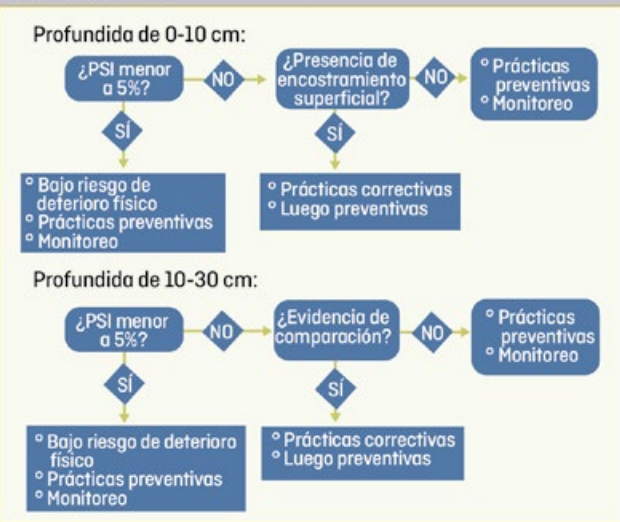
Prevención, recuperación y corrección de suelos salinos y/o sódicos

Como se explicó en puntos anteriores, la prevención del riesgo de salinización y sodificación se basa en el análisis de los parámetros físico-químicos del agua de riego y del suelo. Es muy importante realizar un monitoreo de los parámetros edáficos (PSI; CE, pH) luego de cada ciclo de riego.

De todos modos, la acumulación de sales en el suelo no es un problema grave en sistemas de riego suplementario, debido a que se puede revertir con facilidad porque el agua de lluvia lava rápidamente este exceso salino, sobre todo en suelos bien drenados. Sin embargo, en suelos regados con aguas que aportan sodio, el lavado con agua de lluvia favorece la acción dispersante de este elemento, por llevarse del perfil las sales que, en mayor o menor medida, favorecen la agregación. Es por esta razón, que la dispersión en estos casos se produce particularmente cuando llueve y no cuando se riega (Suárez *et al.*, 2006).

Una práctica preventiva consiste en el uso de drenajes artificiales (drenes subterráneos o canales abiertos) que regulan el agua adicional y las sales solubles. Es imprescindible evaluar su profundidad, especialmente en áreas que experimentan ascenso del nivel freático.

Figura 7. Árbol de decisión para la evaluación de muestras de suelos bajo riego



Fuente: Torres Duggan *et al.*, 2017.

Figura 8. Modelo de decisión para definir la tecnología de aplicación de yeso en ambientes sódicos o sodificados



Fuente: Adaptado de Lavado, 2017.

Por el contrario, el proceso de sodificación no se revierte fácilmente. Hace falta algo más que agua de lluvia para lograrlo. La acción dispersante del sodio se produce cuando este elemento pasa a formar parte del complejo de cambio, y la única forma de desplazarlo es mediante el reemplazo del sodio de intercambio por otro catión, por ejemplo, calcio.

Este catión puede ser aportado en forma directa mediante la aplicación de sales solubles de calcio como yeso (sulfato de calcio) o cloruro de calcio; o bien en forma indirecta. Por ejemplo, en suelos ricos en carbonato de calcio, se puede aumentar la solubilidad y, por lo tanto, el suministro de calcio, mediante la aplicación de ácidos o sales que formen ácidos como azufre, ácido sulfúrico, sulfato ferroso, sulfato de aluminio o polisulfuro de calcio (carbonato de calcio + azufre).

En todos los casos se logra eliminar el sodio como sulfato de sodio (SO_4Na), una sal muy soluble que es arrastrada a capas más profundas (USDA, 1954). Esto mejora la penetración del agua en el suelo, lo que predispone al mayor intercambio catiónico del sodio por el calcio incorporado. Resultados de trabajos de Costa (2016) indican que el rendimiento de girasol puede verse reducido frente a la no labranza de suelos afectados por sodio. Asimismo, se concluye que la incorporación de yeso reduce el sodio de intercambio y mejora la infiltración de los primeros centímetros del suelo. En la figura 8 se presenta un modelo de decisión para abordar una tecnología de recuperación química.

Conclusiones

Sobre la base de la información existente acerca de los efectos indeseables en suelos regados con aguas de mala calidad, se observa que en zonas húmedas la problemática más grave es el riesgo de sodificación. La magnitud del aumento en el porcentaje del sodio intercambiable y su dinámica temporal es un fenómeno complejo que depende de factores como las características del suelo, la cantidad y distribución de las precipitaciones, la calidad del agua de riego, las láminas de agua y la frecuencia de aplicación, los cultivos y rotaciones y el sistema de labranza, entre los más importantes. Los incrementos en el porcentaje de sodio intercambiable se evidencian luego de la temporada de riego, mientras que entre riegos (cultivos en secano) los niveles tienden a descender.

Por su parte, la salinidad de los suelos es más fácil de revertir en zonas húmedas si se trabaja sobre el drenaje, el lavado de sales, y la dinámica de la napa.

Es muy importante continuar analizando la relación entre las láminas de riego aplicadas, el potencial ascenso de napas, la calidad del agua y el tipo de suelos, evaluando su resiliencia a fin de no generar procesos de degradación irreversibles.

Para garantizar un manejo sustentable de suelos bajo riego complementario deberá establecerse un diagnóstico y un esquema de manejo en que la evaluación y el monitoreo de las propiedades edáficas sensibles y del rendimiento de los cultivos sean la base agronómica para minimizar posibles impactos negativos.

2

Protección de fuentes de agua y riesgos de excesos hídricos en la producción agropecuaria

Los cambios de uso del suelo y la intensificación en agricultura y ganadería incrementan los riesgos de ocurrencia de excesos hídricos en distintas regiones, como así también la posibilidad de transportar nutrientes y agroquímicos a distintos cuerpos de agua por escurrimiento y lixiviación.

Para una mejor comprensión, en el presente capítulo se analizan el impacto de las actividades agropecuarias sobre la dinámica hídrica y los consecuentes riesgos de contaminación de fuentes de agua. A continuación, se describen las prácticas de manejo más recomendables para su prevención.

Cambios de uso y excesos hídricos

■ Ing. Agr. Ph. D. Gabriel Vázquez Amábile

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Cátedra de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Facultad de Agronomía y Ciencias Forestales, Universidad Nacional de La Plata

Un exceso hídrico o una situación de inundación o anegamiento puede ser resultado de la ocurrencia de un evento extraordinario en el que la intensidad de las precipitaciones supera a la capacidad de infiltración y almacenamiento superficial del suelo, dando lugar a escurrimientos significativos. Sin embargo, con frecuencia las inundaciones son consecuencia de un período húmedo prolongado, tras el cual la capacidad de almacenamiento de la cuenca se ve sobrepasada por el nivel de lluvias, que satura los suelos y da lugar a un ascenso de la napa superficial.

En los procesos de inundación, además de la intensidad y la frecuencia de las lluvias, las variables que intervienen y debemos considerar son la tasa de infiltración, la capacidad de almacenamiento y la tasa de escurrimiento. Los factores que afectan estas variables son la textura del suelo y su profundidad, la rugosidad o cobertura vegetal y la pendiente o topografía en general.

La tasa de infiltración, el almacenamiento superficial y la velocidad de escurrimiento son influidas por la cobertura vegetal y esto está en relación con el uso del suelo de una cuenca (agrícola, ganadero, forestal o urbano). Al hablar de “cuenca” nos referimos a un área de captación aguas arriba con respecto a un punto de concentración determinado. Este puede ser un lote (microcuenca), una explotación, un grupo de campos vecinos o toda una región.

En este artículo nos concentraremos en las variables sobre las que el hombre puede intervenir para reducir el riesgo de excesos hídricos. Es evidente que no podemos determinar el clima ni la topografía, pero sí podemos manejar la cobertura vegetal e implementar prácticas de manejo y estructuras hidráulicas sencillas (canales, reservorios o cubetas de detención y terrazas) que permitan maximizar el almacenaje del agua de lluvia y disminuir el escurrimiento, o bien evacuarlo en forma ordenada y no perjudicial.

Contrastes regionales

Los excesos hídricos deben ser analizados en relación con su entorno geográfico, según se trate de cuencas abiertas (con salida del agua) o cerradas (endorricas o sin salida).

Las cuencas abiertas pueden abarcar una topografía plana con drenaje lento (cuenca del Salado en la provincia de Buenos Aires) o una topografía ondulada con drenaje rápido (pampa ondulada y serrana) ante un evento de precipitación. En ambas, la prevención o el control de excesos exigen estrategias distintas. En áreas planas, el exceso se producirá por acumulación superficial del agua de lluvia, en tanto que en áreas con pendiente aquellos se producirán por el desborde de cursos de agua en los sectores inferiores de la cuenca.

En áreas planas, la estrategia para abreviar el período de anegamiento será acelerar la salida ordenada del agua hacia cursos de agua, y desde allí hacia la salida principal de la cuenca. Por el contrario, en áreas onduladas se buscará minimizar el escurrimiento y retrasar la salida del agua para almacenar la mayor cantidad de lluvia en

el suelo y evitar el anegamiento de sectores bajos de la cuenca.

En el caso de las cuencas cerradas, la cuestión es más compleja. En nuestro país, un ejemplo de cuenca cerrada lo constituye el oeste bonaerense, donde las inundaciones se producen por ascensos de la napa freática. Esto sucede cuando, tras un período de precipitaciones prolongado, las lluvias superan el nivel de consumo de agua y la capacidad de almacenaje de los suelos. Esta región no presenta cursos de agua; sólo hay lagunas que alternan en un paisaje de lomas medanosas.

Para minimizar los riesgos de anegamiento por ascenso del nivel freático podemos citar dos estrategias de control: el consumo de agua por parte de cultivos y la implementación de estructuras de drenaje subterráneo. Esta última estrategia es factible en sectores que cuentan con lagunas semipermanentes capaces de recibir los excesos provenientes de sectores de loma y media loma, o bien en cuencas abiertas muy planas, que sufren ascensos freáticos periódicos, los cuales pueden ser evacuados mediante una red de drenaje.

Sin embargo, como se señaló anteriormente, además de la topografía hay otros factores que, en su interacción, explican las situaciones de excesos hídricos. Estos son: el clima y sus variaciones, los cambios en el uso de la tierra y obras de infraestructura.

Con relación al clima, se puede afirmar que en nuestro país, el período 1960-2000 se caracterizó por un incremento significativo de la precipitación anual, en tanto que en el período 2000-2017, ésta se redujo significativamente en muchas zonas. No obstante, a pesar de esta disminución “cíclica” de las lluvias, en los últimos años seguimos experimentando eventos de inundación, que estarían vinculados a una mayor frecuencia de eventos extremos y a cambios de uso de la tierra.

Impacto del cambio de uso del suelo

El cambio de uso del suelo es un factor determinante para explicar la frecuencia de excesos hídricos porque

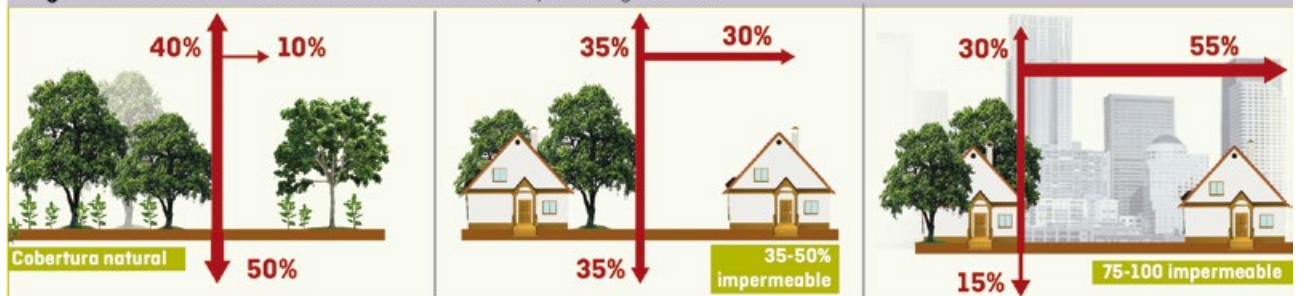
modifica la infiltración, el escurrimiento y el consumo de agua. Por ejemplo, al pasar de un ambiente rural a otro urbano la infiltración promedio disminuye, a la vez que aumenta significativamente el escurrimiento, adelantando el momento en que se produce el “pico” del caudal. La figura 1 presenta el incremento del porcentaje de impermeabilización del área por urbanización y, por lo tanto, el aumento en la fracción de escurrimiento.

En hidrología, el efecto del cambio de uso de la tierra se cuantifica mediante hidrogramas, los cuales se calculan a partir de modelos matemáticos, algunos más simples y empíricos, y otros más complejos. Un hidrograma es, básicamente, una curva que describe el volumen y el ritmo de escurrimiento de un evento de precipitación en una situación particular de uso. En términos sencillos, permite estimar variaciones en el comportamiento de una cuenca para un mismo evento de precipitación, causadas por cambios de uso, por la incorporación de prácticas de manejo o por la existencia de estructuras hidráulicas.

Esta metodología está muy extendida, y se utiliza incluso a nivel municipal en muchos países para evaluar el efecto hidrológico de los cambios de uso en forma previa a la aprobación de desarrollos urbanísticos en áreas periurbanas, ocupadas previamente por vegetación natural o cultivos. Sin embargo, también se usa para evaluar el impacto de cambios en la cobertura vegetal en cuencas rurales.

El gráfico 1 muestra dos hidrogramas que representan el “antes” y el “después” de un cambio de uso (producido, por ejemplo, por una urbanización) en una cuenca determinada, aguas arriba de un punto de aforo en un arroyo. Según estas curvas, ante un mismo evento de precipitación, el cambio de uso generaría un incremento del volumen de escurrimiento del 40%, que duplicaría el caudal pico, adelantándolo en el tiempo. Esto implicaría la necesidad de redimensionar la red de drenaje para evitar desbordes del arroyo o la implementación de estructuras que amortigüen la crecida en la situación posterior al cambio de uso.

Figura 1. Cambios en el uso afectan el escurrimiento y la recarga del suelo



Fuente: Engel et al., 2003

Para evitar efectos no deseados producidos por el cambio de uso, tanto en áreas urbanas como rurales, se apela a prácticas de ordenamiento hidrológico, cuyo objetivo es mantener los hidrogramas de escurrimiento anteriores y posteriores al cambio lo más parecidos posible.

Siguiendo con el ejemplo anterior, el gráfico 2 presenta el efecto de la inclusión de un reservorio que permitiría amortiguar el incremento del escurrimiento provocado por la urbanización de un área de la cuenca, logrando una situación similar al uso previo con pasturas.

Cambio de uso en cuencas rurales

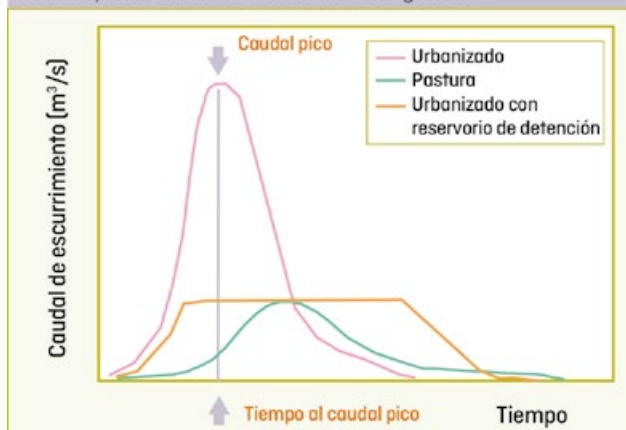
En áreas rurales, los cambios en la vegetación o en las prácticas de manejo también provocan alteraciones en el escurrimiento general de la cuenca. En la región pampeana, por ejemplo, el reemplazo de pastizales por cultivos impactó en el consumo de agua y en la relación infiltración-escurrimiento. El efecto de estos cambios será más o menos significativo según la zona, su régi-

Gráfico 1. Hidrograma para un evento de precipitación que representa la situación anterior y posterior a un cambio de uso del suelo



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2. Estimación del escurrimiento por cambio de uso de tierras y efecto de estructuras de amortiguación



men de precipitaciones, su topografía, y según se trate de cuencas con o sin salida, tal como se mencionó anteriormente.

Mediante el uso de modelos hidrológicos es posible cuantificar el efecto del cambio de uso del suelo en una cuenca rural sobre el escurrimiento superficial y la napa freática. A modo de ejemplo, se presentan dos trabajos realizados en el sudeste y oeste de la provincia de Buenos Aires.

Sudeste de Buenos Aires

En un trabajo realizado por INTA en la cuenca del río Quequén Grande (Feler *et al.*, 2014), se ajustó y validó el modelo *Soil Water Assessment Tool* (SWAT; Arnold *et al.*, 1998) para el período 1996-2006, con buenos resultados. Dicha cuenca comprende un área de cerca de un millón de hectáreas, con un uso agrícola cercano al 30% (figura 2). El gráfico 3 presenta el caudal (Q)

Figura 2. Cuenca del río Quequén Grande

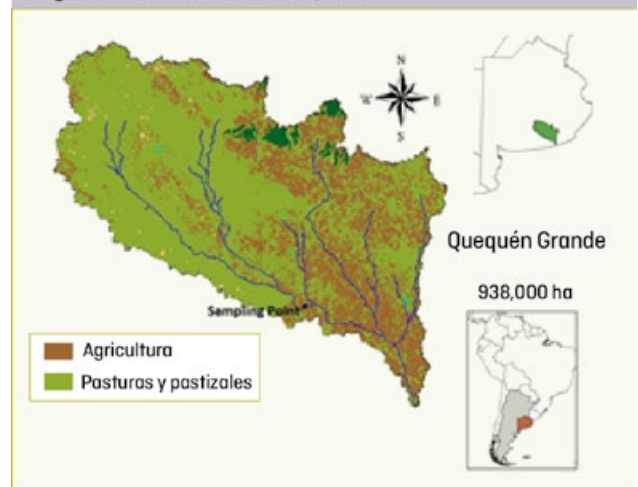
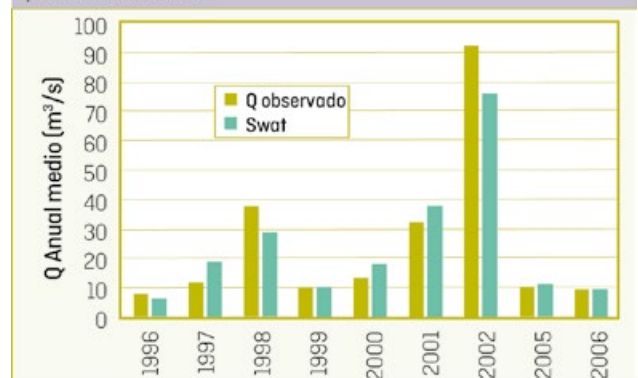


Gráfico 3. Caudales medios anuales observados y predichos por el modelo SWAT



Fuente: Feler *et al.*, 2014.

medio anual del río Quequén Grande a la salida de la cuenca, correspondiente a los valores observados y estimados con SWAT. En el año 2002 se advierte un caudal muy superior que se explica por la ocurrencia de eventos extremos durante el invierno (se carece de registros correspondientes a los años 2003 y 2004).

SWAT permitió comparar el impacto de la expansión de la superficie agrícola sobre el escurrimiento total anual respecto de una situación inicial del pastizal como única cobertura. El gráfico 4 muestra la descarga promedio anual de una subcuenca de 49.000 hectáreas (subcuenca 1) ubicada al norte de la cuenca del río Quequén Grande, cuyo uso (“actual”) en el período 1996-2006 era de 45% con agricultura. El modelo estimó un caudal promedio de 0,35 m³/s en la situación prístina de “pastizal”, que se incrementaba a 0,71 m³/s con el uso “actual”. El área ubicada por debajo de ambas curvas representa el volumen de escurrimiento anual en los dos escenarios. El modelo permitió analizar los cambios del escurrimiento total y sus componentes (superficial y subsuperficial) expresados en términos de lámina (gráfico 5). Este tipo de herramientas permite analizar estrategias de implementación de buenas prácticas que per-

mitan mejorar la infiltración en tierras agrícolas a fin de acercarse a la situación original. Como puede observarse, los cambios de uso impactan sobre el escurrimiento total y sobre la red de drenaje de toda la cuenca.

Oeste de Buenos Aires

En zonas con un patrón de drenaje indefinido o en cuencas cerradas, como la del oeste bonaerense, el consumo de agua de la cobertura vegetal es una importante variable de equilibrio del balance hídrico, que afecta directamente a la profundidad de la napa freática.

En estas condiciones de la pampa arenosa, el nivel freático tiene una importante correlación con la precipitación anual y con las condiciones locales de saturación (Santa Cruz y Silva Busso, 2002). La textura arenosa determina un movimiento vertical predominante, con alta tasa de infiltración y bajo nivel de escurrimiento superficial. Esto significa que el exceso de precipitaciones en esta región se refleja en un ascenso de la zona saturada y del nivel freático. En períodos con importantes precipitaciones, el grado de saturación promedio es una variable determinante en la acumulación de excesos hídricos. El grado de saturación actual del suelo está relacionado con el consumo de agua de la cobertura vegetal.

Para analizar el efecto de cambios de uso sobre la dinámica de la napa freática, también pueden utilizarse modelos hidrológicos, previamente calibrados y validados con registros de la zona de interés. En este sentido, el Área de Ambiente del Movimiento CREA trabajó en la región con el modelo Drainmod (Skaggs *et al.*, 2012), que fue validado en ocho sitios (figura 3) con registros del grupo CREA Henderson-Daireaux para el período 2006-2013 (Vázquez Amábile *et al.*, 2017). El modelo presentó una elevada eficiencia para predecir el nivel freático (Eficiencia Nash =0,73) y fue utilizado para cuantificar y comparar el consumo de agua y los niveles freáticos entre rotaciones agrícolas y pastura continua para el período 1973-2012.

El gráfico 6 compara el nivel freático medio anual para el período 1973-2012 bajo los usos de pastura continua y de dos rotaciones agrícolas: 1) maíz-soja y 2) maíz-trigo/soja-soja. El uso con pastura continua, con mayor consumo anual de agua, presentó una profundidad media anual de la napa cercana a los dos metros, oscilando siempre por debajo del metro y medio. Sin embargo, en períodos húmedos como los de las décadas del 80 y del 90, ambos escenarios agrícolas (rotaciones 1 y 2) se comportaron en forma similar, presentando niveles freáticos por encima del metro de profundidad. La rotación 2, que incluía doble cultivo en la mitad de los años, presentó un nivel medio de la napa algo infe-

Gráfico 4. Efecto simulado del cambio de uso de tierras en la descarga a la salida de la subcuenca 1

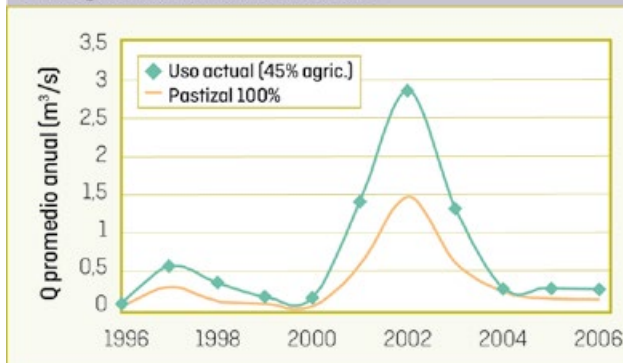
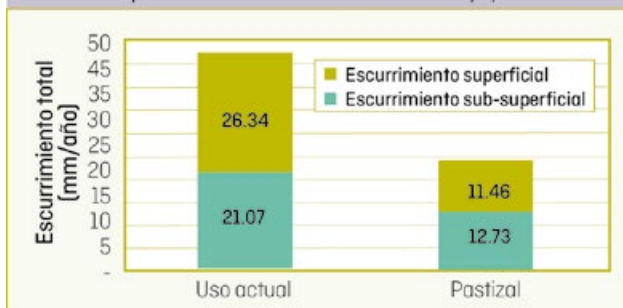


Gráfico 5. Caudal de escurrimiento medio anual a la salida de una subcuenca de la cuenca del río Quequén Grande y composición de la lámina de escurrimiento promedio anual en el período 1996-2006 para las situaciones de uso “actual” y “pastizal”

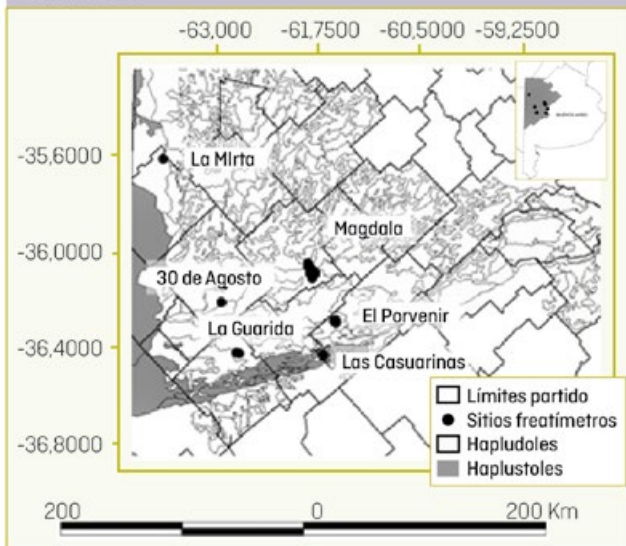


Fuente: Feler *et al.*, 2014.

rior al de la rotación 1 (maíz-soja), especialmente en el período menos húmedo (2002-2011). Esta diferencia, poco significativa entre rotaciones agrícolas, coincide con lo reportado por Mercau *et al.* (2015) para la misma región en el partido de Pehuajó.

El efecto beneficioso del mayor consumo con pasturas es especialmente relevante en años húmedos. En el gráfico 7 se presentan las láminas promedio anuales de precipitación y consumo de agua para los usos “pastura” y “rotación agrícola maíz-soja” en un suelo Hapludol en posición de media loma (sitio La Guarida). En el período 1973-2012, la evapotranspiración media anual de la rotación maíz-soja fue de 780 milímetros, mientras que con pasturas fue de 904 mm, con una diferencia promedio de 124 mm/año. Dicho gráfico muestra la precipitación y la evapotranspiración en dos campañas agrícolas extremas: 2008-2009 y 2001-2002. Como se puede observar, el cultivo pudo utilizar más eficientemente el agua almacenada en el perfil (proveniente de la napa cercana) en el año seco, mientras que la pastura fue capaz de utilizar el agua precipitada y almacenada en el año húmedo, sin riesgos de anegamiento. En el año húmedo, la pastura fue capaz de absorber y aprovechar los excesos por su mayor capacidad de almacenaje, mientras que en el cultivo la precipitación superó su capacidad de consumo dando lugar a ascensos en el nivel freático. En forma similar, Nossetto *et al.* (2015) sugieren diferencias promedio del 15% al comparar el consumo anual de cultivos de verano con pasturas perennes en el oeste bonaerense, reportando incluso diferencias superiores a 1075 mm/año en pasturas perennes y de 679 mm/año en cultivos de verano.

Figura 3. Sitios de validación del modelo Drainmod en la zona CREA Oeste



Prácticas de manejo

Tal como se mencionó, las estrategias de prevención o mitigación del riesgo de anegamiento dependerán del tipo de cuenca. Como principio general, toda práctica que aumente la infiltración y favorezca el almacenaje, reducirá el escurrimiento. A su vez, a mayor consumo de agua por parte de la cobertura vegetal, mayor será la capacidad de almacenaje en el suelo y menor el riesgo del ascenso de napas y de pérdidas por escurrimiento. Cada situación requerirá una o más prácticas conjuntas para optimizar el almacenaje y reducir riesgos de anegamiento. Veamos algunos ejemplos.

En cuencas abiertas con pendiente, las prácticas y estructuras que permitan incrementar la infiltración y retrasar el escurrimiento son fundamentales para que los cambios de uso no redunden en una mayor frecuencia y severidad de desbordes y anegamientos de sectores medios y bajos. El uso de terrazas (foto 1) y cubetas de retención es fundamental en este tipo de situaciones, aunque aún no está debidamente extendido. Desde luego, su implementación será más efectiva dentro de un ordenamiento regional a nivel de cuenca. Además,

Gráfico 6. Profundidad media anual de la napa freática estimada con Drainmod para el período 1973-2012 en el sitio La Guarida, posición de media loma, en diferentes escenarios de manejo

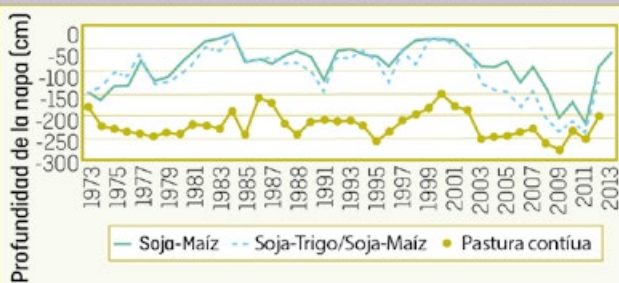
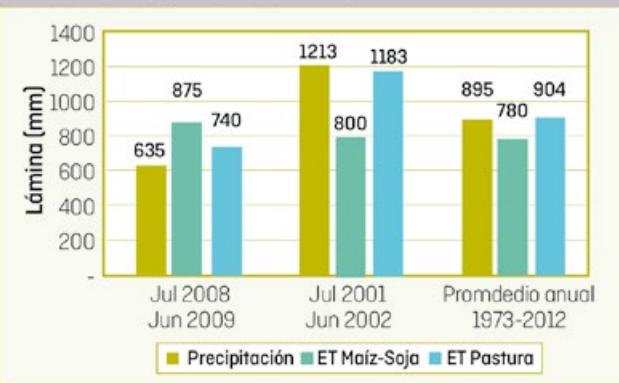


Gráfico 7. Láminas de precipitación y evapotranspiración real de una rotación maíz-soja y de una pastura continua en el período 1973-2012 y en dos campañas agrícolas extremas: 2008/09 (seca) y 2001/02 (húmeda)



estas estructuras permiten controlar la erosión hídrica y minimizar el transporte de sedimentos a cuerpos de agua superficiales.

En áreas planas con salida, como la cuenca del Salado, la estrategia consistirá, en primer lugar, en ordenar el escurrimiento para reducir el período de anegamiento. Estos paisajes son difíciles de evacuar y exigen una red de drenaje más densa que los relieves ondulados. El trazado de los canales puede realizarse conectando lagunas y pequeñas cubetas naturales que actúen como reservorios para amortiguar el “pico” de salida, evitando así el desborde de los canales colectores y del curso principal (figura 4).

La evacuación de excedentes debe ser planificada a nivel de cuenca y entroncada con la salida principal. Suele haber sectores en los que, si bien es factible realizar obras de drenaje, es difícil obtener un retorno económico, debido a las limitantes productivas provocadas por la presencia de suelos alcalinos.

Foto 1. Vista aérea de terrazas en un campo CREA de la zona Mar y Sierras (Tandil)

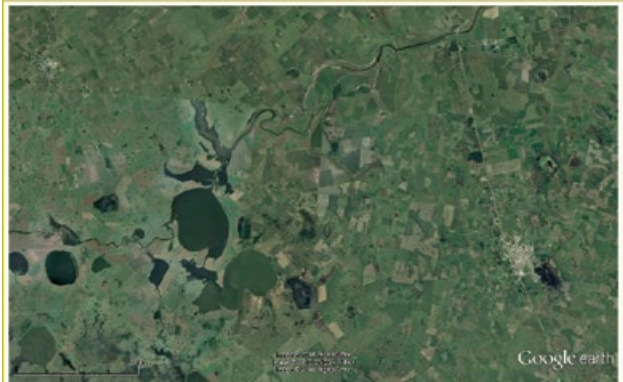


Para controlar el nivel freático en sectores de la pampa arenosa con napas cercanas sin drenaje definido (cuencas cerradas), puede pensarse en minimizar el grado de saturación maximizando el consumo de agua, y derivar potencialmente los excesos a áreas más bajas o “de sacrificio”, mediante canales o drenes subterráneos.

Mediante la utilización de Drainmod se analizó el impacto de dos estrategias de control de la napa freática: a) consumo de agua por cultivos y b) estructuras de drenaje subterráneo para el período 1973-2013. El gráfico 8 permite observar la altura mensual promedio de la napa freática en tres escenarios de manejo: “pastura continua”, “rotación maíz-soja” y “rotación maíz-soja con drenes subterráneos”, ubicados a 150 centímetros de profundidad y a una distancia de 100 metros entre sí.

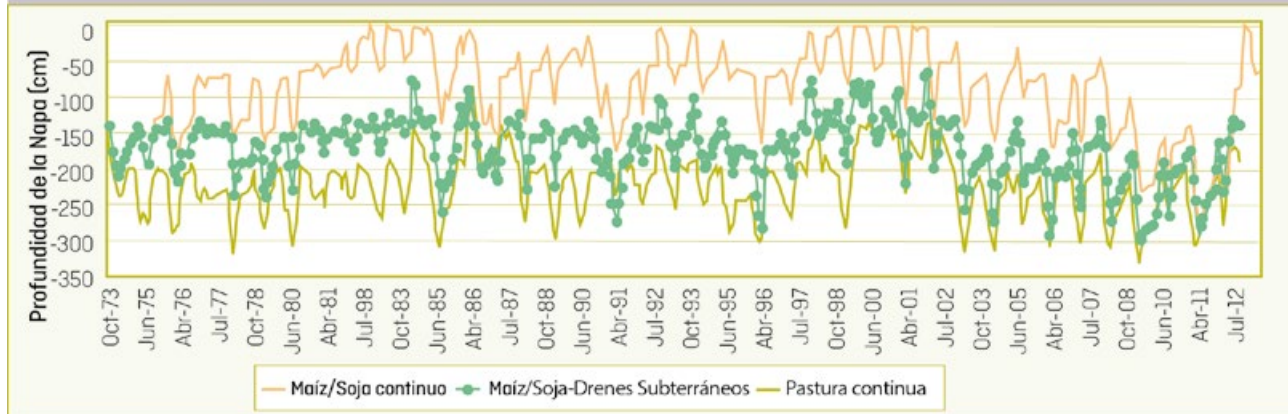
La incorporación de drenes subterráneos permitiría mantener la napa por debajo del metro y medio, con uso de agricultura continua. Gracias a esta tecnología, sería posible continuar con la rotación agrícola manteniendo la napa freática a una profundidad óptima, sin

Figura 4. Imagen satelital de la Cuenca del Salado a la altura de Castelli



Fuente: Google Earth, 2018.

Gráfico 8. Profundidad media mensual de la napa freática estimada con Drainmod para el período 1973-2012 en el sitio La Guarida, posición de media loma, en tres escenarios de manejo: rotación agrícola, rotación agrícola con drenes subterráneos y pastura continua





Utiliza y
Recomienda

YPF ELAION

www.volkswagen.com.ar

Nueva Amarok V6 Comfortline. En el campo de la tecnología.



- 224 HP de potencia.
- 550 N/m de torque.
- Caja automática de 8 velocidades.
- Tracción integral permanente.
- ABS Off-Road.
- Bloqueo de diferencial mecánico.
- Llantas de aleación de 17".
- Frenos a disco en las 4 ruedas.
- Control de velocidad cruceo.

V6

La pick-up más potente del segmento.

[f /VolkswagenAmarok](#) [t @VWAmarokArg](#) [yt /VWAmarokArgentina](#) [ig @VWAmarokArg](#)



Volkswagen

FOTO NO CONTRACTUAL. CORRESPONDE A MODELO AMAROK V6 COMFORTLINE. EQUIPAMIENTO SEGÚN VERSIÓN. ORIGEN: ARGENTINA. MOTOR V6 224 HP DE POTENCIA Y 550 NM DE TORQUE. POTENCIA MEDIDA EN HP EN RELACIÓN AL SEGMENTO DE PICKUPS DE HASTA 2400 KG (PESO EN ORDEN DE MARCHA SIN CARGA). ORIGEN MOTOR: ALEMANIA. CONSULTAR DISPONIBILIDAD EN LA RED DE CONCESIONARIOS OFICIALES VOLKSWAGEN. MÁS INFORMACIÓN EN WWW.VOLKSWAGEN.COM.AR VOLKSWAGEN ARGENTINA S.A., AV. DE LAS INDUSTRIAS NO. 3101, GENERAL PACHECO, PCIA. DE BUENOS AIRES.

riesgos de anegamiento. Su implementación implica contar con una red de drenaje que permita evacuar los excedentes hídricos del sistema, o bien contar con áreas bajas, lagunas o reservorios, que puedan recibir dichos excedentes en forma controlada.

Comentarios finales

Para prevenir el impacto de eventos extremos o de períodos húmedos de larga duración es importante conocer las variables que intervienen en la dinámica del agua y sus particularidades en cada región.

Los cambios de uso tienen un efecto significativo en la dinámica del agua y en el riesgo de anegamiento, como así también en la erosión y el transporte de sedimentos. En cada situación, deberá evaluarse la estrategia más conveniente para minimizar el riesgo de sufrir excesos en el mediano plazo.

La expansión de la agricultura en zonas con pendientes leves a severas pone en primer plano la necesidad de una sistematización orientada a disminuir y retrasar la concentración en ríos y arroyos de escurrimiento, evitando así desbordes y caudales extremos que provocan daños de gran importancia. En este sentido, la adopción masiva de la siembra directa ha mitigado fuertemente el riesgo de erosión hídrica en zonas onduladas, pero debe ser acompañada por prácticas complementarias que reduzcan el escurrimiento ante eventos de precipitación.

Si bien no es posible modificar los ciclos de lluvias ni la severidad de los eventos extremos, sus efectos pueden ser mitigados a través de la combinación del tipo de uso con prácticas de manejo a escala de lote y obras hidráulicas a nivel de cuenca.

En todos los países y regiones en los que esta temática ha sido abordada con éxito, hubo detrás un trabajo de planificación a nivel de cuenca que implicó la participación conjunta de productores y autoridades estatales. Aunar esfuerzos es el desafío principal para reducir a largo plazo la frecuencia y severidad de eventos de inundación en todo el país, tanto en áreas rurales como urbanas y periurbanas.

Contaminación difusa por nutrientes y agroquímicos

■ Ing Agr. Ph. D. Gabriel Vázquez Amábile

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Cátedra de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Facultad de Agronomía y Ciencias Forestales, Universidad de La Plata.

■ Ing. Agr. Pablo Cañada

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Cátedra de Nutrición y Alimentación Animal, Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.

En la Argentina, especialmente en los últimos 20 años, la intensificación agrícola estuvo ligada al uso creciente de fertilizantes y agroquímicos (Negri *et al.* 2012). Este aumento se explica por dos motivos: la expansión agrícola y un incremento significativo de la adopción de la siembra directa.

En el período 1997-2011, el área cultivada creció 28%, pasando de 27 millones de hectáreas a aproximadamente 35 millones de hectáreas. Sin embargo, la adopción de la siembra directa se incrementó a una tasa mayor. En el año 2000, cerca de 10 millones de hectáreas se encontraban bajo el sistema de siembra directa, mientras que en 2010, cerca de 26 millones de hectáreas fueron cultivadas con este sistema (Aapresid, 2012). La siembra directa ayuda a preservar la estructura del suelo, disminuye el riesgo de erosión y mejora el ciclo del carbono; sin embargo demanda más fertilizantes y agroquímicos que la labranza convencional.

Paralelamente, la intensificación ganadera, asociada a planteos con mayor concentración de animales, también creció en nuestro país. Según Senasa, entre 2008 y 2016, el 25% de la faena bovina total provino de sistemas de engorde a corral (Senasa, 2018), mientras que en 1999 estos representaban el 17,5% (Iriarte, 2005). Los planteos ganaderos intensivos, como así también el tiempo de concentración y el volumen de excretas generado, varían en las distintas actividades pecuarias (bovina de carne y leche, porcina y aviar).

Por las razones mencionadas, resulta de vital importancia analizar el riesgo de transportar residuos a cursos de agua y acuíferos, para proteger y prevenir efectos negativos sobre la calidad de las fuentes de agua.

Contaminación difusa

El proceso de pérdida de residuos en áreas rurales se conoce como polución difusa, en contraposición a la polución puntual en la que los contaminantes provienen de fuentes identificables, tales como las ciudades o la industria.

La contaminación difusa en cuencas agrícolas ha sido estudiada en muchos países, principalmente en relación a pérdidas de sedimentos y nutrientes (básicamente nitrógeno y fósforo), y en menor medida, en torno a agroquímicos.

El verdadero
significado
de hacer
camino al andar.

Cuando el ecoturismo equilibra los componentes de naturaleza y cultura favorece el desarrollo para las comunidades rurales del Iberá, promoviendo la conservación del patrimonio natural y la revalorización de saberes tradicionales. Desde Volkswagen Argentina acompañamos a la Fundación Flora y Fauna Argentina en la tarea de sumar a las comunidades de Iberá a esta causa.



En cuencas rurales, el principal “disparador” de la polución difusa es el proceso lluvia-escorrentía, que tiende a ser complejo, no lineal y variable en el tiempo y en el espacio. Sin embargo, también cabe considerar el transporte por lixiviación a aguas subterráneas en suelos de alta infiltración.

En zonas arenosas, el agua se mueve predominantemente en forma vertical, incrementando el riesgo de transporte de solutos a la napa. Contrariamente, en suelos arcillosos el movimiento vertical del agua es muy lento y el riesgo de transporte de nutrientes y agroquímicos está principalmente asociado al escurrimiento superficial hacia cursos y cuerpos de agua superficiales. Por estas razones, la textura del suelo, el contenido de materia orgánica y la dosis y el tipo de productos aplicados al sistema son factores a tener en cuenta.

Fuentes de contaminación de aguas en cuencas rurales

En áreas rurales, los principales elementos que pueden afectar la calidad del agua son los sedimentos, los nutrientes, los agroquímicos y las bacterias. El aporte de metales pesados, sustancias orgánicas diversas, residuos cloacales, etcétera, son propios de las áreas urbanas y de establecimientos industriales. Es importante tener esto en cuenta, ya que en muchas cuencas suele producirse un aporte mixto (rural, urbano e industrial) y es necesario monitorear la calidad del agua en distintos sectores para identificar debidamente sus posibles fuentes de contaminación.

Sedimentos

La primera fuente de contaminación que debe controlarse son los sedimentos, los cuales pueden transpor-

tar nutrientes, agroquímicos y bacterias que se encuentran adsorbidos en la capa superficial del suelo (US EPA, 2005). La causa principal del arrastre, transporte y deposición de sedimentos es la erosión hídrica (fotos 2 y 3).

Además de afectar la calidad del agua, los sedimentos acumulados en vías de desagüe entorpecen el drenaje, generando costos de limpieza de canales y dragado de ríos.

Nutrientes

En sectores de la cuenca con cultivos agrícolas, las pérdidas de nitrógeno y fósforo provienen de los fertilizantes aplicados superficialmente y de partículas del suelo que adsorbieron ambos nutrientes. Paralelamente, las actividades ganaderas intensivas dentro de la cuenca también constituyen una fuente importante de liberación de nutrientes debido a la concentración de excretas. En ambos casos, el movimiento hacia cuerpos de agua requiere procesos de erosión y de transporte en aguas de escurrimiento.

El nitrógeno como nitrato ($N-NO_3$) se mueve principalmente en solución en aguas de escurrimiento o verticalmente hacia la napa por lixiviación. Es importante monitorear los niveles de nitratos, ya que pueden variar no sólo entre cuencas sino también a lo largo del año, siendo 10 mg/l el límite máximo admitido en agua para consumo humano y 100 mg/l en agua para consumo animal. Habitualmente, el fósforo se moviliza adsorbido en sedimentos, encontrándose, por lo tanto, relacionado a procesos de erosión, aunque también puede ocurrir que una fracción sea transportada en solución.

Nitratos en napas y cursos de agua

En un estudio conjunto desarrollado por INTA y CREA, se realizó durante dos años (2011 a 2013) un

Fotos 2 y 3. Erosión en surcos en un lote agrícola del partido de Tandil [izq.] y sedimentos y rastrojo arrastrados en la crecida del arroyo Napaleofú en agosto de 2012 [der.]



monitoreo de calidad de aguas en la región pampeana. A tal fin, se tomaron muestras de napas en el oeste de Buenos Aires y en cursos de agua de la zona Mar y Sierras (Vázquez Amábile *et al.*, 2017).

En el oeste bonaerense se instalaron freáticos en siete lotes agrícolas ubicados en posiciones de loma, media loma y bajo, tomando muestras mensuales para su análisis. El gráfico 9 muestra por separado el promedio mensual del nivel freático y la concentración de N-NO₃ para las tres posiciones del paisaje, promedio de todos los sitios. En la mayoría de los freáticos, el contenido de N-NO₃ se modificó en función de las lluvias y de la posición en el paisaje. El 52% de las observaciones excedieron el límite crítico de 10 mg/l de N-NO₃, principalmente en relación con altas precipitaciones en el invierno de 2012, sin guardar relación con el fertilizante aplicado.

Los altos valores de nitratos en posiciones de loma –que fueron menores en posiciones de bajo– podrían deberse a los procesos naturales de mineralización y desnitrificación de la materia orgánica, junto a la lixiviación de nitratos (Portella *et al.*, 2006). A su vez, la mínima concentración de nitratos observada en las tres posiciones, en noviembre de 2012 con la napa en superficie podría explicarse por un efecto de dilución, y posteriormente, por su lavado en profundidad. Los resultados indican que la cantidad de lluvia podría ser la causa principal de los cambios observados en la concentración de nitrógeno en aguas subterráneas del oeste de Buenos Aires.

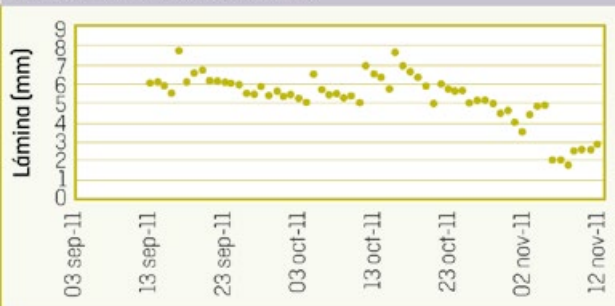
En la región Mar y Sierras, la concentración promedio observada en aguas del arroyo Napaleofú y del río Quequén Grande fue de 4,5 mg/l de N-NO₃. En el grá-

fico 10 se presenta la concentración diaria de N-NO₃ en el río Quequén Grande para el período que se extiende desde el 10 de septiembre hasta el 14 de noviembre de 2011. Dicho gráfico muestra pequeños incrementos en los niveles de N-NO₃, producto del escurrimiento provocado por lluvias moderadas, y una disminución de la concentración a casi 2 mg/l, por un efecto de dilución debido a un incremento importante del caudal producto de lluvias cercanas a los 100 mm caídas entre el 3 y el 10 de noviembre.

Eutrofización de áreas costeras y lagos

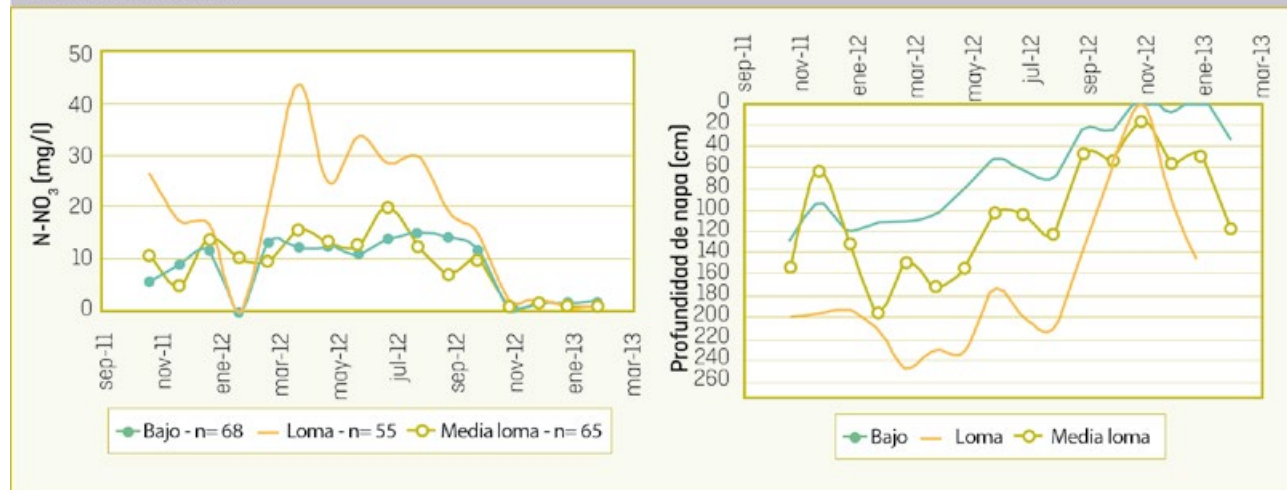
El efecto de acumulación de nutrientes en cuerpos superficiales de agua se denomina *eutrofización*. Este proceso de “enriquecimiento” de nutrientes –fundamentalmente nitrógeno y fósforo– puede generar una proliferación excesiva de algas, que consumen el oxígeno disuelto provocando la muerte de la fauna acuática por hipoxia, dando lugar a las denominadas “zonas muertas”.

Gráfico 10. Niveles de N-NO₃ en el curso del río Quequén Grande (septiembre-noviembre de 2011)



Fuente: Vázquez Amábile *et al.*, 2018.

Gráfico 9. Nivel promedio mensual del nivel freático y de la concentración de NO₃-N para las tres posiciones del paisaje, promedio de todos los sitios (n=196)



Las primeras zonas muertas fueron identificadas en la Bahía de Chesapeake (EE.UU.) cuya cuenca abarca a Washington DC y sectores de seis estados, atravesados por más de 150 ríos y arroyos. Las fuentes de contaminación identificadas incluían a la agricultura y a la ganadería, escurrimientos urbanos, plantas de tratamiento de aguas residuales y deposición atmosférica (agua de lluvia).

Figura 5. Proliferación de cianobacterias en el Lago Erie en 2013



Fuente: Flanagan, 2017.

Fotos 4 y 5. Muerte de peces por hipoxia o por neurotoxinas generadas por la proliferación de algas en aguas del Lago Erie



Fuente: Flanagan, 2017.

Otra zona muy afectada fue el área costera del Golfo de México, donde cada año ingresan cerca de 1,7 millones de toneladas de nutrientes transportados por el Río Mississippi, provenientes de la agricultura, la ganadería y de aguas residuales tratadas de 12 millones de personas (Flanagan, 2017). La gran disponibilidad de nutrientes genera una proliferación masiva de fitoplancton que luego muere y se deposita en el fondo del Golfo. La descomposición bacteriana del plancton muerto consume el oxígeno del agua, generando una zona muerta para peces y otras formas de vida acuática que huyen del área o mueren.

En el lago Erie (EE.UU.), además de la hipoxia causada por eutrofización, el exceso de fósforo soluble y nitrógeno dio lugar a la proliferación de cianobacterias, las cuales producen una neurotoxina letal para peces y mamíferos y son difíciles de remover en plantas de tratamiento de agua potable. En agosto de 2014, esta situación dio lugar a la prohibición del consumo de agua corriente durante tres días para los 500.000 habitantes de la ciudad de Toledo, en el estado de Ohio (figura 5 y fotos 4 y 5).

Bacterias

La contaminación biológica provocada por bacterias es otro aspecto a considerar cuando se monitorea la calidad del agua. Los sedimentos finos y sólidos arrastrados a lagunas y cursos de agua acarrean adsorbidas bacterias coliformes. Asimismo, las deyecciones directas de animales que ingresan a cuerpos de agua también constituyen una fuente de contaminación biológica (foto 6).

Si bien la fauna natural es una fuente de ingreso de coliformes a cuerpos de agua (Pachepsky y Shelton, 2011), las excretas procedentes del ganado bovino u otras ganaderías, pueden llegar a ser significativas. La carga de bacterias coliformes proveniente de procesos de erosión está más asociada a la fracción de sedimento

Foto 6. Hacienda en pastoreo con acceso directo al agua de un arroyo



que al agua de escurrimiento. Es en las fracciones finas donde las bacterias persisten por más tiempo.

El nivel de coliformes es un indicador de la calidad del agua en relación a la presencia de otros patógenos nocivos para la salud humana. Si bien las bacterias coliformes pueden persistir varios meses en el sedimento de arroyos, existen variaciones estacionales de acuerdo con el nivel de lluvias y temperaturas.

En la pampa ondulada, Chagas *et al.* (2014) determinaron que la presencia de coliformes en pequeñas lagunas estaba directamente relacionada con el *stock* de animales en el área de captación circundante, siendo significativamente mayor en situaciones de *feed lot* que en pastoreo. Sin embargo, dichos autores no encontraron contaminación por bacterias en los sitios de control de calidad del agua situados en el Río Tala, ni en el agua subterránea del área de estudio. Esto significaría que la intercepción natural que tiene lugar en microdepressiones disminuye el vuelco directo a los cursos de agua y, por lo tanto, la liberación de bacterias.

Agroquímicos

Si bien la presencia de agroquímicos en aguas es de baja frecuencia, ya que en general muestran concentraciones por debajo de los límites de tolerancia, los residuos encontrados corresponden principalmente a productos de acción residual, alta solubilidad y baja afinidad por coloides (bajo SKOC).

En EE.UU. existen diversos antecedentes de monitoreo de aguas y modelización del transporte de herbicidas en cuencas del medio oeste (Neitsch *et al.*, 2002; Flanagan *et al.*, 2003; Vázquez Amábile *et al.*, 2006). Más recientemente, el Servicio Geológico de EE.UU. (USGS por sus siglas en inglés) publicó los resultados de un relevamiento realizado a nivel nacional en el período 1992-2011, en 59 sitios de muestreo para 35 agroquímicos (herbicidas e insecticidas) (Stone *et al.*, 2014). Dicho estudio describe la tendencia en las concentraciones encontradas en los cursos de agua monitoreados, destacando la influencia de los agroquímicos utilizados en áreas urbanas, a pesar de ocupar superficies significativamente menores que las destinadas a cultivos agrícolas.

Los autores explican que en el período 2001-2010, los niveles máximos admitidos para la salud humana fueron excedidos en un único sitio correspondiente a una cuenca agrícola, mientras que el resto de los sitios relevados (cuenas agrícolas, urbanas y mixtas) no presentaron concentraciones superiores al límite para ninguno de los pesticidas analizados. Sin embargo, el estudio advierte que en el 61% de los cursos de agua agrícolas y en el 90% de los cursos urbanos se regis-

traron uno o más pesticidas que sobrepasaban el límite permitido para el desarrollo de la vida acuática.

En nuestro país existen pocos antecedentes en relación con el análisis de residuos de agroquímicos a nivel de cuenca, cuyo fin haya sido evaluar el impacto de su utilización sobre el agua subterránea y cursos superficiales. Las investigaciones locales se han enfocado principalmente en el estudio de residuos de agroquímicos en el suelo (Hang y Sereno, 2002; Gianelli *et al.* 2014), aunque hay estudios recientes referidos a la dinámica del glifosato (Sasal *et al.* 2010) y su residualidad en suelos y agua superficiales del sudeste de Buenos Aires (Aparicio *et al.* 2013). En este sentido, vale también mencionar el relevamiento realizado por Montoya *et al.* (2011) en lotes agrícolas del oeste de Buenos Aires y el monitoreo de residuos de agroquímicos en fauna acuática en la cuenca del arroyo Pergamino realizado por Brodeur *et al.* (2017).

En relación con esta problemática, en la región pampeana se realizó un estudio conjunto entre CREA e INTA a fin de monitorear la presencia de residuos de agroquímicos en la napa freática y en distintos cursos de agua (Vázquez Amábile *et al.*, 2018). Las zonas de estudio -mencionadas con anterioridad- fueron el oeste de Buenos Aires, en el caso del muestreo mensual de la napa freática, y el sudeste bonaerense para el muestreo diario de cursos superficiales correspondientes a las cuencas del arroyo Napaleofú y del río Quequén Grande. El proceso se extendió desde octubre de 2011 hasta noviembre de 2013, totalizando 1397 muestras. El análisis se realizó en el laboratorio del Instituto Tecnología de Alimentos de INTA Castelar, y abarcó 15 agroquímicos: 12 herbicidas, 3 insecticidas y un metabolito del glifosato (AMPA).

Los cuadros 1 y 2 muestran los resultados del muestreo del río Quequén Grande y de napas provenientes de 19 freatímetros instalados en lotes agrícolas del oeste de Buenos Aires. Para cada agroquímico, se determinaron los *límites de detección y de cuantificación*. El primero refiere a la mínima cantidad de analito que el equipo puede detectar. Concentraciones menores se reportan como “no detectado”. El límite de cuantificación corresponde a la mínima concentración de analito que puede ser cuantificada por el equipo. Si la concentración supera el límite de detección, pero es menor al límite de cuantificación, el resultado es reportado como “menor al límite de cuantificación”, lo cual significa que el analito ha sido detectado, pero que la cantidad no puede ser cuantificada confiablemente.

En todos los casos, los niveles de agroquímicos detectados fueron muy bajos, en el orden de “trazas”, con muy baja frecuencia y estuvieron ligados a eventos significativos (y extremos) de precipitaciones. Los residuos

de algunos herbicidas de uso extendido en el sudeste de Buenos Aires, corresponden a productos residuales, solubles y de baja inmovilización por coloides de arcilla y materia orgánica, tales como Imazapir (SKOC 100 mg/kg) o metsulfuron-metil (SKOC 35 mg/kg).

La presencia de AMPA, un metabolito producto de la degradación del glifosato, debería estar ligada a sedimentos en suspensión, dada la elevada afinidad del glifosato por los coloides (SKOC 24.000 mg/kg). El muestreo diario de cursos de agua permitió identificar niveles de AMPA asociados a sedimentos provenientes de la erosión al producirse eventos extremos, como así también su ausencia entre eventos de precipitación. Las muestras positivas fueron recogidas en agosto de 2012, cuando cayeron 250 mm en dos semanas, generando grandes escurrimientos e incrementando el caudal del río en niveles significativos. El gráfico 11 muestra el caudal del río Quequén, estimado con el modelo SWAT (por falta de registros *in situ*) para el período febrero-octubre de 2012, junto con los valores de las muestras, que superaron el límite de cuantificación. El pico correspondiente a AMPA se explicaría por el arrastre de sedimentos al río.

Por su parte, el glifosato, que se caracteriza por una alta inmovilización en el suelo consecuencia de su alto SKOC, tiene también una elevada solubilidad y una vida media de 47 días. De modo que, si no se inmoviliza por ausencia de coloides, una fracción podría perderse en solución por lixiviación o por escurrimiento superficial. Esto explicaría las muestras positivas con glifosato en solución en cursos de agua (cuadro 1) y en napas (cuadro 2), aunque en concentraciones muy reducidas.

Buenas prácticas de manejo

Las buenas prácticas de manejo constituyen la herramienta principal para evitar el transporte de sedimentos y otros residuos a cuerpos de agua. El área de estudio más importante en relación a la identificación de fuentes de contaminación, implementación de buenas prácticas de manejo y evaluación de su efectividad ha sido la cuenca de la Bahía de Chesapeake en EE.UU. (Dillaha, 1990).

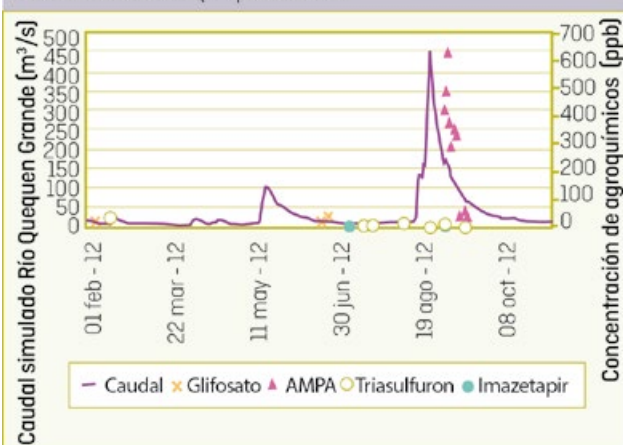
Sin dudas, el uso apropiado de fertilizantes y agroquímicos es un tema clave en agricultura. Sin embargo, al hablar de proteger fuentes de agua, la cuestión más importante es evitar su exposición al transporte de

Cuadro 1. Resultados provenientes de muestras de agua del Río Quequén Grande (n=742)

Principio activo	Límite de detección	Límite de cuantificación	Número de muestras	No detectado	Nivel de detección [%]		Valores en muestras positivas		
					Inferior al límite de cuantificación [%]	Superior al límite de cuantificación [%]	Media (ppb)	Máximo (ppb)	Mínimo (ppb)
Triasulfuron	0,4	1,2	742	95,6	1,9	2,6	7,6	38,9	1,3
Ampa	3	10	730	96,2	1	2,9	178,5	632,7	9,2
Glifosato	1	3	730	96,7	0	3,3	83,7	738	6,1
Imazetapir	0,6	1,9	742	97,0	2,4	0,5	1,6	0,6	2,7
Metilsulfuron-M	0,6	1,8	742	97,0	2,2	0,8	20,2	76,7	1,9
Imazapir	0,1	0,2	742	98,5	0	1,5	1,2	7,5	0,2
Atrazina	0,2	0,6	742	98,7	0,9	0,4	5,9	10,5	2,6
Prosulfuron	0,3	1	742	99,3	0,1	0,5	42,6	55,3	17,2
Clorpirifos	0,2	0,6	742	99,5	0,5	0	-	-	-
Acetoclor	1	3	742	99,6	0,4	0	-	-	-
Dicamba	1,6	4,8	742	99,7	0,3	0	-	-	-
Fluorocloridona	0,1	0,4	742	99,9	0,1	0	-	-	-
Iodosulfuron metilo	1,6	4,8	742	99,9	0,1	0	-	-	-
2-4 D	2	6	742	100	0	0	-	-	-
Cipermetrina	0,4	1,2	742	100	0	0	-	-	-
Endosulfan	0,4	1,2	742	100	0	0	-	-	-
Total de análisis			11.848	11.682	74	92			
Porcentaje global de detección				98,7	0,4	0,9			

residuos. Este concepto es fundamental debido a que no puede identificarse una única estrategia. Existen numerosas buenas prácticas de manejo. Cada productor deberá identificar las más apropiadas en virtud de su situación productiva, tipo de suelo, topografía y régimen de precipitaciones.

Gráfico 11. Comparación de resultados positivos de agroquímicos registrados entre febrero y octubre de 2012 a partir de muestras diarias del río Quequén Grande



En el año 2006, el *Natural Resources Conservation Service (NRCS)* de EE.UU. publicó un listado de 163 buenas prácticas de manejo para agricultura y ganadería.

Buenas prácticas de manejo en agricultura

Las buenas prácticas más difundidas en áreas agrícolas procuran evitar la pérdida de sedimentos y residuos en solución, favoreciendo la infiltración y minimizando el escurrimiento. Entre ellas, se pueden mencionar las terrazas, la siembra directa, cultivos en curvas de nivel, cultivos en fajas, etc. (fotos 7 y 8).

Sin embargo, existen otras prácticas menos difundidas pero eficaces a la hora de reducir el ingreso de sedimentos y residuos a cuerpos de agua. Tal es el caso de las franjas de amortiguamiento ribereñas (riparian buffers), que filtran el escurrimiento superficial y subsuperficial en las márgenes de los cursos de agua y lagunas (foto 9). En combinación con terrazas y canales pueden usarse cubetas de detención (detention ponds) para la decantación de sedimentos, en forma previa al desagüe en canales principales o arroyos (foto 10). Lo recomendable es combinar ambos tipos de prácticas para lograr

Cuadro 2. Resultados provenientes de las muestras de agua subterránea en el oeste de Buenos Aires (n=341)

Principio activo	Límite de detección	Límite de cuantificación	Número de muestras	Nivel de detección (%)			Valores en muestras positivas		
				No detectado (%)	Inferior al límite de cuantificación (%)	Superior al límite de cuantificación (%)	Media (ppb)	Máximo (ppb)	Mínimo (ppb)
Imazetapir	0,6	1,9	341	84,2	15,5	0,3	18,8	18,8	18,8
Ampa	3	10	341	92,1	7,3	0,6	7,8	4	11,7
Glifosato	1	3	341	92,4	0	7,6	23,9	8,8	94,6
Clorpirifos	0,2	0,6	341	95,6	3,5	0,9	9,1	2,8	21,3
Atrazina	0,2	0,6	341	97,1	2,3	0,6	7,6	4,6	10,5
Triasulfuron	0,4	1,2	341	97,7	1,8	0,6	2,9	1,4	4,3
Acetoclor	1	3	341	98,2	1,5	0,3	11,6	11,6	11,6
Imazapir	0,1	0,2	341	98,8	0,9	0,3	1,2	1,2	1,2
Flurocloridona	0,1	0,4	341	99,4	0,3	0,3	3,6	3,6	3,6
Prosulfuron	0,3	1	341	99,4	0,3	0,3	2,4	2,4	2,4
Dicamba	1,6	4,8	341	99,7	0	0,3	9,9	9,9	9,9
Iodosulfuron metilo	1,6	4,8	341	99,7	0,3	0	0	0	0
Metilsulfuron-M	0,6	1,8	341	99,7	0,3	0	0	0	0
2-4 D	2	6	341	100,0	0	0	0	0	0
Cipermetrina	0,4	1,2	341	100,0	0	0	0	0	0
Endosulfan	0,4	1,2	341	100,0	0	0	0	0	0
Total de análisis			5456	5299	116	41			
Porcentaje global de detección				97,1	2,2	0,8			

Foto 7 y 8. Terrazas cultivadas en siembra directa (arriba) y en fajas (abajo)



Fuente: Natural Resources Conservation Service.

Foto 9. Franjas de amortiguamiento para el filtrado del escurrimiento superficial y subsuperficial



Fuente: Natural Resources Conservation Service.

la máxima eficiencia, ya que una sola no puede controlar el 100% de pérdidas.

Buenas prácticas de manejo en sistemas ganaderos

Según hemos visto, las excretas animales o purines son fuente de pérdida de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y bacterias hacia cuerpos de agua y acuíferos superficiales.

En planteos ganaderos extensivos, el tratamiento de excretas de animales en pastoreo es imposible. La forma de evitar su efecto contaminante estaría vinculada a prácticas que permiten el filtrado del agua de escurrimiento previo a su llegada a los cursos de agua (franjas *buffer*, por ejemplo; foto 9). Asimismo, es deseable que la provisión de agua a los animales no consista en el acceso a los arroyos, para evitar deyecciones directas.

Foto 10. Cubetas de detención para amortiguar escurrimientos y decantar sedimentos



Fuente: Natural Resources Conservation Service.

Figura 6.



Sin embargo, la cuestión es más compleja en esquemas intensivos. En tambos y *feed lots* la prevención del transporte de purines incluye dos procesos: su tratamiento dentro del establecimiento y su reutilización como fertilizante (uso agronómico) o como insumo para la producción de bioenergía.

Tratamiento de purines

La legislación permite el vuelco de líquidos a cursos de agua, siempre que se respeten ciertos parámetros establecidos. Por esta razón, las excretas animales deben ser tratadas en forma previa a su liberación o a su reutilización dentro del establecimiento.

Existen diversos sistemas de tratamiento de efluentes ganaderos. A modo de ejemplo, podemos mencionar el *Sistema de triple laguna*, difundido por INTA Rafaela para tambos, el cual puede ser adaptado a otras producciones intensivas (figura 7). Este sistema está compuesto por un decantador de sólidos, tres lagunas de estabilización en serie (la primera anaeróbica y las siguientes facultativas) y un filtro de arena y piedras ubicado a 100 metros de las instalaciones de ordeño y a 150 metros de la perforación de agua (Taverna *et al*, 2013). Los sólidos son posteriormente distribuidos en el campo, mientras que el agua filtrada es reutilizada para el lavado de los pisos del corral.

Reutilización o reciclado de purines

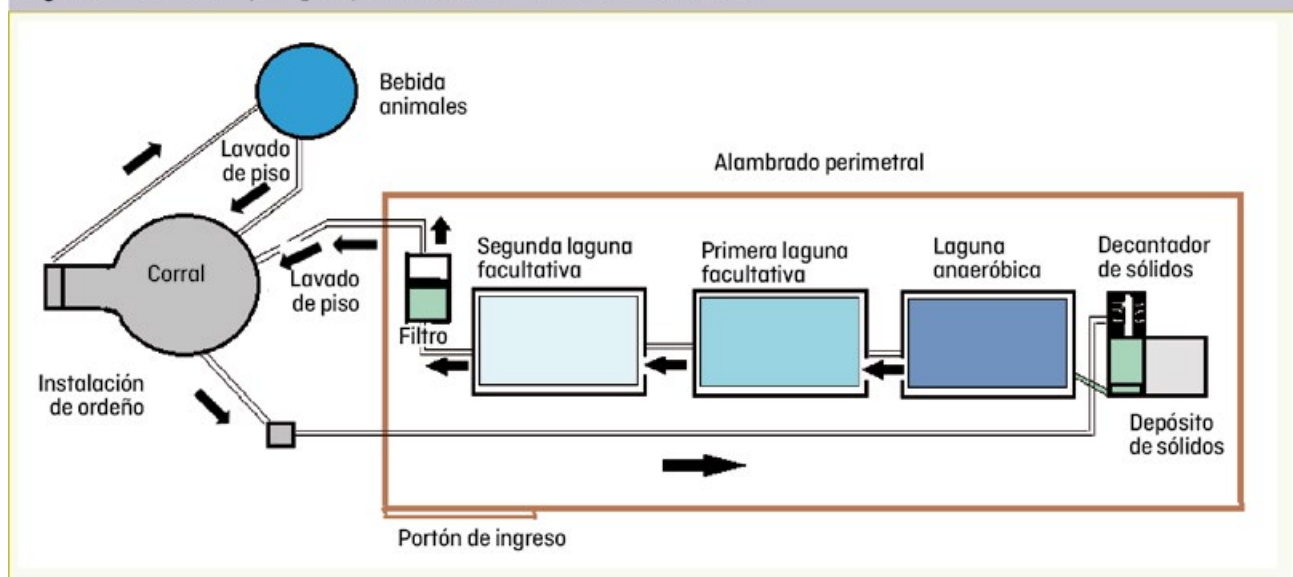
Uso agronómico. La aplicación de sólidos tratados (purines) sobre pasturas o cultivos corresponde a lo que

en la legislación se denomina como uso agronómico. Esta práctica de reciclado dentro del establecimiento exige la caracterización de los nutrientes contenidos en

Fotos 11 y 12. Sistemas ganaderos intensivos: engorde a corral y tambos



Figura 7. Sistema de triple laguna para el tratamiento de efluentes en tambos



Fuente: Taverna *et al*, 2013

el purín y un plan de fertilización conforme a un balance de nutrientes (foto 13).

Bioenergía (biogás): Otra opción para la reutilización de excretas tratadas dentro del establecimiento es la implementación de biodigestores que generen energía para uso propio o, en caso de ser factible, para comercializar a la red de energía eléctrica.

Con relación al manejo de efluentes ganaderos, CREA junto con INTA Rafaela, FAUBA y empresas del sector lechero vienen realizando un trabajo de difusión y extensión respecto al tratamiento y reciclaje de purines, aportando información técnica a los decisores públicos encargados de actualizar el marco regulatorio (Cañada *et al.*, 2017 a y b).

Efectividad de las buenas prácticas de manejo

Una de las cuestiones más complejas consiste en determinar la efectividad de las buenas prácticas de manejo que se implementan para prevenir la contaminación de aguas por nutrientes y sedimentos provenientes de la agricultura o la ganadería.

Según el NRCS, las terrazas producen una reducción del escurrimiento (de entre el 73 y el 88%), de la erosión (95%) y del arrastre de sedimento (entre el 56 y el 92% de la pérdida de nutrientes). Sin embargo, estos valores son orientativos.

A fin de cuantificar el efecto de las buenas prácticas de manejo, Merriman *et al.* (2009) realizaron una recopilación de 120 trabajos para analizar la efectividad de ciertas prácticas para reducir los niveles de fósforo, nitrógeno y sedimentos en cuerpos de agua. Sin embargo,

Fotos 13. Uso agronómico de purines



la multiplicidad de resultados dificultó la cuantificación precisa del efecto de una práctica en particular. Por ejemplo, la efectividad de las terrazas para el control de la erosión oscilaba entre el 75 y el 90%.

Para lograr la máxima efectividad es recomendable combinar más de una práctica y, a su vez, monitorear periódicamente la calidad del agua de la fuente que se desea preservar o remediar.

Comentarios finales

El fenómeno de polución difusa en cuencas rurales tiene la particularidad de que un solo individuo difícilmente podría afectar la calidad del agua; a su vez, un solo individuo tampoco podría remediar o prevenir efectos no deseados en forma aislada. Por tratarse de un proceso que resulta del accionar de numerosos actores, es necesario realizar un trabajo integral a nivel de cuenca.

En EE.UU. esta temática es abordada en forma paralela a través de tres ejes principales:

- Investigación y monitoreo realizado por organismos públicos y privados. El relevamiento periódico de la calidad del agua y su estudio es clave para identificar problemas, áreas afectadas (hot spots), tendencias, impactos de los esfuerzos de remediación, etcétera.
- Acciones conjuntas de agencias estatales con productores y propietarios de extensión, capacitación y concientización.
- Regulación y costos compartidos. Desarrollo de regulaciones que limiten ciertas acciones e implementación de programas de incentivos y subsidios para la adopción de buenas prácticas de manejo.

En nuestro país, esta temática está poco difundida, aunque se advierte un interés creciente en los últimos años por parte de diversas instituciones (INTA, universidades, ONG, etc). La cuestión no es sencilla e implica una acción responsable y proactiva de todos los productores, técnicos e investigadores, y un rol muy profesional del Estado y de los decisores públicos. Todo un desafío para esta cuestión y para los temas ambientales en general.

3

Buenas Prácticas Agropecuarias

En el presente capítulo se aborda la temática de las buenas prácticas agropecuarias, que representan las acciones necesarias para mitigar el impacto que pueda tener la producción sobre los recursos naturales. Esta cuestión no está vinculada únicamente a la sostenibilidad de los sistemas productivos, sino también a las regulaciones potenciales ligadas a la comercialización de los productos agropecuarios, las cuales pueden actuar como catalizadores en la implementación de buenas prácticas e impactar incluso en la política agropecuaria nacional, al ser la Argentina un país productor y exportador de alimentos.

Se consignan dos artículos bien definidos y completamente relacionados: en el primero se definen los conceptos centrales referidos a esta temática y *el estado del arte* en nuestro país en relación a las distintas iniciativas en curso. El segundo está referido a los nuevos requisitos que pueden, potencialmente, afectar la comercialización de los productos agroalimentarios: la huella de carbono y la huella ambiental.

Prevención y sostenibilidad

■ **Ing. Agr. María Fernanda Feiguin**
Unidad de Investigación y Desarrollo del
Movimiento CREA

La creciente demanda tendiente a asegurar la calidad de los alimentos y el cuidado del ambiente que se registra a nivel mundial, exige a los países productores de materias primas y alimentos la implementación de normas y sistemas de aseguramiento de la calidad que permitan dar respuestas.

En nuestro país, el marcado crecimiento espacial y tecnológico de la agricultura se tradujo en un aumento considerable de la productividad, pero, ¿tuvo su correlato en términos de calidad de los productos?, ¿generó impactos sobre el ambiente?, ¿mejoró la competitividad de las empresas?, ¿favoreció el posicionamiento del país en el comercio mundial?

La realidad es que el desarrollo de sistemas que aseguren la calidad y la mejora continua se produjo principalmente en otras industrias, y también en los eslabones más altos de la cadena de producción de alimentos; sin embargo, es poco lo que se ha desarrollado en el ámbito de la producción primaria y menos aún en el de la agricultura extensiva.

Qué son las Buenas Prácticas Agropecuarias

“Las Buenas Prácticas Agropecuarias (BPA) son un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas aplicables a la producción, procesamiento y transporte de alimentos, orientados a asegurar la protección de la higiene, la salud humana y el medioambiente mediante métodos ecológicamente seguros, higiénicamente aceptables y económicamente factibles”.

“Consisten en la aplicación del conocimiento disponible a la utilización sostenible de los recursos naturales básicos para la producción, en forma benévola, de productos agrícolas alimentarios y no alimentarios inocuos y saludables, a la vez que procuran la viabilidad económica y la estabilidad social” (FAO, 2004).

A raíz de la preocupación por el cuidado del ambiente y la calidad de los alimentos, y luego de reiteradas reuniones entre diferentes organismos internacionales, se realizó en 1992 la primera Cumbre de la Tierra, donde se definió el Programa 21, un plan de acción cuyo objetivo era plantear medidas concretas para prevenir el deterioro ambiental. El capítulo 14 de ese informe incluía el concepto de *Agricultura y Desarrollo Rural Sostenible (ADRS)*, que ofrecía un marco conceptual consensuado para su aplicación.

En el año 2002 se realizó la Cumbre Mundial para el Desarrollo Sustentable, donde se efectuó una revisión

de lo propuesto y se reafirmó el capítulo 14 del Programa 21 como marco conceptual de ADRS, asumiendo nuevos compromisos referidos a la toma de acciones concretas para alcanzar ese objetivo. Esta cumbre sirvió como marco metodológico de lo que luego serían las BPA.

Se planteó así la necesidad de orientarse a sistemas productivos sostenibles que permitieran mantener la producción y la estabilidad ecológica con el objetivo final de restablecer la confianza del consumidor.

A su vez, FAO anunció los principios básicos de la “buena agricultura”, los cuales se encuentran contenidos en 11 categorías que incluyen distintos recursos, disciplinas y prácticas. En cada una de ellas se detalla el objetivo a alcanzar para cumplir con el concepto de una “buena agricultura”. Con este marco, es posible elaborar las directrices para gestionar los sistemas de producción y contar con una guía para el desarrollo de manuales de BPA.

A continuación, se listan las categorías que la componen. Para más detalle, se puede consultar el informe final de BPA: \FAO\FAO 2002 definición de directrices para el desarrollo de BPA.doc.

- Suelo
- Agua
- Producción de cultivos y piensos
- Producción de cultivos
- Producción animal
- Salud animal
- Bienestar animal
- Cosecha, elaboración y almacenamiento en la granja
- Energía y gestión de los desechos
- Bienestar, salud y seguridad de las personas
- La naturaleza y las personas

Según FAO, las BPA deben comprender los siguientes aspectos:

- Trazabilidad
- Mantenimiento de registros y auditoría interna
- Control sobre variedades y patrones
- Historial y manejo de la explotación
- Gestión del suelo y los sustratos
- Fertilización
- Riego
- Protección de cultivos
- Poscosecha
- Manejo de producto
- Sanidad, bienestar y manejo animal
- Gestión de residuos y agentes contaminantes
- Salud, seguridad y bienestar laboral
- Medioambiente

Tal como se puede observar, las BPA involucran usos relacionados con tres ámbitos diferentes: la conservación y mejora de la calidad de la producción; la conservación y el uso sustentable de los recursos naturales y el medioambiente, y el cuidado de las personas.

Marco conceptual CREA

El Movimiento CREA definió su propio marco conceptual respecto de las buenas prácticas productivas. En términos generales, considera que en cualquier actividad en la que se incorporen buenas prácticas, éstas deben basarse en la sostenibilidad, en una visión sistémica y en el consenso.

Las buenas prácticas deben tender a producir alimentos con rentabilidad, sin descuidar los recursos naturales y el ambiente, con beneficios para la sociedad, sin que se vean afectadas las personas involucradas en la producción ni las comunidades cercanas.

A fin de morigerar el impacto específico que la producción tiene sobre el suelo, el aire y el agua, deben establecerse BPA por tipo de recurso, desarrollando una visión sistémica de la producción. Esta concepción exige ampliar el análisis más allá de un cultivo o de un animal para identificar sistemas más extensos que puedan verse afectados por las actividades productivas.

Finalmente, la definición de las buenas prácticas debe ser avalada por conocimiento científico y estar consensuada por el sector productivo involucrado. El compromiso de los actores es fundamental para que se comprenda la necesidad de definir parámetros básicos de producción.

Mejora continua

La implementación de un sistema de buenas prácticas agrícolas basado en la definición de procesos es una herramienta que facilita la mejora continua de la actividad y de la empresa.

Según Normas ISO 9000, el concepto de *mejora continua* implica: “mejorar la eficacia de un sistema aplicando la política y los objetivos de calidad, los resultados de las verificaciones de inspección, el análisis de los datos, las acciones correctivas y preventivas, y la revisión de la Dirección”.

A través de la mejora continua se pretende optimizar los productos, servicios o procesos involucrados en una organización. Es un círculo virtuoso conformado por la planificación, el hacer, la verificación y el actuar. Mantenido en el tiempo, permite, a través de la detección de fallas, optimizar los procesos, reducir pérdidas,



DEKALB RINDE®



CENTRAL CTL

SABE
ENTIENDE
HACE
ANALIZA
DESCUBRE

#ELDEKALEROEVOLUCIONA

PRUEBA
INVIERTE
CRECE
COMPARA
INVESTIGA

CONSULTÁ CON TU ASESOR
AGRONÓMICO DEKALB
PARA CONSEGUIR EL MAYOR
RINDE Y ESTABILIDAD.
DESCUBRÍ NUESTROS
MEJORES HÍBRIDOS.

SENTÍ EL ORGULLO DE SER DEKALB.

www.dekalb.com.ar



mejorar la calidad y minimizar impactos sobre el ambiente y las personas.

Procesos

Los procesos son prácticas repetidas que tienen lugar en una actividad, por ejemplo, en la siembra de un cultivo. En un sistema de BPA se pretende trabajar con procesos establecidos, acordados y conocidos por todos los actores involucrados. La definición de procesos implica, en primera instancia, reconocerlos para luego identificar a los actores responsables, los puntos críticos que puedan impactar en ellos y los cursos de acción ante cualquier eventualidad.

Es recomendable que todos los procesos estén registrados y disponibles para el personal, configurando un manual donde figure qué, quién y cómo se debe llevar a cabo el proceso en cuestión. Es un material de consulta rápida, sumamente útil, por ejemplo, para la inducción de nuevos empleados a las actividades de la empresa.

Alcances

Cuando se comienza a trabajar con un sistema de BPA es importante definir el alcance que va a tener. No es lo mismo trabajar a nivel de empresa que en un ámbito más amplio que involucre a todo el sector productivo.

A nivel de la empresa, el alcance estará definido por su grado de integración en la cadena productiva. Si, por ejemplo, el establecimiento produce grano y lo comercializa como tal, el alcance de la planificación debería incluir desde la preparación del suelo hasta la cosecha, el transporte o acopio.

Cabe esperar que la implementación de un sistema de BPA impulse a las empresas a desarrollar una visión de cadena, incentivando a su vez a los demás eslabones

para que definan buenas prácticas, con el objetivo de mejorar la calidad de los productos, reducir pérdidas y minimizar impactos ambientales.

Cuando el abordaje de las BPA tiene lugar en el Estado o en el sector productivo, el alcance se modifica para incluir todas las etapas y actores involucrados en la cadena, desde la producción y abastecimiento de insumos hasta el acopio, el transporte o la exportación.

Indicadores

Siguiendo con el concepto de mejora continua, es importante definir indicadores que permitan monitorear la evolución de los procesos y productos de la organización.

En la producción primaria se debería trabajar para definir indicadores que permitan seguir la evolución económica, el cuidado del ambiente y de las personas. Es importante acoplar estos indicadores a sistemas de soporte que faciliten la toma de decisiones sostenibles en la empresa.

Normas de producción y sistemas de certificación

Las BPA pueden estar encuadradas en diferentes formatos, tales como normas legales (resoluciones del Senasa, Código Alimentario, entre otras), manuales de BPA específicos para una determinada actividad o normas de adopción voluntaria, las cuales, a su vez, pueden ser normas o sistemas de certificación. En todas sus formas, el objetivo principal es garantizar la inocuidad de los alimentos y la conservación de los recursos naturales.

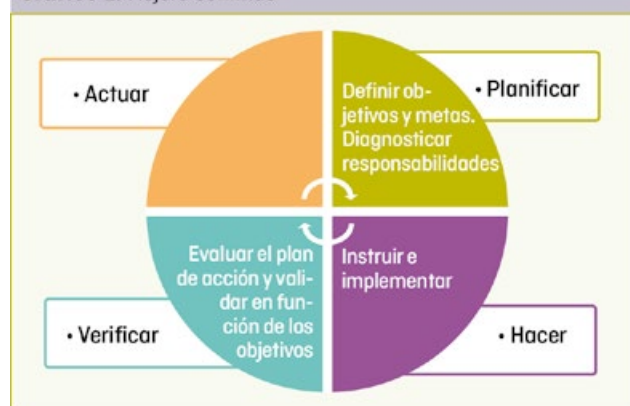
Las normas legales establecen el marco normativo. Son, por ende, de carácter obligatorio; las empresas o productores deben cumplirlas si desean permanecer en el proceso productivo.

Las BPA que no se encuentran contempladas bajo la forma de una norma jurídica son abordadas dentro de manuales, pautas de aplicación voluntaria o sistemas de certificación. Todas tienen como principal requisito el cumplimiento de la ley.

Los manuales de BPA se orientan a detallar la técnica de una buena práctica, mientras que las normas y los sistemas de certificación establecen lo que se debe hacer, sin especificar necesariamente la forma o el método.

En general, los manuales de buenas prácticas se desarrollan de manera específica para un cultivo o una actividad. En la Argentina, por ejemplo, se cuenta con la *Guía de buenas prácticas agrícolas para el cultivo de arroz de Corrientes* y con el manual *Buenas prácticas agrícolas para la producción de maní*, elaborados por el INTA.

Gráfico 1. Mejora continua



Fuente: Elaboración propia.

La aplicación de BPA en establecimientos productivos es de libre elección. Si un productor tiene interés en implementarlas, puede hacerlo incorporándolas a los procesos de su empresa o bien puede ingresar en un proceso de certificación.

Las normas tienen por objetivo ser técnicamente superadoras respecto de las leyes existentes y establecer nuevos estándares. En general, suele generarse confusión entre las normas de adopción voluntaria y los sistemas de certificación, los cuales si bien son similares tienen grandes diferencias.

“Una norma es un documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que establece, para usos comunes y repetidos, reglas, criterios o características para las actividades o sus resultados y procura la obtención de un nivel óptimo de ordenamiento en un contexto determinado” (ISO/IEC 2:1991).

En esta línea, ISO define el proceso de normalización como una “actividad que tiene por objeto establecer, ante problemas reales o potenciales, disposiciones destinadas a usos comunes repetidos, con el fin de obtener un nivel de ordenamiento óptimo en un contexto dado, que puede ser tecnológico, político o económico” (www.iso.org).

Con respecto a la certificación, IRAM (Instituto Argentino de Normalización) la define de la siguiente manera: “Es la demostración objetiva de conformidad con normas de calidad, eficiencia, desempeño, gestión de las organizaciones y buenas prácticas de manufactura y comerciales. (IRAM, 2017).

Las diferencias principales entre una norma y una certificación residen en el ente que la desarrolla, su costo, la necesidad o no de realizar auditorías externas y, más específicamente, la estratificación u ordenamiento de los requisitos establecidos.

En el caso de las normas, los requisitos pueden estar redactados de manera tal que impliquen obligatoriedad (“se debe...”), mientras que hay otros que consisten en sugerencias.

Por el contrario, las certificaciones establecen muy claramente las pautas que se deben seguir para alcanzarlas. En este caso, los requisitos se diferencian en función de la exigencia en su cumplimiento. Por ejemplo, GlobalGAP establece los siguientes requisitos:

- Mayores: son obligatorios. No se puede certificar si no se cumplen en su totalidad.
- Menores: no es necesario cumplir con todos; se establece un porcentaje mínimo de cumplimiento.
- Recomendado: no son obligatorios y se puede certificar sin cumplirlos.

Desarrollo

El desarrollo de normas de adopción voluntaria en la Argentina está a cargo de IRAM. Esta institución está avalada por ley para ser el organismo oficial de normalización.

La redacción de las normas atraviesa un proceso de desarrollo establecido. Se trabaja a través de grupos de discusión en los cuales se asegura la participación balanceada de los actores involucrados (productores primarios, industria, comercio, consumidor), quienes deben llegar a un consenso. Las normas así obtenidas quedan a disposición de los interesados para ser aplicadas voluntariamente.

Por el contrario, los sistemas de certificación son desarrollados por instituciones o entidades privadas, sin pasar necesariamente por un proceso de consenso. Estos sistemas tienen propósitos diversos y en muchos casos responden a intereses de los mercados internacionales (tal es el caso de EurepGAP, RTRS). Su principal objetivo es alcanzar un certificado (etiquetado) que es verificado por una tercera parte, lo que permite demostrar que un proceso o producto ha sido realizado bajo los parámetros establecidos por el protocolo de certificación.

La implementación de sistemas de certificación exige realizar un proceso de adecuación de la empresa a los requisitos del sistema, que es verificado a través de auditorías. Una vez cumplidos estos requisitos, se obtiene un sello de certificación del estándar sobre el cual se trabajó. Posteriormente se realizan auditorías periódicas a modo de control de cumplimiento.

Desarrollo de consensos en la Argentina

En el país se llevan adelante diferentes iniciativas que abordan de manera interinstitucional la temática de las BPA. Estas iniciativas tienen diferentes objetivos: por un lado, establecer acuerdos respecto de las pautas mínimas de producción primaria; por otro, fomentar la implementación de BPA entre los productores.

RedBPA

Esta iniciativa, impulsada por la Bolsa de Cereales de Buenos Aires en 2014, reúne a más de 40 entidades de públicas y privadas, además de representantes de los distintos sectores de la cadena de producción agrícola. De ella participan, entre otros, asociaciones de productores (entre ellas, CREA), entidades gremiales, universidades, el Estado, la industria y proveedores de insumos.

El propósito de la RedBPA es contar con un mecanismo de intercambio de información, diálogo inte-

rinstitutional y cooperación entre sus miembros, para abordar de forma integral las distintas dimensiones de esta temática.

Sus objetivos son promover la implementación de BPA y comunicar a la sociedad su importancia y la relevancia de la actividad agropecuaria en general. Su funcionamiento consta de una mesa plenaria de la cual participan representantes de todas las instituciones en comisiones específicas de Cultivos extensivos, Cultivos intensivos, Capacitación, Comunicación, Normativa y Ganadería.

Como resultado del trabajo realizado hasta el momento, se elaboraron tres documentos de referencia: *Buenas Prácticas Agrícolas: directivas y requisitos para cultivos extensivos*; *Buenas Prácticas Agrícolas: directivas y requisitos para cultivos intensivos* y *Recomendaciones para normativas de departamentos, municipios y partidos que regulen aplicaciones de productos fitosanitarios*. Estos informes se encuentran disponibles en la página web de la RedBPA: www.redbpa.org.ar.

Norma IRAM 14.110 BPA

Tal como se mencionó, IRAM es el organismo oficial de normalización. El objetivo de esta iniciativa, vinculada a la RedBPA, consiste en impulsar el desarrollo de una Norma IRAM BPA para cultivos extensivos y otra para cultivos intensivos que permita establecer un estándar productivo mínimo, que pueda ser cumplido por cualquier productor.

El trabajo que se está llevando a cabo se basa en los documentos *Buenas Prácticas Agrícolas: directivas y requisitos para cultivos extensivos* y en la Norma IRAM 14.110 *Buenas Prácticas agrícolas para producción de origen vegetal*, del año 2011.

El proceso de trabajo consistirá en la discusión de la norma a través de grupos regionales que enriquezcan el trabajo realizado por la RedBPA e incorporen criterios propios de cada zona de producción para facilitar su posterior adopción. De esta manera, se confiere el aval de una norma IRAM a un trabajo ya realizado. Dicha norma estaría conformada por tres secciones:

- 14.110-1 BPA Requisitos generales
- 14.110-2 BPA Cultivos extensivos
- 14.110-3 BPA Cultivos intensivos

La norma 14.110-1 se encuentra en etapa de discusión pública y estará disponible a principios de 2018, mientras que las 2 y 3 serán abordadas en el curso de ese mismo año. Se espera que este instrumento favorezca la optimización de las distintas prácticas involucradas en

el proceso productivo, y que su implementación contribuya a mejorar la calidad de los productos, a reducir pérdidas y favorecer la resolución de conflictos entre la sociedad y el campo.

El tratamiento de la norma a través de grupos regionales busca favorecer la incorporación de aspectos que no hayan sido contemplados hasta el momento y transmitir el sentido de pertenencia propio de cada zona productiva. Al tratarse de una Norma IRAM, una vez emitida quedará a disposición de la cadena de producción y del Estado como una herramienta más para la implementación de BPA, que sirva para la elaboración de leyes que consideren esta temática.

Comentarios finales

Las iniciativas aquí mencionadas marcan el rumbo hacia la definición de estándares productivos necesarios para el país. Sin embargo, es necesario subir un peldaño más, lo que implica convertirlas en política de Estado.

Es necesario definir criterios de producción basados en la sostenibilidad, aplicables a todo tipo de escala. Cumple esto un doble propósito: por un lado, asegurar la calidad de los alimentos que se consumen en el país. Por otro, significa estar por encima de los estándares de certificación de exigencia mundial, a los cuales sólo pueden acceder productores de escala mediana a grande, muy diversos en sus exigencias y que no siempre contemplan todas las aristas de la sostenibilidad.

Es necesario que los criterios de producción hagan un aporte a la definición de una “marca país” que asegure internamente la calidad de los alimentos y externamente su competitividad.

La huella de carbono y la huella ambiental

■ **Lic. en Cs. Políticas Gustavo Idígoras**

Centro de Estudios Agroalimentarios de la
Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

Existe una tendencia creciente a nivel internacional en materia de desafíos ambientales para la producción de alimentos y bioenergías, especialmente de parte de los países desarrollados.

La Argentina tiene gran relevancia en términos de la comercialización de este tipo de productos, por lo que debe actuar sin demoras en proyectos interinstitucionales vinculados a la huella ambiental, la huella de carbono, la huella hídrica y en las metodologías internacionales vigentes relacionadas con el ciclo de vida de los productos, así como con los bonos de carbono.

El desarrollo de la investigación en esta área es limitado en nuestro país; sin embargo, estudios internacionales ya se han ocupado de estimar las emisiones que generan los alimentos y las bioenergías argentinas, y por lo general brindan conclusiones pesimistas en cuanto a los niveles de eficiencia energética de estas actividades, lo que posiciona a nuestra producción en la categoría más cuestionable en materia ambiental.

Adicionalmente, tenemos la firma del Acuerdo de París de la Convención Mundial de Cambio Climático, que comenzaría a regir a partir de 2020, cuyos detalles se ofrecen en el capítulo 4.

Por esta razón, cabe preguntarse: ¿qué está pasando hoy en el resto del mundo?, ¿cuáles son las metodologías y las estimaciones más utilizadas?, ¿qué exigen los compradores?, ¿qué hacen nuestros competidores?

Si se pretende realizar un cálculo del efecto invernadero es necesario efectuar un análisis de las emisiones de gases durante el ciclo de vida de los productos, que incluyan desde los insumos utilizados para su producción hasta el consumo final, que considera reciclaje y desechos. En este punto, aparecen dos conceptos: *la huella de carbono corporativa* (es decir, las emisiones de un establecimiento con todos sus productos) y *la huella de carbono por producto* (por ejemplo, un corte de carne que llega al consumidor final, en el que además se incluye el transporte).

Actualmente no existe uniformidad en la metodología de cálculo seleccionada a nivel de *retailers* (supermercados) en los mercados de exportación, mientras que sí existe una fuerte demanda de información objetiva relativa a emisiones y prácticas sostenibles que puedan ser certificables y auditables para acceder a ese mercado.

Demandas de los principales destinos de exportación

La huella de carbono

La primera iniciativa para medir la huella de carbono se dio a conocer en 2001 mediante el *Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol)*, que fue diseñado con un enfoque corporativo.

El *GHG Protocol* es la herramienta internacional más utilizada para el cálculo y comunicación del inventario de emisiones. Fue desarrollada entre el *World Resources Institute (WRI)* y el *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*, junto con empresas, gobiernos y grupos ambientalistas de todo el mundo, con el fin de construir una nueva generación de programas efectivos y creíbles para abordar el cambio climático.

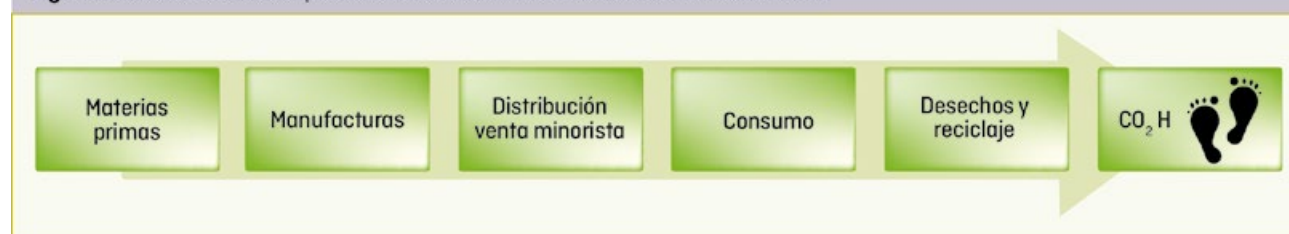
Fue recién en 2008 cuando se conoció la primera metodología orientada a calcular la huella de carbono de un producto a partir del análisis de su ciclo de vida: la norma PAS 2050. Esta causó un fuerte impacto en la gestión “verde” a nivel de *retailers*, debido a que su acceso se planteó desde sus comienzos como libre y gratuito. A partir de allí, se comenzaron a generar guías particularizadas a nivel sectorial o limitadas a determinados alcances de emisiones.

En la actualidad, el universo metodológico es ilimitado, no existen prácticas únicas por objeto de análisis. Ambas normas, pioneras en cada uno de los enfoques —*GHG Protocol* para emisiones corporativas y PAS 2050 para emisiones de un producto en su ciclo de vida—, son las más utilizadas en cada caso. La reciente publicación de una versión del *GHG Protocol* para productos (2011) permite suponer que será adoptada ampliamente, dada la compatibilidad de ambas normas.

Estas iniciativas público-privadas coexisten con normas de la familia ISO 14000, que se ven respaldadas por el consenso multilateral, lo que facilita su aceptación y reconocimiento. Actualmente, se encuentran vigentes la norma ISO 14064 para emisiones corporativas, y la ISO TS 14067 para emisiones de producto. Esta última sólo ha alcanzado su publicación como estimación técnica (TS), aún debe pasar un período de seis años de revisiones para convertirse en un estándar internacional. Por este motivo, no existe aún en materia multilateral una norma de consenso internacional para huella de carbono de producto, como sí lo hay a nivel corporativo.

En la práctica, las metodologías más utilizadas a nivel internacional en el sector de alimentos y bebidas para el cálculo por producto son *GHG Protocol* para huella —cuya utilización está en aumento debido al amplio reconoci-

Figura 1. Ciclo de vida de un producto considerado en el cálculo de emisiones de GEI



miento que posee el *GHG Protocol* de inventario—, PAS 2050 e ISO 14064 para aquellas iniciativas que quieren hacer hincapié en la captura de carbono que presentan sus prácticas en particular, orientando mediante apropiaciones una metodología de cálculo corporativa a las consideraciones de un ciclo de vida por producto (casos de España y Sudáfrica, entre otros).

En el mismo sentido, se orienta el plan de acción Bilan Carbone en Francia, desarrollado en el marco de la Ley Grenelle (última revisión en 2012), proceso público que ha impulsado fuertemente el consumo responsable desde ese país a toda Europa. El objetivo del gobierno francés es que los consumidores sean informados por medio del etiquetado o de cualquier otro medio, acerca del contenido de carbono equivalente de los productos y sus envases, así como del consumo de recursos naturales o del impacto sobre el medio ambiente atribuible a estos productos durante su ciclo de vida. La norma BP X30-323 de AFNOR (última revisión 2011) uniformó en cierta forma los etiquetados en Francia al establecer buenas prácticas de presentación de datos ambientales; sin embargo, las distintas iniciativas privadas son aún muy dispares.

A pesar de tener distintos orígenes, las metodologías enumeradas siguen lineamientos similares. Todas se basan en las guías metodológicas propuestas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y tienden en sus sucesivas revisiones a una mayor armonización. Más aún, frente a esta multiplicidad de metodologías, son los propios *retailers* y organismos involucrados quienes adoptaron un fuerte compromiso, buscando un estándar único frente a una demanda común. Es así como existe Envifood a nivel europeo, y a nivel norteamericano, el *Food Board Sustainable Measurement and Reporting Standard (FB-SMRS)* del *Sustainability Forum*

Casos relevantes

A continuación, se presentan los casos de Francia, Corea del Sur y EE.UU., como ejemplos de acciones públicas y privadas en relación a la huella de carbono en la producción de alimentos y su comercialización.

Francia

En Europa y el mundo, Francia se ha convertido en uno de los principales promotores de la especificación del impacto que algunos productos de consumo masivo tienen sobre el medio ambiente.

Como política nacional, se propuso el objetivo de “alcanzar una economía global libre de CO₂ para la se-

gunda mitad del siglo XXI”. En este sentido, se han promulgado las Leyes Grenelle de l’environnement (Grenelle 1-2008 y Grenelle 2 -2009), que apuntan a una economía y una gestión sostenible a nivel nacional, involucrando a los gobiernos subnacionales, a los actores económicos privados y a los consumidores. Esta política ha generado los siguientes compromisos:

- Las empresas con más de 500 empleados y las colectividades territoriales de más de 50.000 habitantes tienen la obligación de calcular su huella de carbono desde 2010.

- A partir de 2010 se decidió implementar un impuesto al carbono en los combustibles fósiles por unidad de volumen adquirida, que se destinará a financiar iniciativas de eficiencia energética (aunque el Gobierno decidió esperar a que se implementara a nivel europeo sobre los productos de importación).

- Desde el 1° de enero de 2011, los productos deben informar su impacto ambiental. El Ministerio de Ecología, Ambiente y Energía de Francia lanzó el etiquetado ambiental, de carácter voluntario, introduciendo por primera vez este concepto como un estándar público. A partir de marzo de 2017 este dispositivo de “etiquetado” sería implementado progresivamente en diferentes productos, incluyendo los alimenticios. Este sector sería coordinado por el Grupo Casino (una de las mayores empresas de distribución a nivel mundial, con presencia en Europa, América, Asia y el Océano Índico).

- Desde 2007, el Grupo Casino implementó un índice ambiental en productos de marca propia (Casino y Monoprix) que permite conocer el impacto ambiental de cada uno de ellos. Este índice considera tres categorías básicas: las emisiones de GEI cada 100 gramos de producto, el consumo de agua y la contaminación acuática.

A su vez, una escala gradual de amarillo a verde indica si el producto tiene un débil o fuerte impacto ambiental. Otra etiqueta bicolor indica en verde claro el porcentaje del envase que será reciclado y en verde oscuro el porcentaje que podría ser reciclado si todos los consumidores desecharan adecuadamente los residuos del producto. Además, a través un código QR y su celular los clientes pueden ampliar la información de los productos, disponible en una página de internet.

Corea del Sur

Como política de Estado, el compromiso de Corea consiste en reducir un 5,2% de sus emisiones en la producción agrícola y de alimentos hacia 2020, partiendo

de un nivel base de 34,4 millones de toneladas de CO₂ eq. Para lograrlo, se creó el programa oficial Huella de Carbono orientado a promover un consumo reducido en carbono por parte del cliente minorista e incentivar a las empresas a generar productos “verdes”.

Si bien no es un sistema de certificación obligatorio, implica beneficios para quienes se adhieren a él. El programa incluye tres fases de certificación progresivas:

- Certificación de emisiones GEI mediante normas ISO 14040 y 14044.
- Certificación de producto bajo en carbono: se obtiene cuando el producto muestra una reducción importante y alcanza un nivel por debajo del promedio de las emisiones de los productos de la misma categoría.
- Certificación de Producto Carbono Neutral: se alcanza cuando el producto llega a las emisiones 0 por reducción o por compensación.

Los productos agrícolas alcanzados hasta el momento son: vegetales, frutas, cultivos medicinales y alimenticios (alimentos y piensos). Los productos agrícolas certificados son 41. Tienen una auditoría mínima anual y el certificado extendido tiene una duración de dos años.

Con relación a los beneficios del programa, se identifican los siguientes:

- Las empresas obtienen una mejor calificación a nivel gubernamental.
- La certificación adiciona dos puntos en el G-SEED para las empresas (sistema crediticio).
- Existe un sistema de puntos *Eco money* para el consumidor responsable.
- Las pequeñas y medianas empresas cuentan con una reducción del 50% en los costos de certificación, capacitación y consultoría gratuita.
- Los productos que ingresan dentro del sistema participan de campañas publicitarias y facciones de marketing (ferias) financiadas por el gobierno.

EE.UU.

La política ambiental de EE.UU. en relación al



cambio climático terminó de configurarse con el último Acuerdo de París, primer documento multilateral relativo a esta temática ratificado por el país del norte, aunque luego anunciara su renuncia. Junto con China, EE.UU. es responsable del 40% de las emisiones globales de GEI.

A diferencia de lo que ocurre en Francia y Corea, las iniciativas de etiquetado en EE.UU. no son política de Estado, aunque existen iniciativas privadas de ONG y empresas del sector alimentario, entre las que figuran las siguientes:

The Sustainability Consortium (TSC). Es una organización global conformada por productores, *retailers*, proveedores de insumos y servicios, ONG, agencias gubernamentales y por la academia (principalmente en EE.UU., Europa y China). Tiene su sede administrativa en la universidad estatal de Arizona y Arkansas.

Este organismo publica herramientas tendientes a alcanzar la sostenibilidad de los productos en su ciclo de vida y en la cadena de valor, con énfasis en su impacto final sobre el medio ambiente. Cuenta con la base de datos más extensa a nivel mundial, que abarca el 70% de los bienes de consumo divididos en ocho categorías, una de las cuales es “Alimentos, bebidas y agricultura”.

Dentro de la categoría carne vacuna, considera como principales indicadores el bienestar animal y el manejo (uso de fertilizantes, nutrientes y antibióticos; uso de los recursos y condiciones laborales).

Global Roundtable for Sustainable Beef (GRSB).

Esta entidad tiene como objetivo alcanzar el *sustainable beef*, un producto social, ambiental y económicamente responsable. En marzo de 2015, se creó el capítulo EE.UU. o U.S.GRSB con el objetivo de alcanzar la sostenibilidad de la cadena vacuna estadounidense.

Allí se reúne un conjunto de indicadores y objetivos, un grupo de trabajo de verificación y otro de soluciones sustentables. Los indicadores estratégicos de esta mesa son: bienestar animal, eficiencia productiva, agua, suelo, emisiones y seguridad y bienestar laboral.

Mc Donalds Global. Esta cadena realizó el primer programa piloto de carne sustentable, que se desarrolló en Canadá y hoy se aplica en EE.UU. y Brasil, tomando los criterios de GRSB.

Por otro lado, en 2015 comenzó el programa Cero Deforestación, que supone el compromiso de eliminar del abastecimiento de la cadena, insumos provenientes de la tala de forestaciones naturales y de áreas de alto valor de conservación (carne, pollo, pescado, café, fibra

de papel y aceite de palma). Este programa establece un sistema de verificación de orígenes, que procura fidelizar a los proveedores que cumplan con este compromiso.

Walmart Global. La cadena de supermercados Walmart considera que la industria alimenticia debe adaptarse a la creciente demanda de alimentos, pero sin alterar el medio ambiente. Con el apoyo de distintas ONG (*Conservation International* y *Environmental Defense Fund*), trabaja junto a los productores locales en la adopción de las mejores prácticas de agricultura sostenible a través de capacitaciones directas y programas de beneficio. Sus programas principales son:

- **Pilot commodity optimization program.** Walmart colabora con 15 proveedores que representan el 30% de las ventas totales de alimentos y bebidas estadounidenses. Capacita a los productores para optimizar prácticas de fertilización y siembra en trigo y soja (que involucran un millón de hectáreas y tienen un impacto de reducción de 2,3 millones de toneladas de CO₂eq).

- **Selected Quality, Guaranteed Origin.** Walmart trabaja junto a sus principales proveedores con el objetivo de reducir las emisiones de la cadena cárnica. Desde 2013 implementó en Brasil un sistema de trazabilidad de campos, cuya finalidad es abastecerse únicamente de ganado “sostenible”, considerando como indicadores de mejora el agua, las emisiones, la biodiversidad y el suelo. Además, Walmart asumió el compromiso de extenderlo a otros mercados abastecedores de carne

El próximo desafío: la huella ambiental en la Unión Europea

Dentro de los estándares de sostenibilidad que se vienen desarrollando en el ámbito público y privado en el último decenio, la huella ambiental transita el último tramo de su desarrollo en la Unión Europea con el nombre de *Product Environmental Footprint (PEF)*. Este puede considerarse el estándar público líder en la materia.

¿Por qué la Unión Europea decidió desarrollar su propio estándar ambiental? Según la encuesta *Attitudes of europeans towards building the single market for green products*, realizada por *Eurobarometer* en 2013, los consumidores y las compañías europeas tienen las siguientes apreciaciones respecto de la sostenibilidad y la compra de productos “verdes”:

- Falta de consistencia entre las iniciativas privadas vigentes en los diferentes *stakeholders*.

- Potencial del mercado: el 80% de los consumidores europeos compra circunstancialmente productos “verdes”, mientras que un 26% los adquiere regularmente.

- El 89% de los ciudadanos europeos cree que comprar productos “verdes” hace una diferencia respecto del ambiente.

- Sólo la mitad de los consumidores encuentra sencillo identificar a los productos “verdes”.

- Sólo la mitad de los ciudadanos europeos confía en las declaraciones de los productores respecto a la *performance* ambiental de sus productos.

- Al momento de la compra, los consumidores consideran como factor decisivo: la calidad (97%), el precio (87%) y sus consecuencias sobre el ambiente (84%).

- Un 69% de los ciudadanos apoya el desarrollo de requisitos obligatorios para que las compañías publiquen reportes que muestren su desempeño en materia ambiental.

A partir de estas conclusiones, la Unión Europea decidió desarrollar un estándar ambiental para productos con participación pública y privada, tanto nacional como extracomunitaria.

En su desarrollo, la PEF considera las normas ISO 14040, ISO 14044, ILCD Handbook de la comunidad europea; la norma británica PAS 2050 y la francesa BPX 30-323. El objetivo final es concentrar los estándares ambientales en un único estándar aplicable a todos los productos en un mercado de más de 500 millones de consumidores.

La PEF es un estándar multicriterio, que contiene 14 categorías de impacto basadas en el análisis del ciclo de vida (ISO 14040 – ISO 14044) y en una aproximación por producto (*Product Environmental Footprint Category Rules; PEF-CR*).

De esta manera, cada categoría identifica las etapas productivas más relevantes, sus impactos principales, características comunes y calidad de los datos requeridos, resultados reproducibles y la comparación entre productos equivalentes por parte de los consumidores. La categoría de impacto que se incluya debe acumular, por lo menos, una contribución superior al 80% del impacto total.

De este modo, la PEF supera estándares como la huella de carbono y la huella del agua, al considerar de manera conjunta muchas más categorías de impacto. Se aplica a productos intermedios, finales, y a servicios.

En abril de 2013 se publicó la Guía Metodológica final y la Comisión Europea aconsejó a los países miembro utilizar la PEF en sus mercados. A partir de la publicación de esta guía, comenzó una segunda etapa (2013-2016) cuyo objetivo fue desarrollar una guía de implementación, mecanismos de verificación y criterios

de comunicación B2B & B2C (armonizados con la ISO 14025, etiquetas tipo III). A su vez, se comenzó a trabajar en el diseño de guías por productos.

El desarrollo de este estándar tomó 27 grupos de productos. Entre los alimentos y bebidas se incluyeron los siguientes: cerveza, café, pesca, lácteos, alimentación animal, carne vacuna, porcina y de cordero fresca, pasta sin cocinar, agua embotellada, aceite de oliva y vino.

Impacto esperado

El Mercosur es el primer abastecedor externo de alimentos de la Unión Europea. Por lo tanto, la implementación de la huella ambiental supone un impacto significativo en las exportaciones totales y en cada uno de los sectores que exportan a ese mercado, que, en muchos casos, constituye su primer destino de ventas.

En términos globales, si se toman como base las exportaciones de la Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay del año 2016, el impacto de la huella ambiental hacia 2020 se calcula en 43.500 millones de dólares.

Si se consideran los sectores más relevantes del comercio con la Unión Europea en el sector agroalimen-

tario, se advierte que los dos rubros de mayor relevancia para dar respuesta a la huella ambiental son el complejo de la soja (poroto, tortas y aceites) y el de la carne bovina (enfriada, congelada, menudencias y otros productos).

La huella ambiental se ha transformado en la primera experiencia gubernamental de impacto global, capaz de regular las transacciones mediante requisitos ambientales obligatorios. En este sentido, debe ser entendida como una posible barrera paraarancelaria, por lo que los países del Mercosur –que hasta ahora han mostrado un interés parcial en el tema– tienen una oportunidad para discutir la aplicación de este estándar en el ámbito de las negociaciones birregionales, para que estos requisitos no generen restricciones de acceso a los mercados.

Cuadro 1. Exportaciones del año 2016 (en millones de dólares)

Argentina	8211
Brasil	33.964
Uruguay	914
Paraguay	1364

Fuente: elaboración propia.



www.profertilnutrientes.com.ar - 0800-666-7763

Profertil Nutrientes

@ProfertilNutri

Escuchemos a la tierra.®

Conclusiones

Del relevamiento efectuado en algunos mercados objetivo seleccionados, surge que los *retailers* piden, por el momento, información respecto de las emisiones, sin llegar aún a exigir una certificación por producto y el consiguiente ecoetiquetado en origen. Sólo existen algunos casos de exigencias en materia de etiquetado, pero no son determinantes.

En paralelo a lo que ocurre en la Unión Europea, y en Francia en particular, otros mercados demandantes de alimentos se encuentran desarrollando esquemas de sostenibilidad similares, destacándose EE.UU. y Corea del Sur. Mientras que en el país del norte el desarrollo del estándar es canalizado a través de programas público-privados, con el objetivo de alcanzar estándares que establezcan determinadas condiciones de acceso a góndola, en Corea del Sur el desarrollo es público y su objetivo es promover un consumo bajo en carbono por parte del cliente minorista e incentivar a las empresas a la producción de productos “verdes”.

Es evidente que los casos mencionados son ejemplos de una tendencia clara que actúa como *driver* en el mercado de alimentos, la cual se intensificará en los próximos años con la implementación de estándares gubernamentales que tornen obligatorias las que hoy son meras oportunidades comerciales. Es por ello que resulta imprescindible analizar la situación en que se encuentran los países del Mercosur.

Es indispensable adoptar una estrategia proactiva en lo que respecta al cálculo, reporte y gestión de la emisión de gases de efecto invernadero a nivel de cadena de valor. En este sentido, se recomienda trabajar sólo

con metodologías y protocolos homogéneos que luego puedan ser certificables.

La certificación debe seguir siendo una decisión empresarial, pero el Estado puede brindar herramientas que apoyen a los sectores exportadores para ser competitivos frente a estas nuevas demandas. Tal es el caso de los informes de inventario de emisiones, los patrones de emisiones por producto y las guías metodológicas basadas en los sistemas productivos nacionales. A su vez, estas herramientas serán útiles para negociar en los foros internacionales donde se debaten estos temas o ante aquellos países que pretenden imponerlas como requisitos de importación.

Las metodologías de cálculo también deben desarrollar una visión nacional para evaluar la existencia de estándares privados no reconocidos, que puedan ser cuestionables desde el punto de vista de normas no arancelarias. Hoy por hoy, carecer de información al respecto y no demostrar fehacientemente el accionar del proveedor en materia de mitigación contra el cambio climático (ya sea a nivel corporativo como de producto) puede provocar una pérdida de competitividad frente a un proveedor sostenible e incluso la exclusión del producto en el mercado.

Se considera valioso desarrollar metodologías basadas en el análisis de ciclo de vida de las normas ISO: ISO 14064 (balance de carbono) cuando es a nivel sectorial, y del estándar técnico ISO 14067 cuando se trata de un producto específico de una empresa en particular. Es habitual observar que países competidores adoptan metodologías similares a las mencionadas e incluyen combinaciones entre ellas que podrían ser justificadas en el caso específico de las cadenas de valor alimenticias en la Argentina.

4

Cambio climático

En este capítulo se aborda la cuestión del cambio climático y su relación con el sector agropecuario argentino. El tema es amplio: incluye acuerdos internacionales, inventarios y reportes de gases de efecto invernadero (GEI), pero también cuestiones vinculadas a la mitigación de emisiones y a la adaptación a potenciales cambios proyectados a 50 y 100 años. Con ese fin, se incluyen tres artículos. En el primero se presentan las definiciones generales y el marco internacional dentro del cual se inserta nuestro país. El segundo se enfoca en las emisiones de GEI informadas por la Argentina en los reportes emitidos entre 1990 y 2014. Allí se describe cómo se componen las emisiones en el sector agropecuario y se enumeran posibles medidas de mitigación.

Por último, se analizan las posibilidades de adaptación al cambio climático y se describen las modificaciones pronosticadas a mediano y largo plazo para nuestro país con relación a la temperatura y las precipitaciones y sus potenciales efectos sobre la agricultura.

Definición y marco internacional

■ Abg. Eugenia Magnasco

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Fundación Torcuato Di Tella

En su artículo 1º, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) define a éste como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

Desde el comienzo de la era industrial se han producido incrementos significativos en la emisión de cuatro de los principales gases de efecto invernadero: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), monóxido de carbono (CO) y los halocarbonos (grupo de gases que contienen flúor, cloro y bromo). Estos gases se acumulan en la atmósfera; con el paso del tiempo, la mayor concentración afecta el equilibrio entre la radiación solar entrante y la radiación infrarroja saliente, impactando en la temperatura de la superficie terrestre.

En los últimos años, diversas mediciones han demostrado que la temperatura se ha elevado en todo el planeta, con importantes variaciones regionales. Los cambios en el clima alteran la cantidad, intensidad, frecuencia y tipo de precipitaciones; elevan el nivel de los

mares y provocan un retroceso de los glaciares, entre otros efectos adversos, generando riesgos para los sistemas humanos y naturales.

Marco internacional

Como reconocimiento de esta situación, en 1988 la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crearon el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), cuyo fin es evaluar información científica, técnica y socioeconómica relativa al tema en todo el mundo.

El Primer Informe de Evaluación del IPCC se publicó en 1990, y fue el disparador para que la Asamblea General de las Naciones Unidas preparase una Convención Marco sobre el Cambio Climático que se abrió a la firma durante la Cumbre de la Tierra celebrada en 1992 en Río de Janeiro (Brasil). Dicha convención entró en vigor en 1994, y a la fecha cuenta con 197 partes (196 Estados y una organización de integración económica).

El objetivo último de esta convención es “lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten natural-

mente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible”.

Por otra parte, en su artículo 4°, el informe enuncia otros compromisos que, de acuerdo con responsabilidades comunes pero diferenciadas, obligan a las partes a la transmisión de información.

Los compromisos en materia de estabilización de concentraciones de GEI asumidos por la convención no eran suficientes, ya que allí no se establecían obligaciones claras referidas al nivel de reducción que debía alcanzar cada parte. Por ello, durante la primera Conferencia de las Partes de la CMNUCC (CP.1)¹ se decidió poner en marcha una nueva ronda de conversaciones para adoptar compromisos más firmes y detallados con respecto a los países industrializados.

Tras dos años y medio de intensas negociaciones, en diciembre de 1997, en el marco de la Tercera Conferencia de las Partes de la CMNUCC (CP.3) celebrada en Japón, se adoptó el Protocolo de Kioto. Este fue un importante primer paso hacia un régimen mundial de reducción.

Las partes incluidas en el “Anexo I” de la Convención (países desarrollados y otros en proceso de transición a una economía de mercado) se comprometieron a lograr objetivos individuales jurídicamente vinculantes para limitar o reducir sus emisiones de GEI durante el período establecido entre los años 2005 a 2012. Los objetivos individuales implicaban, en promedio, una reducción total de las emisiones de GEI de, al menos, 5% con respecto a los niveles de 1990.

El Protocolo de Kioto entró en vigor el 16 de febrero de 2005 y fue ratificado por todos los países altamente industrializados que formaban parte de la Convención, con excepción de EE.UU. Hasta aquel momento, aquellos debían alcanzar sus metas de reducción, básicamente a partir de medidas nacionales. El protocolo estableció otros medios para alcanzarlas, a través de herramientas basadas en el mercado, entre las cuales se encontraba el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL), definido en el artículo 12, que permitía a un país con compromiso de reducción poner en práctica distintos proyectos para reducir emisiones en países en vías de desarrollo.

En la conferencia celebrada en 2012 en Doha, Qatar (CP 18 / CP/RP 8)², los gobiernos *elevaron la vara* y

enfaticaron la acción climática. En la siguiente reunión, celebrada en Varsovia en 2013, acordaron comunicar sus contribuciones de reducción para el año 2015.

El 1° de octubre de ese año, la Argentina presentó su primera Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (INDC, por sus siglas en inglés), la cual fue posteriormente revisada y reemplazada por otra de mayor alcance.

Finalmente, en 2015 se celebró el Acuerdo de París, que convocó a todas las naciones en una causa común para combatir el cambio climático y adaptarse a sus efectos. El objetivo central de este acuerdo, que entró en vigor en noviembre de 2016, fue mantener el aumento de la temperatura global por debajo de los 2° C –tomando como base los niveles preindustriales– y limitar el aumento de la temperatura a 1,5° C. Para ello, exigió a todas las partes que realizaran sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) informando regularmente su nivel de emisiones y sus esfuerzos de implementación. En 2018, las partes harán un balance de los esfuerzos colectivos en relación con el objetivo establecido en el Acuerdo de París. Luego, se realizará una evaluación global cada cinco años para analizar los avances realizados.

La Argentina firmó y ratificó el Acuerdo de París por medio de la Ley 27720, depositando su instrumento de ratificación el 21 de septiembre de 2016. A partir de ese momento, nuestro país tomó la decisión de realizar una primera revisión de su NDC. Los esfuerzos de las partes, comunicados a través de esta vía, involucran aspectos vinculados a la mitigación, la adaptación y los medios de implementación.

En materia de mitigación, la NDC revisada de la Argentina presenta una nueva meta de emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq): nuestro país se compromete a no exceder la emisión neta de 483 millones de toneladas, como resultado de medidas de mitigación planificadas hacia 2030. Para llegar a ese objetivo se implementará una serie de medidas en los sectores de energía, agricultura, bosques, transporte, industria y residuos. En la NDC previa a la revisión, el país se comprometía a bajar las emisiones hasta 570 millones de toneladas de CO₂eq.

Esa diferencia de 87 millones de toneladas de CO₂eq obedece principalmente (79 millones) a cambios en la metodología de medición: las directrices IPCC 2006 reemplazaron a las de 1996. Los 8 millones adicionales se

¹ La Conferencia de las Partes (CP o COP, por sus siglas en inglés) es la máxima autoridad con capacidad de decisión de la Convención. Consiste en una asociación de todos los países miembro que se reúnen todos los años para evaluar la situación del cambio climático, la eficacia del tratado y sus actividades, como así también las comunicaciones nacionales y los inventarios de emisiones y las nuevas investigaciones científicas, entre otros aspectos.

² La Conferencia de las Partes, en calidad de reunión de las partes en el Protocolo de Kioto (CP/RP o CMP, por sus siglas en inglés), es un órgano integrado por quienes han firmado dicho protocolo. Las sesiones de la Conferencia de las Partes (CP y la CP/RP) se celebran simultáneamente para reducir costos y mejorar la coordinación entre la Convención y el Protocolo.

Figura 1. Las 10 claves del Acuerdo de París sobre cambio climático

1 Objetivo global

- Mantener el incremento de la temperatura global "muy por debajo de los 2°C", respecto de los niveles preindustriales.
- Proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento a 1,5°C y evitar así efectos catastróficos para los países más vulnerables.

2 Reducción de emisiones de GEI

- Meta a largo plazo: las emisiones deberán alcanzar su punto máximo "lo antes posible" y a partir de ese momento "reducirse rápidamente".
- Lograr un equilibrio entre los gases emitidos y los que pueden ser absorbidos en la segunda mitad del siglo XXI; en otras palabras, ser carbono neutral.

3 Contribuciones nacionales

- Cada cinco años, todos los países deben comunicar sus contribuciones de reducción de emisiones de GEI.
- Cada nueva contribución debe ser más ambiciosa que la anterior.
 - Más de 185 países—que suman más del 95% de las emisiones globales— presentaron su contribución tentativa. Las contribuciones oficiales serán presentadas al ratificar el acuerdo.

4 Responsabilidad y financiamiento

- Se reconoce la responsabilidad histórica de los países desarrollados y se les exige continuar liderando la lucha contra el cambio climático.
- Se establece la obligación clara de proveer apoyo financiero a los países en desarrollo, de manera balanceada entre mitigación y adaptación.
 - Meta de US\$ 100.000 millones anuales de financiamiento, como mínimo, a partir de 2020. Deberá existir predictibilidad, con información cuantificable de los aportes de los países publicada cada dos años.

5 Adaptación

- Por primera vez, se incluye una meta global cualitativa, que consiste en aumentar la capacidad de adaptación, fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático.
- Se establece como fin proteger a las personas, los medios de vida y los ecosistemas, teniendo en cuenta las necesidades urgentes e inmediatas de los países más vulnerables.
- Se plantea que los países presenten de manera periódica reportes que comuniquen problemáticas y avances en materia de adaptación.

6 Pérdidas y daños

- Son los efectos del cambio climático a los cuales un país ya no se puede adaptar, como las tormentas extremas o el ascenso del nivel del mar. Queda finalmente como un elemento independiente en el acuerdo.
- El acuerdo reconoce la necesidad de tomar medidas y ofrecer apoyo respecto a las pérdidas y los daños, pero no establece metas concretas en cuanto a indemnización. Se mantiene el Mecanismo Internacional de Varsovia.

7 Mecanismos repletenciados

- En el acuerdo queda legitimado el mecanismo REDD+, reconociendo así el rol de los bosques en la lucha contra el cambio climático.
- También se legitima el mecanismo de desarrollo y transferencia de tecnología.
- Además, se crea un mecanismo que promoverá la mitigación de las emisiones de GEI fomentando al mismo tiempo el desarrollo sostenible de los países.

8 Balance global y transparencia

- Se establece un mecanismo de balance del avance colectivo en el cumplimiento de los objetivos del acuerdo. Se realizará por primera vez en 2023 y luego cada cinco años.
- Los países deben publicar periódicamente sus inventarios de emisiones, así como información sobre la implementación de las contribuciones nacionales y aportes en financiamiento. La información será sometida a un examen técnico por parte de expertos, que será transparente y no punitivo.

9 Forma legal

- Documento final integrado por el Acuerdo (18 págs. en su versión en español), con estatus de tratado internacional legalmente vinculante, y una decisión que lo acompaña, no legalmente vinculante.
- Por el momento, no se plantean sanciones para los países que no cumplan con los compromisos establecidos. En los próximos años, se definirá un reglamento para desarrollar puntos específicos del acuerdo.

10 Aplicación

- El Acuerdo de París ha sido ratificado por 178 partes de 197 integrantes de la Convención (junio de 2018).
- El 5 de octubre de 2016 se alcanzó el umbral para la entrada en vigor del Acuerdo de París, que se concretó el 4 de noviembre, 30 días después de que, al menos 55 países u organizaciones de países—que suman el 55% de las emisiones globales— depositaran sus instrumentos de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión con el depositario.



deben a la revisión e incorporación de nuevas medidas incondicionales de mitigación.

En lo relativo a la adaptación, la Argentina decidió incluir diversos aspectos que desarrollará e implementará a través de un plan nacional en 2019.

Emisiones de GEI en la Argentina y en el sector agropecuario

■ Ing. Agr. Ph. D. Gabriel Vázquez Amábile

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Cátedra de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Facultad de Agronomía y Ciencias Forestales, Universidad Nacional de La Plata.

■ Abg. Eugenia Magnasco

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Fundación Torcuato Di Tella.

■ Ing. Agr. María Fernanda Feiguin

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA.

■ Ing. Agr. Pablo Cañada

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Cátedra de Nutrición y Alimentación Animal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

La Argentina, como parte de la CMNUCC, asumió el compromiso de elaborar, actualizar, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes, los informes periódicos denominados “Comunicación Nacional”. Estos contienen el inventario nacional de las emisiones antropogénicas producidas por distintas fuentes y la absorción efectuada en los sumideros de todos los GEI no controlados por el Protocolo de Montreal; la identificación de medidas y políticas para la mitigación y adaptación, y cualquier otra información que los países “No-Anexo I” consideren relevante para el logro de los objetivos de dicha Convención (artículo 4, párrafo 1; y artículo 12, párrafo 1).

Más allá de las Comunicaciones Nacionales, en la Conferencia de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP 16) celebrada en Cancún, se acordó que los países en vías de desarrollo también deberán presentar un Informe Bienal de Actualización (BUR, por sus siglas en inglés), ya sea como resumen de partes de su Comunicación Nacional en los años en que ésta se presente, o como informe de actualización independiente.

La Primera Comunicación Nacional de nuestro país a la CMNUCC se presentó en 1997, realizándose una

revisión en 1999. La Segunda Comunicación Nacional reportó las emisiones del país hasta el año 2000 y fue presentada en 2007. Por último, hubo una Tercera Comunicación Nacional en 2015, que incluyó el inventario de emisiones para los años 2010 y 2012, una revisión de los anteriores (1990, 1994, 1997 y 2000), la serie histórica y una proyección hasta 2030 sobre la base de un escenario socioeconómico provisto por el Gobierno.

El primer BUR fue presentado por la Argentina en 2015, junto con la Tercera Comunicación Nacional, mientras que el segundo BUR se presentó ante la CMNUCC en 2017 e incluyó el inventario de GEI argentino actualizado a 2014 y la serie histórica revisada y corregida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (MAyDS, 2017).

En lo relativo a la estimación de las emisiones de la Tercera Comunicación Nacional y de ambos informes BUR, el Movimiento CREA tuvo a cargo la realización de informes para los sectores de agricultura, ganadería y cambio en el uso del suelo, así como también los trabajos orientados a identificar potenciales medidas de mitigación del sector agropecuario, capítulos que se trabajaron en conjunto con la Fundación Torcuato Di Tella, técnicos de la Universidad de La Plata y la consultora Price Waterhouse & Co. S.R.L.

Para elaborar los inventarios nacionales de GEI se utilizaron las directrices desarrolladas por el IPCC 1996: dicha metodología permite a los países que forman parte de la CMNUCC y del Protocolo de Kioto confeccionar los inventarios de manera estandarizada para que sean comparables. A partir del segundo informe se tomaron las directrices de 2006. Esto permitió realizar el inventario GEI 2014, además de recalcular los inventarios anteriores de acuerdo con la nueva metodología. La Argentina adoptó estas últimas directrices para adecuarse a las exigencias del Acuerdo de París, según el cual, a partir de 2018 las partes debían utilizar en sus informes las últimas guías disponibles.

La adopción de las directrices 2006 permitió mejorar la calidad del inventario y evitar una sobreestimación de las emisiones, especialmente en el sector agrícola.

Los inventarios GEI comprenden cuatro sectores: *energía* (incluye transporte), *industria, residuos y agricultura, silvicultura y cambio en el uso del suelo* (CUS). El gráfico 1 muestra las emisiones registradas en los inventarios realizados en nuestro país y la serie histórica revisada y actualizada a 2014. Ese año, las emisiones del sector agropecuario (agricultura, ganadería, silvicultura y CUS) significaron el 39% del total nacional.

A fin de unificar las emisiones de los diferentes GEI (que tienen distinto potencial de calentamiento), los in-

ventarios se expresan en unidades de CO₂ equivalente. El CO₂ se considera igual a 1, mientras que el N₂O tiene un potencial de calentamiento de 310. Por lo tanto, cada Gg de N₂O supone 310 Gg de CO₂ equivalente. En el caso del metano (CH₄), su potencial es de 21.

Emisiones del sector agropecuario

En el sector agropecuario, las emisiones se computan al considerar distintos procesos o fuentes de emisión, que pertenecen a diferentes categorías. De acuerdo con la guía IPCC 2006, las emisiones de este sector están comprendidas en el sector denominado AFOLU (*Agriculture, Forestry and Other Land Use*), que involucra a la agricultura (suelos agrícolas y ganadería), al cambio y uso del suelo y a la silvicultura.

De manera más simple, las fuentes de emisión del sector agropecuario corresponden a las siguientes actividades:

- Ganadería, debido a procesos de fermentación entérica y descomposición de excretas animales.
- Suelos agrícolas (o agricultura), debido a la descomposición y quema de residuos de cultivos y pasturas, a la volatilización y lixiviación por el uso de fertilizantes nitrogenados, a la quema de sabanas y a la liberación de metano por anegamiento en el cultivo de arroz.
- Silvicultura, debido a cambios en la biomasa forestal de plantaciones y áreas intervenidas de bosques nativos.
- Cambio de uso del suelo, debido a modificaciones en la biomasa vegetal (tanto aérea como subterránea), producto del cambio de uso de tierras provenientes de la deforestación o de pastizales naturales, y de la quema *in situ* de restos vegetales en el proceso de conversión de tierras.
- Cambios en el *stock* de carbono por uso del suelo, provocado por la mineralización y humificación en la producción agrícola, ganadera (con pasturas) y forestal.

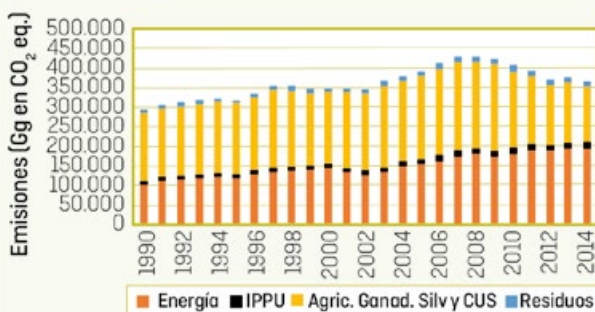
El gráfico 2 muestra la participación de las emisiones del sector dentro del total nacional al año 2014 y su composición según categorías.

El cálculo de las emisiones de cada categoría exige datos de actividad (número de animales, toneladas de fertilizantes y de rastrojo, superficies cultivadas, biomasa, etc.) y factores de emisión. El producto entre ambos (datos de actividad x factores de emisión) da lugar a la emisión de un determinado GEI.

A continuación, se presentan en forma muy sucinta las fuentes de emisión de las categorías mencionadas

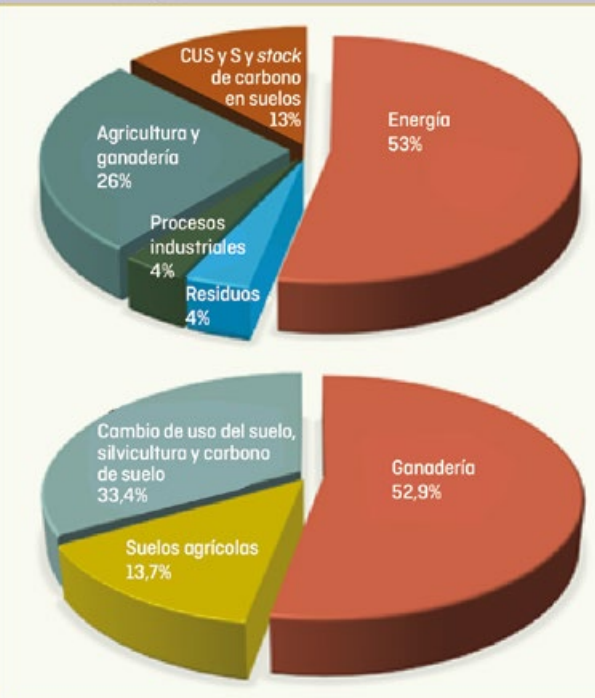
para el sector AFOLU, y las contabilizadas por categoría en nuestro país. Para profundizar en el detalle del cálculo y los datos de actividad y factores de emisión utilizados, se pueden consultar los reportes de inventarios nacionales en el sitio web del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (<http://www.argentina.gob.ar/ambiente>), ya que son documentos públicos y de libre acceso.

Gráfico 1. Serie histórica de emisiones de GEI de la Argentina para los sectores reportados en los inventarios nacionales, según metodología IPCC 2006



Fuente: Elaboración propia con datos del BUR 2014.

Gráfico 2. Composición de las emisiones GEI totales de la Argentina a 2014 (arriba); y distribución de emisiones dentro de los sectores agrícola, ganadería, cambio de uso del suelo y silvicultura (abajo)



Fuente: BUR 2014 (MAyDS, 2017).

Fuentes de emisión ganaderas

Las distintas ganaderías (bovina de carne y leche, ovina, porcina, aviar) contribuyen a la generación de GEI únicamente con dos gases: el CH_4 y el N_2O . La generación de CO_2 debida a la respiración de los seres vivos se encuentra en un ciclo de equilibrio con el ambiente, por lo tanto, no se contabiliza.

Al aplicar la metodología de cálculo IPCC 2006, las fuentes de emisión pueden caracterizarse según se muestra en el cuadro 1.

Emisiones debidas al proceso de fermentación entérica

El metano se produce en los herbívoros como subproducto de la fermentación entérica, un proceso digestivo por el cual los microorganismos alojados en el rumen descomponen las fibras vegetales en moléculas simples para su absorción. El método de cálculo de emisiones de esta categoría requiere datos de población de animales (*stock*), diferenciación del ganado en subcategorías, regionalización y características de la dieta.

Emisiones debidas a la gestión del estiércol de la producción intensiva

Los sistemas de producción intensivos son aquellos que implican algún grado de concentración de animales y, con ello, una zona donde se acumulan las deyecciones (sólidas y líquidas). Su gestión comprende el almacenamiento y tratamiento posterior que, según las cantidades, consisten en procesos mayoritariamente anaeróbicos bacterianos que liberan metano (CH_4). La emisión de este gas depende de la cantidad de excretas producidas y del sistema de gestión del residuo.

En forma paralela, durante el almacenamiento y tratamiento también se producen emisiones directas e indirectas de N_2O debidas a procesos de nitrificación, desnitrificación y volatilización. Las emisiones directas son producto de la desnitrificación de nitratos en condiciones anaeróbicas; las indirectas surgen de la deposición atmosférica de una porción del nitrógeno amoniacal

que se libera por volatilización y desnitrificación del nitrógeno que llega a cuerpos de agua por lixiviación y escurrimiento. La fracción de nitrógeno orgánico excretado que se mineraliza a nitrógeno amoniacal durante la recolección y el almacenamiento del estiércol, depende fundamentalmente del tiempo y, en menor grado, de la temperatura.

Emisiones debidas a las deyecciones en pasturas y pastizales por animales en pastoreo (FPRP)

Las deyecciones de animales en pastoreo producen emisiones de N_2O generadas por los tres procesos descritos (nitrificación, desnitrificación y volatilización). A ellos se suman pérdidas de nitrógeno que llega a los cuerpos de agua por escurrimiento superficial y lixiviación a través de los macroporos del suelo.

Las emisiones de N_2O dependen fundamentalmente del número de animales, de la categoría animal –que determina la tasa de excreción de nitrógeno– y del tiempo de pastoreo.

Inventario del sector ganadero

Si se analiza la participación de las emisiones del sector ganadero en los inventarios GEI del período 2010-2014, se observa que éstas pasaron de 68.446 Gg de CO_2eq en 2010 a 76.405 Gg de CO_2eq en 2014. Este incremento se explica por el aumento del *stock* ganadero nacional en ese período, que representó el 52,9% del total de emisiones del componente AFOLU en 2014.

En cuanto a la composición de las emisiones del subsector ganadero en nuestro país, el total puede ser caracterizado desde dos enfoques: a) al identificar la importancia relativa de las fuentes de emisión, y b) al identificar la importancia relativa de las categorías animales que la conforman (bovinos, ovinos, porcinos y otras ganaderías).

Las fuentes de emisión de GEI son lideradas por la categoría *fermentación entérica*, con un 71% del total, seguida de las emisiones por *excretas en pastoreo (FPRP)*. La participación de esta última categoría en ganadería representa cerca del 26,5% de las emisiones (gráfico 3). Es importante tener en cuenta que en muchos inventarios, la categoría de FPRP suele reportarse dentro de suelos agrícolas, cuando en realidad son originadas por la actividad ganadera.

Al analizar la importancia de las categorías animales en las emisiones del sector, se observa que las participaciones relativas a través del tiempo no presentan grandes variaciones. El 95% de las emisiones acumuladas por la actividad ganadera proviene de tres producciones: bovinos de carne (80%), bovinos de leche (11%) y

Cuadro 1. Fuentes de emisión de GEI en ganadería

Fuente de emisión	Tipo de gas emitido
Fermentación entérica producida por el ganado rumiante	CH_4
Gestión del estiércol de la producción intensiva	$\text{CH}_4, \text{N}_2\text{O}$
Deyecciones en pasturas y pastizales por animales en pastoreo (FPRP)	N_2O

Fuente: IPCC, 2006.

producción ovina (4%). El 5% restante corresponde a otras ganaderías reportadas como porcinos, aves, caprinos, equinos, etcétera.

Fuentes de emisión agrícolas

El subsector *suelos agrícolas* abarca fuentes particulares de emisión de GEI que están descritas en la directriz IPCC 2006. Dichas fuentes corresponden a la descomposición de residuos agrícolas y fertilizantes, a la quema de biomasa y al cultivo de arroz. El cuadro 2 presenta las fuentes de emisión con sus respectivos gases.

Emisiones de N₂O y de CO₂

Tal como ocurre en ganadería, las emisiones de N₂O en suelos agrícolas pueden ser directas o indirectas. Las emisiones directas provienen de la nitrificación y desnitrificación, mientras que las indirectas se relacionan, por un lado, con la volatilización de nitrógeno como amoniacal y posterior deposición en la atmósfera de N₂O. Por el otro, tienen que ver con el escurrimiento y lixiviación del nitrógeno que llega a cuerpos de agua y es posteriormente desnitrificado por la flora acuática.

Ambas están asociadas a pérdidas de nitrógeno que tienen lugar durante el ciclo productivo y se contabilizan en las siguientes subcategorías:

- Nitrógeno de residuos agrícolas que es reincorporado a los suelos. Incluye el proveniente de cultivos fijadores de nitrógeno y la renovación de forraje y pasturas.
- Nitrógeno de fertilizantes nitrogenados sintéticos
- Nitrógeno de fertilizantes orgánicos, como estiércol, compost, etc.
- Nitrógeno mineralizado resultante de la pérdida de carbono orgánico en suelos minerales por cambios en el uso de la tierra o de manejo del suelo. Esta fracción se contabiliza y reporta junto con las emisiones de cambios en el *stock* de carbono de los suelos, como se detallará más adelante.

En segundo lugar, se contabilizan las emisiones de CO₂ generadas por la hidrólisis de la urea aplicada. La acción de la enzima ureasa descompone la urea en amonio y bicarbonato; luego, este último se descompone en CO₂ y agua. Ese gas es liberado a la atmósfera.

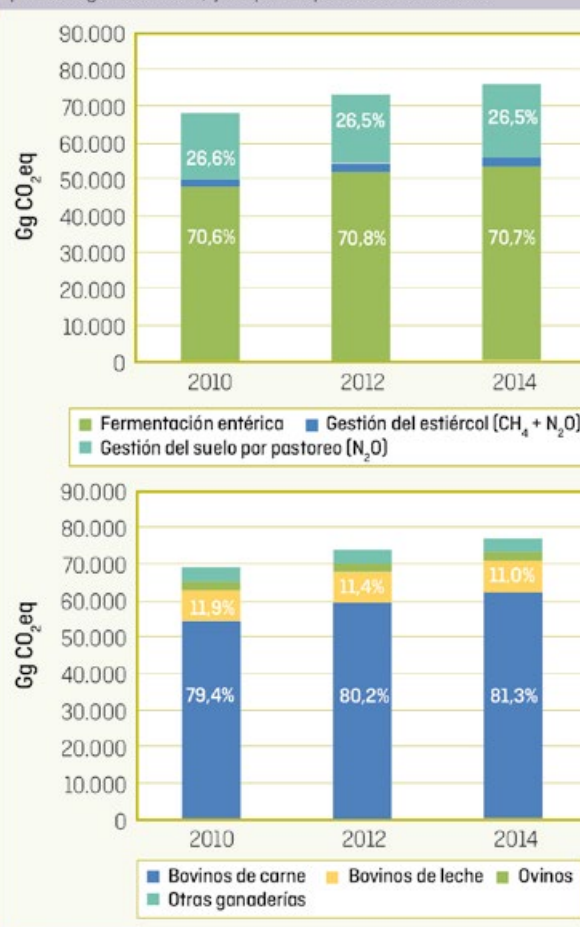
Emisiones de GEI no CO₂

El quemado de biomasa puede tener lugar como práctica habitual en el ciclo productivo de los cultivos o puede provenir de la quema prescrita de sabanas. Como se mencionó, los gases que se emiten son CH₄,

N₂O, CO y otros óxidos de nitrógeno (NO_x).

Hoy en día, la producción de caña de azúcar es el único cultivo en nuestro país en que la quema es una práctica relevante. En forma paralela, la quema prescrita de sabanas ha sido incluida en los inventarios nacionales. Si bien la quema de biomasa es también una fuente de emisión en el proceso de cambio de uso de tierras por deforestación, sus emisiones son informadas

Gráfico 3. Emisiones de la ganadería por fuentes de gases y por categoría animal, y su participación en el sector



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 2. Fuentes de emisión de GEI en el subsector suelos agrícolas

Fuente de emisión	Tipo de gas emitido
Emisiones de N ₂ O de los suelos gestionados y emisiones de CO ₂ derivadas de la aplicación de urea	N ₂ O, CO ₂
Emisiones de otros gases de efecto invernadero (no CO ₂) a partir del quemado de biomasa	CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO
Emisiones de CH ₄ por el cultivo de arroz	CH ₄

Fuente: IPCC, 2006.

en el cálculo de emisiones por cambio de uso de tierras que se explica más adelante.

Emisiones de CH₄ por el cultivo de arroz

El arroz genera emisiones de CH₄ cuando se encuentra bajo inundación. Por lo tanto, dependen del manejo que se aplique en el cultivo y del período que pase bajo el agua. Cuanto más tiempo permanezca inundado, mayores serán las emisiones de CH₄.

Inventario del sector agrícola

Al analizar la participación de las emisiones asociadas a la agricultura en los inventarios GEI de 2010 a 2014, se advierten emisiones por 15.957 Gg CO₂eq en 2010; 15.128 Gg CO₂eq en 2012 y 19.731 Gg CO₂eq en 2014, que representan el 13,6% del total de emisiones del componente AFOLU en el último inventario.

Sin embargo, este incremento no debe leerse como un proceso de pérdida de eficiencia de los sistemas productivos. Las emisiones dependen tanto de la superficie cultivada como de la producción anual, que determinan la biomasa total de residuos, aérea y subterránea. El aumento de la superficie sembrada, las mejoras en la productividad de los cultivos y los factores climáticos que puedan afectarlos generan variaciones en las emisiones del sector.

Dentro de las categorías que conforman el subsector *agricultura*, las de mayor relevancia son las emisiones generadas por los residuos agrícolas y por la aplicación

de fertilizantes nitrogenados. En el gráfico 4, la categoría *FSN* (fertilizantes sintéticos nitrogenados) representa las emisiones directas e indirectas de N₂O provenientes de fertilizantes nitrogenados, mientras que la categoría *urea* ilustra las emisiones de CO₂ provenientes de la hidrólisis de este compuesto.

En menor medida, se generan emisiones por el cultivo de arroz o por la quema de biomasa generada por la producción de caña de azúcar. La quema de sabana tiene poca incidencia en las emisiones totales del sector, aunque como esta subcategoría tiene amplia variabilidad y poco relevamiento puede registrar grandes variaciones de un año a otro.

Cambios de uso del suelo, silvicultura y cambios en el stock de carbono

Las emisiones correspondientes a este subsector representaron el 13% de las emisiones totales de nuestro país en 2014 y el 33,4% del total referido al sector AFOLU.

Las fuentes de emisión de GEI de este subsector junto con los gases respectivos se describen en el cuadro 3.

Cambios en la biomasa forestal (silvicultura)

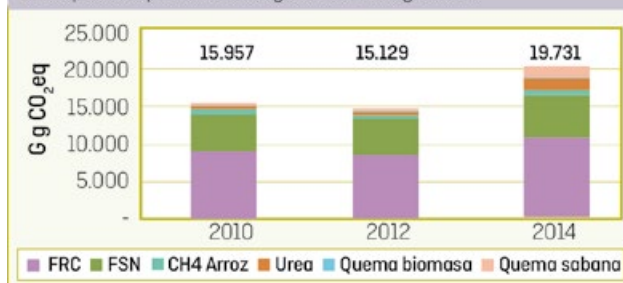
En términos simples, las emisiones anuales del sector forestal se calculan como la diferencia entre las capturas y las emisiones de carbono.

Las capturas de carbono corresponden al crecimiento anual de la biomasa forestal; las emisiones, a la extracción anual de productos forestales. Esto abarca los bosques implantados y los bosques nativos intervenidos; se asume que estos últimos permanecen como tales, sin emisión antrópica.

En el último inventario nacional (2014) se utilizaron las áreas informadas por la Dirección de Bosques del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (MAyDS) y del Ministerio de Agroindustria de la Nación para calcular el crecimiento anual de bosques implantados (eucaliptus, coníferas, salicáceas y otras especies). Las tasas de crecimiento utilizadas provinieron de bibliografía nacional y del MAyDS para especies implantadas y nativas. Asimismo, los coeficientes de expansión y conversión para biomasa (BCEFr) utilizados corresponden a valores por defecto de IPCC 2006 para especies implantadas, y a valores FRA 2015 (*Forest Resource Assessment*) para especies nativas.

Las áreas en crecimiento para la categoría *bosque nativo intervenido* fueron estimadas a partir de la cantidad de productos forestales extraídos (rollizos, leña, carbón, durmientes, etc.), relacionando el volumen comercial en

Gráfico 4. Variación de la participación de las fuentes de emisión que componen la categoría suelos agrícolas



Fuente: BUR 2014 (MAyDS, 2017).

Cuadro 3. Fuentes de emisión de GEI del subsector cambio de uso del suelo y silvicultura

Fuente de emisión	Tipo de gas emitido
Cambios en la biomasa forestal (silvicultura)	CO ₂
Conversión de bosques y otras tierras (cambios de uso)	CO ₂
Quema <i>in situ</i> de bosques por conversión de tierras	CH ₄ CO ₂ N ₂ O NO _x
Tierras abandonadas (recuperación de biomasa)	CO ₂
Cambio en el stock de carbono del suelo	CO ₂ , N ₂ O

Fuente: IPCC, 2006.

pie (m³/ha) para cada región forestal reportada en FRA 2015 y las Series Estadísticas Forestales 2001-2014 de la Dirección de Bosques del MAyDS³.

Las capturas y emisiones generadas en bosques nativos e implantados en el año 2014 se presentan en el cuadro 4. Este sector presentó una captura neta de carbono; es decir, una emisión negativa de 3638 Gg de CO₂eq., lo que implica que el crecimiento de la biomasa forestal fue mayor a la extracción de productos.

Conversión de bosques y de otras tierras y quema *in situ* de bosques nativos

El cálculo de emisiones por conversión de tierras o cambio de uso del suelo (CUS) implica la determinación de la superficie anual de cambio de uso y las biomásas previas y posteriores a dicho cambio. En esta categoría, las emisiones provienen de dos fuentes:

- La emisión neta de carbono generada por la diferencia entre la biomasa previa al cambio de uso y la del cultivo posterior a dicha conversión. Dichas biomásas incluyen las fracciones aérea y subterránea, y son afectadas por la superficie de cambio de uso.

$$\text{Emisión neta (CO}_2\text{)} = [\text{Biomasa anterior (CO}_2\text{/ha)} - \text{Biomasa posterior (CO}_2\text{/ha)}] \times \text{Área anual de CUS (ha)}$$

- Emisiones de otros gases no CO₂ generados por la quema de residuos vegetales en el proceso de conversión de tierras (quema *in situ* de raíces, ramas, cordones, etc.).

En los inventarios 2010, 2012 y 2014, las superficies de cambio de uso del suelo provenientes de la conversión de bosques nativos a pasturas y cultivos (anuales y perennes) fueron estimadas sobre la base de dos fuentes de información: a) relevamientos satelitales realizados por la Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF) de la Dirección de Bosques (MAyDS), y b) estadísticas agrícolas a nivel departamental del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

En el proceso de compilación de inventarios GEI se compararon las áreas de suelos gestionados al inicio y al final del período analizado. Dichos suelos comprenden las tierras ocupadas con cultivos agrícolas, pasturas implantadas y plantaciones forestales. Sus variaciones implican un cambio de uso que puede provenir de: a) bosques nativos por deforestación; b) intervención de pastizales no gestionados; c) cambios de uso entre las categorías mencionadas de suelos gestionados.

El significativo incremento del área agrícola registrado a partir del año 2000 está asociado principalmente a la conversión de tierras provenientes de la deforestación de bosques nativos y de la roturación de pastizales. A su vez, se registran cambios de uso por deforestación con destino a pasturas y plantaciones forestales, como así también de pasturas implantadas a cultivos anuales y viceversa.

Los cuadros 5 y 6 ilustran la incorporación de 9.646.320 hectáreas a la producción agrícola, ganadera y forestal en el período 2002-2014, a una tasa promedio anual de 808.000 hectáreas. Dicha superficie provino en un 45% de la deforestación de bosques nativos y en un 55% de la incorporación de pastizales naturales.

Cuadro 4. Emisiones y capturas de carbono para el sector forestal en 2014

		Emisión por extracción de productos forestales (Gg de CO ₂)	Captura por crecimiento (Gg de CO ₂)	Emisión neta (Gg de CO ₂)
Bosque nativo	Bosques andino-patagónicos	145	81	64
	Espinal	342	64	277
	Monte	180	29	152
	Parque chaqueño	4800	1174	3626
	Selva misionera	151	361	-210
	Selva tucumano-boliviana	93	65	27
Bosques implantados (todos los climas)	Coníferas	9198	21.556	-12.357
	Eucaliptos	12.088	8181	3907
	Otras	175	171	4
	Salicáceas	2818	1945	873
Total		29.990	33.627	-3638

Fuente: BUR 2014 (MAyDS, 2017).

³ Para profundizar en el detalle de los cálculos y la información utilizada, referirse a los informes de inventarios de la TCN y BUR2, disponibles en el sitio web del MAyDS de la Nación.

Cabe destacar la participación creciente del cambio de uso de suelos provenientes de tierras no forestales y la disminución de la tasa de deforestación registrada desde el año 2010. La superficie deforestada en 2014 fue de 185.606 hectáreas, un área significativamente menor a la superficie deforestada anual promedio de 389.000 hectáreas correspondientes al período 2000-2010.

Con relación a las biomásas consideradas en las áreas de cambio de uso del suelo, se utilizaron fuentes locales y valores de la guía IPCC 2006. Las biomásas aéreas de bosques nativos por región forestal fueron proporcionadas por la UMSEF (FRA, 2015) y se detallan en el cuadro 7. La biomasa total considerada corresponde a la suma de la biomasa aérea y de las raíces, según correspondan a tierras forestales u otras tierras forestales. La biomasa de raíces se estimó según la relación raíces/biomasa aérea, proporcionada por UMSEF para las regiones forestales que presentaron cambio de uso del suelo. La proporción de raíces en relación con la biomasa aérea varió entre 0,24 y 0,28 según región forestal.

La biomasa de cultivos anuales considerada fue de 10 toneladas de materia seca por hectárea para todas las regiones climáticas, en tanto que la biomasa de pastizales y pasturas fue de 6,1 t de MS/ha en regiones secas (subtropical y templado-cálida), y de 13,5 t de MS/ha en regiones húmedas. Estas cifras corresponden a los valores listados por defecto en las tablas 5,9 y 6,4 de la directriz IPCC 2006.

La figura 2 presenta el mapa de regiones forestales del país y su discretización a nivel departamental. Dicha información fue utilizada para el cálculo de emisiones

por cambio de uso del suelo según región forestal, mediante la comparación cruzada del área deforestada y de áreas cultivadas a nivel de departamento, relevadas por el Ministerio de Agroindustria de la Nación.

Emisiones por conversión de tierras

Las emisiones generadas por cambios de uso del suelo provienen principalmente de la conversión de bosques nativos por deforestación, mientras que la conversión de pastizales da lugar a una emisión neutra o a una captura neta de carbono.

Paralelamente, la quema *in situ* de biomasa en el proceso de deforestación genera emisiones de CH₄, N₂O, CO y otros óxidos de nitrógeno (NO_x). El cuadro 8 presenta las emisiones del sector *cambio de uso del suelo* en el año 2014 por conversión de tierras y quema *in situ*. En ese año no se hallaron superficies de conversión de

Cuadro 7. Biomásas utilizadas para los cálculos de emisiones por cambios de uso del suelo en bosques nativos por región forestal para tierras forestales y otras tierras forestales

Región forestal	Biomasa aérea y subterránea (t de MS/ha)	
	Tierras forestales	Otras tierras forestales
Espinal	135	98
Monte	46	24
Parque chaqueño	165	84
Selva misionera	321	59
Selva tucumano-boliviana	255	89

Fuente: BUR 2014 (MAyDS, 2017).

Cuadro 5. Suelos gestionados e incorporación de nuevas tierras por cambios de uso de suelos provenientes de pastizales y bosques nativos

Suelos gestionados	2002	2010	2012	2013	2014	Variación 2002-2014
Área agrícola efectiva (ha)	24.273.728	31.445.060	33.597.322	32.931.220	33.834.740	9.561.012
Área efectiva con forrajeras (ha)	8.075.050	6.913.395	6.809.018	8.051.241	7.944.195	-130.855
Plantaciones forestales (ha)	835.630	1.033.450	1.051.793	1.051.793	1.051.793	215.163
Suelos gestionados (ha totales)	33.184.408	39.391.905	41.458.133	42.034.255	42.830.729	9.646.320

Fuente: BUR 2014 (MAyDS, 2017).

Cuadro 6. Áreas de cambio de uso de suelos provenientes de bosques nativos y pastizales naturales en el período 2002-2014

Períodos	2002-2010	2010-2012	2013	2014	Incremento 2002-2014
Área inicial de suelos gestionados (ha)	33.184.408	39.392.408	41.457.843	42.033.965	
Cambios de uso de suelos provenientes de bosque nativo (ha)	3.502.000	461.000	230.689	185.606	4.379.295
Cambios de uso de suelos provenientes de pastizales (ha)	2.706.000	1.604.435	345.433	610.868	5.266.735
Área al final del período (ha)	39.392.408	41.457.843	42.033.965	42.830.438	9.646.030

Fuente: BUR 2014 (MAyDS, 2017).

bosques nativos a plantaciones forestales, aunque hubo registro de este cambio de uso del suelo en inventarios anteriores para la selva misionera.

Tierras abandonadas (recuperación de biomasa)

Esta categoría no fue incluida en el inventario nacional por no existir relevamientos de áreas significativas.

Cambios en el stock de carbono del suelo

La emisión por cambios en el *stock* de carbono en suelos gestionados ha sido calculada de acuerdo con la metodología Nivel 1 de la guía IPCC 2006.

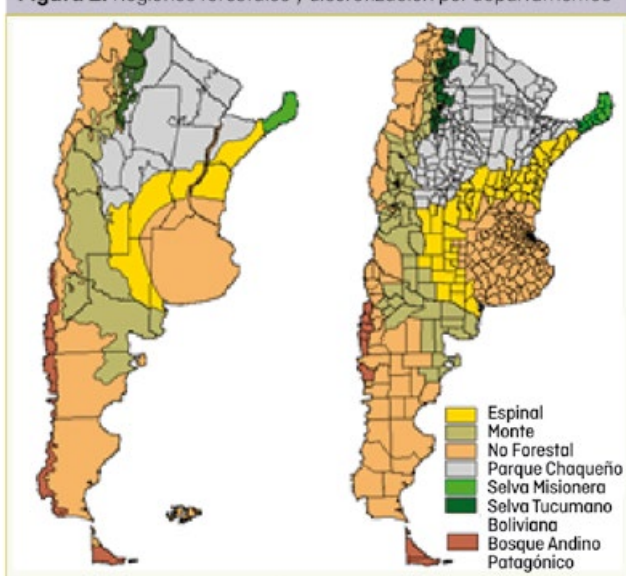
En forma simplificada, este sistema considera la variación anual de carbono en los primeros 30 centímetros del suelo para un período de 20 años, a partir de un valor de referencia según órdenes de suelo. Al comienzo, el carbono es afectado por un factor de uso FLU (cultivos agrícolas, pasturas o forestal), un factor de manejo FMG (sistema de labranza) y un factor de intensificación FI (según nivel de fertilización, rotaciones, etc.). Dichos factores están tabulados y varían según las distintas regiones climáticas.

Los valores de carbono según tipo de suelo se asignaron por departamento, de acuerdo con el orden de suelo predominante. El mapa de la figura 3, antes mencionado, presenta los valores de referencia y fue elaborado sobre la base de la combinación de los valores IPCC 2006 y del *Atlas digital de suelos de la República Argentina*, del INTA, como así también del mapa de regiones climáticas según IPCC para asignar factores según clima.

En el caso de nuestro país, el factor más relevante en este cómputo es el referido al sistema de labranza (FMG), que “premia” a los de labranza reducida y siembra directa con relación al convencional. La directriz 2006 incluye valores por defecto para el factor FMG (tabla 5.5. guía IPCC 2006) que varía desde 1 para labranza convencional, a 1,10 o 1,22 para siembra directa, según se trate de climas templados o tropicales.

En el inventario 2014, los factores de labranza utilizados surgieron de la ponderación del área por sistema de labranza, considerando 78% para siembra directa y 22% para labranza convencional, resultando en un valor de 1,17 para las regiones subtropicales húmeda y seca

Figura 2. Regiones forestales y discretización por departamentos



Fuente: TCN, 2015 [SAvDS, 2015].+

Cuadro 8. Emisiones de GEI por conversión de tierras en 2014

Emisiones por cambio de uso del suelo [2014]	Conversión de tierras CO ₂ (Gg)	Quema <i>in situ</i> (Gg)			
		CH ₄	CO	N ₂ O	No _x
<i>Tierras agrícolas</i>					
a. Conversión a tierras agrícolas	16.805				
a.1. Conversión de bosques a tierras agrícolas	18.698	19,8	558,4	1,8	33,5
a.2. Conversión de pastizales y pasturas a tierras agrícolas	-1.894				
<i>Pasturas y pastizales</i>					
b. Conversión a pasturas	33.043				
b.1. Conversión de bosques a pasturas	32.366	30,2	853,08	2,76	51,18
b.2. Conversión de tierras agrícolas a pasturas	677				
Emisiones totales en 2014 por conversión de tierras	49.848	49,9	1411,4	4,6	84,7

Fuente: BUR 2014 [MAyDS, 2017].

(entre 1 y 1,22 para labranza convencional y siembra directa, respectivamente) y un valor de 1,13 para las regiones templado-cálidas, húmeda y seca (ponderado entre 1 para labranza convencional y 1,17 para siembra directa).

Las emisiones por cambios en el *stock* de carbono en el suelo no habían sido reportadas en los inventarios

1990, 1994 y 1997, mientras que en el BUR 2014 se estimaron las emisiones promedio para el período 1990-2000. Se utilizó un factor de labranza o de manejo FMG = 1 para todas las regiones, asumiendo un predominio de labranza convencional.

Con relación al *stock* de carbono en el suelo, la metodología IPCC 2006 introdujo la emisión de N₂O asociada a la fracción de nitrógeno que se mineraliza en el proceso de descomposición de la materia orgánica. El cuadro 9 presenta las emisiones de estas categorías para el período 1990-2000 y los inventarios siguientes. El avance de la siembra directa dio lugar a una disminución en las emisiones, reportando secuestro en los últimos años.

Serie histórica de emisiones del sector agropecuario

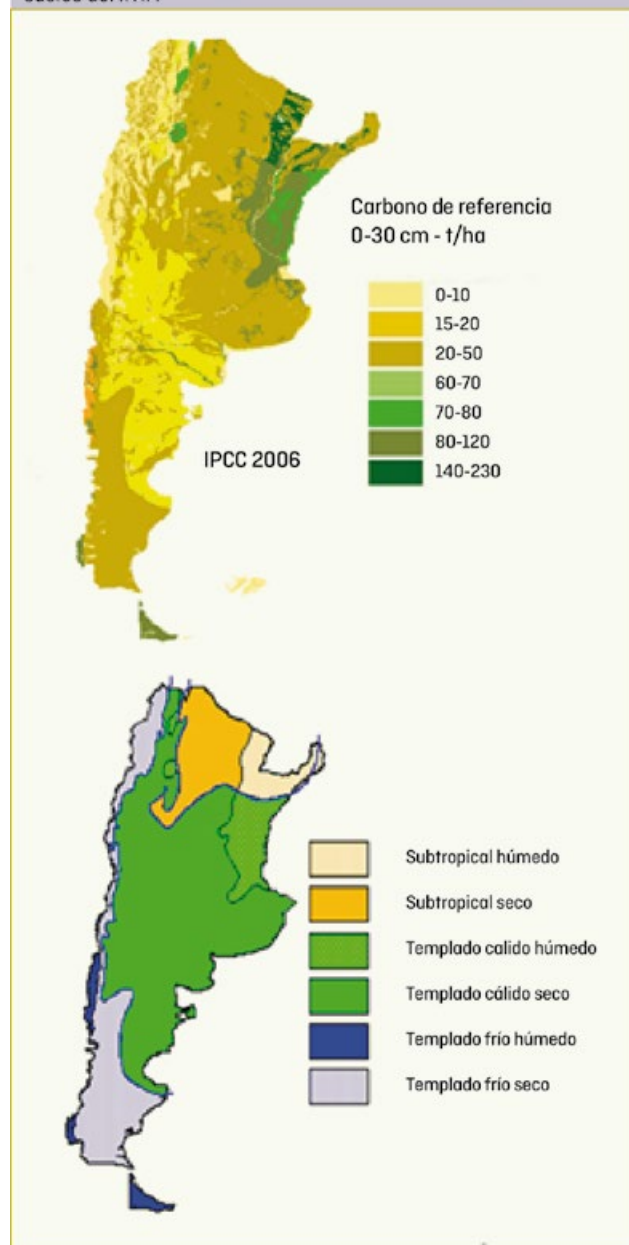
El gráfico 5 presenta la serie histórica de emisiones del sector *agricultura, ganadería, cambios de uso del suelo y silvicultura*, recalculadas y corregidas en el último BUR 2014. La disminución de emisiones registrada a partir del año 2010 se explica fundamentalmente por la tasa de deforestación decreciente.

Emisiones de la Argentina en el mundo

Nuestro país genera entre el 0,70 y el 0,78% de las emisiones de gases de efecto invernadero de todo el mundo, según la fuente de datos que se utilice.

Se registra cierta dificultad para establecer la contribución exacta de los países a las emisiones totales, porque no todos utilizan la misma metodología de cálculo: algunos países aún reportan con las D-IPCC 1996, y también existen diferencias en el año reportado.

Figura 3. Mapas de carbono de referencia y regiones climáticas utilizados para los inventarios 2010, 2012 y 2014 de acuerdo con la directriz IPCC 2006 y órdenes de suelos del Atlas digital de suelos del INTA



Fuente: BUR 2014 (MAYDS, 2017).

Cuadro 9. Emisiones anuales por cambios en el *stock* de carbono en suelos gestionados

Año	Cambio neto en el carbono de suelos minerales (Gg)	Emisión directa anual (Gg de CO ₂)	Emisión indirecta anual N ₂ O (Gg de CO ₂ eq)	Emisión total anual (Gg CO ₂ eq)
1990-2000	3126	11.463	1015	12.478
2010	1904	6984	619	7603
2012	264	969	86	1055
2014	-128	-469	-	-469

Fuente: BUR 2014 (MAYDS, 2017).

La participación porcentual de la Argentina en las emisiones globales según el Segundo Reporte Biental, que estima las emisiones al año 2014, y según las directrices del IPCC 2006, fue de 0,7% del total de emisiones informadas en *The emissions gap report (UNEP, 2016)*⁴. Por otra parte, a partir de información de 2012, el *Climate Data Explorer (CAIT)* del *World Resources Institute (WRI)* revela una participación porcentual de nuestro país en las emisiones globales de GEI del 0,76%, excluyendo CUSS (cambio de uso del suelo y silvicultura) y *bunker fuels*⁵. De acuerdo con esta estimación, la Argentina se encontraría en el puesto 19 en relación con el resto de los países, si se contabiliza en valores absolutos. Sin embargo, esta posición se modifica si las estimaciones se calculan *per cápita* o por superficie país.

Opciones de mitigación en agricultura

La mitigación es la intervención humana encaminada a reducir las fuentes de emisión o a potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero. Es uno de los objetivos de la CMNUCC y de los acuerdos subsiguientes, como el de París.

La búsqueda de estrategias de mitigación en el sector agropecuario es un tema de interés, debido a las posibilidades de secuestro de carbono que los ecosistemas pueden tener. Sin embargo, lograr secuestros de carbono que impacten significativamente sobre los inventarios nacionales no es tarea fácil.

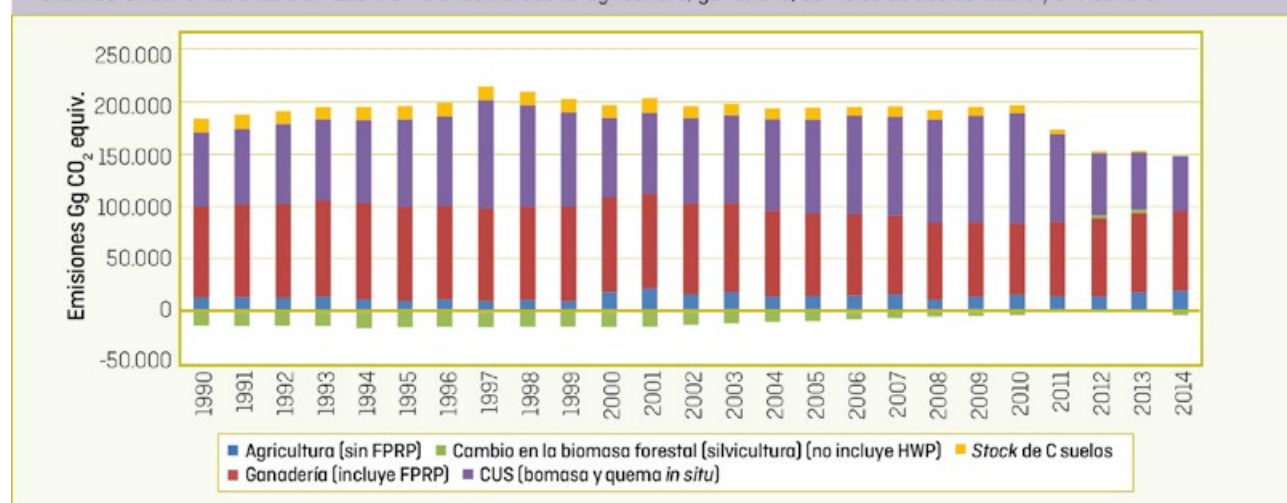
Algunas estrategias permiten reducir las emisiones, mientras que otras sólo permiten disminuir su intensidad: es decir, las emisiones por unidad de producto. Esta última, por ejemplo, es la estrategia más adecuada para mitigar emisiones en ganadería. En este sentido, puede mencionarse como antecedente el estudio *Evaluación de necesidades tecnológicas para la mitigación de emisiones de N₂O*. En dicho trabajo, realizado en 2012 –financiado por PNUMA y coordinado por el MinCyT–, el Movimiento CREA hizo su aporte en el capítulo referido al sector agrícola-ganadero (PNUMA, 2012)⁶, donde se evalúa mitigación en agricultura y ganadería, identificando barreras y costos.

Posteriormente, en el marco de la Tercera Comunicación Nacional se analizaron medidas de mitigación para cada sector: en agricultura se identificaron cinco medidas, que, en caso de implementarse, permitirían reducir las emisiones.

Un aspecto a destacar es que las medidas planteadas no sólo favorecen la reducción de emisiones de GEI, sino que también suponen un manejo sustentable de los recursos suelo y agua. Las medidas identificadas fueron las siguientes:

- Rotación de cultivos. Favorecer la rotación de cultivos con mayor participación de gramíneas permite reducir las emisiones totales, principalmente debido a una menor pérdida de carbono de los suelos por el aporte de materia orgánica que propician las gramíneas respecto de la soja y el girasol. El inconveniente de esta medida

Gráfico 5. Serie histórica BUR 2014. Emisiones del sector agricultura, ganadería, cambios de uso del suelo y silvicultura



Fuente: BUR 2014 (MAYDS, 2017).

⁴ Recuperado el 15 de julio de 2017: <http://www.unep.org/emissionsgap/>.

⁵ <http://www.wri.org/blog/2017/04/interactive-chart-explains-worlds-top-10-emitters-and-how-theyve-changed>.

⁶ UNEP-RISOE Centre - MinCyT - CREA. 2012. "Reporte IV Sector Agricultura. Tecnologías para optimizar el uso del Nitrógeno en las actividades agrícolas-ganaderas" en Evaluación de Necesidades Tecnológicas ante el Cambio Climático, Informe Final sobre Tecnologías de Mitigación, págs. 387-511.

es que difícilmente se vea reflejada en los inventarios futuros, en tanto no se pueda refinar el cálculo de cambios de *stock* de carbono, permitiendo reflejar rotaciones con mayores aportes de biomasa al sistema.

- Prácticas que permitan mejorar la eficiencia de uso del nitrógeno. El uso de fertilizantes nitrogenados es una de las principales fuentes de emisión de N²O. Utilizar inhibidores de la liberación de nitrógeno permitiría hacer un uso más eficiente del fertilizante, ya que se generarían menores pérdidas del nutriente, que puede ser aprovechado por el cultivo y, por ende, una menor emisión.
- Uso de fijadores biológicos de nitrógeno en gramíneas. Los fijadores biológicos de nitrógeno permiten reducir la cantidad de fertilizante aplicado al cultivo, ya que, parte del nitrógeno necesario para el desarrollo, es obtenido a través de la fijación biológica. El menor uso de fertilizantes reduce emisiones de N²O. Por otro lado, un misma dosis de fertilizante permitiría obtener mejores rindes, disminuyendo las emisiones por tonelada de grano producida.
- Tecnologías de aplicación de fertilizante. El uso de nuevas tecnologías, como la fertilización variable, permitiría mejorar la eficiencia en la aplicación del fertilizante. El producto aplicado varía según el sitio y su potencial de rendimiento.

Mitigación en ganadería

En nuestro país, el mayor impacto sobre las emisiones ganaderas reside en el sector de ganado bovino de carne. Es muy difícil lograr una disminución significativa de emisiones en rumiantes por cambios en la dieta. Por ello, la estrategia más difundida es la reducción de la intensidad de emisiones. Esto implica el aumento de la eficiencia de *stock* o del Índice de extracción del rodeo nacional, que dependen principalmente de la tasa de destete y del peso de faena.

Un incremento de la tasa de extracción permitiría lograr una mayor producción de carne con el mismo rodeo nacional de madres, lo que daría lugar a una disminución de las emisiones por kilos de carne producidos.

Mitigación en sector forestal y cambios de uso del suelo

Claramente, el sector forestal es el que cuenta con mayores posibilidades de incrementar el secuestro de carbono en nuestro país. Su potencialidad es amplia-

mente conocida y merece un capítulo aparte, debido a la complejidad del desarrollo de toda la cadena forestal y foresto-industrial.

Una ventaja adicional es que el incremento en la elaboración de productos de madera implica un secuestro de carbono que podría verse reflejado en los inventarios, aunque eso aún no ha ocurrido en nuestro país. Está previsto en la metodología IPCC 2006, bajo la categoría *Productos de madera recolectada* o *HWP*, por sus siglas en inglés, cuya inclusión permite incrementar las capturas de carbono del sector forestal. Los documentos de inventario del BUR 2014 incluyeron una estimación del secuestro actual por HWP, aunque no fue incluida en el informe final a la CMNUCC por carecer de tiempo para la revisión de las estadísticas de importación y exportación de productos de madera.

En cuanto a las emisiones asociadas al cambio de uso del suelo, la regulación de la deforestación y del planteo de sistemas de producción mixtos con baja remoción de biomasa (MBGI, por ejemplo), se perfilan como estrategias relevantes que implican beneficios ambientales extra en algunas regiones del país. La reducción de la tasa de deforestación en los últimos años tuvo un alto impacto en los inventarios GEI.

Escenarios esperados del cambio climático en la Argentina

■ Dr. Mario N. Nuñez

Investigador Superior del Conicet. Centro de Investigaciones del Mar y de la Atmósfera.
Profesor Emérito. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

El cambio climático es uno de los tópicos más estudiados en las últimas décadas debido a sus implicancias biológicas, ambientales y económicas (IPCC, 2014). La influencia humana en el sistema climático es clara y las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) actuales son las más altas de la historia. En el planeta, los recientes cambios climáticos han tenido efectos generalizados en los sistemas humanos y naturales.

Cambios observados en el sistema climático

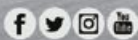
El calentamiento del sistema climático es un hecho; muchos de los cambios observados desde la década de 1950 no tienen precedentes. La atmósfera y el océano se han calentado, las cantidades de nieve y hielo han disminuido y aumentó el nivel del mar. Los datos com-



Innovation
that excites

NISSAN INTELLIGENT MOBILITY

NOS MUEVE LA MISMA PASIÓN



nissan.com.ar

NISSAN, SPONSOR OFICIAL
DE LA SELECCIÓN ARGENTINA



Consultá beneficios exclusivos para miembros CREA en
ventas.especiales@nissan.com.ar

binados de la temperatura terrestre y de la superficie del océano evidencian un calentamiento de 0,85°C durante el período que va desde 1880 hasta 2012 (IPCC, 2014). A escala global, el calentamiento oceánico es más pronunciado cerca de la superficie. Los 75 metros superiores se han calentado a razón de 0,1°C por década durante el período 1971-2010.

La causa principal reside en las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero que están aumentando desde la era preindustrial, impulsadas por el crecimiento económico y demográfico. Esta situación generó concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso sin precedentes en, al menos, los últimos 800.000 años. Sus efectos, junto con los de otros GEI, se detectan en todo el sistema climático y es muy probable que hayan sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX (IPCC, 2014).

A nivel mundial, el crecimiento económico y demográfico sigue siendo el motor de las emisiones de CO₂ provenientes de combustibles fósiles. Las evidencias de la influencia humana sobre el sistema climático crecen, y es muy probable que más de la mitad del incremento observado en la temperatura media mundial de la superficie entre 1951 y 2010 haya sido provocado por el aumento antropogénico de las concentraciones de GEI y de otros forzamientos. Estas variables han afectado el ciclo global del agua, probablemente desde 1960, y contribuyeron al retroceso de los glaciares. Asimismo, es muy probable que las incidencias antropogénicas hayan contribuido a la pérdida del hielo ártico desde 1979, tal como ocurre con el aumento en el contenido global de calor oceánico superior (0-700 metros) y con el ascenso del nivel medio global del mar observado desde los años 70.

Impacto global

El impacto del cambio climático es evidente en los sistemas naturales. En muchas regiones, el cambio de las precipitaciones o la fusión de la nieve y el hielo están alterando los sistemas hidrológicos y afectan los recursos hídricos en términos de cantidad y calidad. Como respuesta al cambio en curso, muchas especies terrestres – de agua dulce y marinas– han visto modificados su rango geográfico, las actividades estacionales, los patrones de migración, la abundancia y su interacción. La evaluación de diversos estudios que involucran una amplia gama de regiones y cultivos muestra que los impactos negativos del cambio climático sobre su rendimiento han sido mayores que los positivos.

Desde 1950 se observan cambios en los eventos climáticos extremos. Algunos de ellos se relacionan con la influencia del hombre, incluyendo la disminución en las temperaturas mínimas, un aumento en eventos cálidos (olas de calor), en el nivel medio del mar y en el número de días con tormentas severas en distintas regiones del planeta.

Cambios observados en la Argentina

Con relación al clima actual, diversos estudios desarrollados por investigadores argentinos demuestran que el sudeste de América del Sur –que comprende a la Argentina, Uruguay y el sudeste de Brasil– es una de las regiones donde se registraron los mayores cambios en los últimos 30 años. En gran parte de la Argentina no patagónica se produjo un aumento de temperatura de hasta medio grado entre 1960 y 2010; en el centro del país esa suba fue menor, registrando, incluso, una disminución en algunas zonas. La temperatura mínima experimentó mayores aumentos que la temperatura máxima, que sufrió disminuciones generalizadas en el centro del país. En la Patagonia, el aumento de temperatura fue mayor, superando en algunas zonas, 1°C. Contrariamente a lo que ocurre en el resto del país, allí la temperatura máxima experimentó un aumento mayor o similar a la mínima.

Los incrementos detectados en el este y norte argentinos en los índices relacionados con las temperaturas extremas son consistentes con el calentamiento observado en las temperaturas media y mínima. Las olas de calor aumentaron considerablemente en esas dos zonas, mientras que las heladas disminuyeron en la mayor parte de nuestro territorio. En estudios que llevaron a cabo Nuñez y coautores (2008) se encontró que los cambios observados en la temperatura no se debían únicamente a un incremento en la composición atmosférica de los gases de efecto invernadero, sino también a los cambios en el uso de la tierra.

En el período 1960-2010 las precipitaciones aumentaron en casi todo el país, aunque con diferencias regionales y variaciones interanuales. Sobre los Andes patagónicos, éstas registran una tendencia negativa; en los Andes cuyanos, los caudales de los ríos permiten inferir una tendencia decreciente desde comienzos del siglo XX, aunque con importantes variaciones. En el lapso mencionado, se registraron precipitaciones extremas más frecuentes en gran parte del país. A su vez, en el oeste, y notablemente en el norte del país, hubo una prolongación del período seco invernal (Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático).

Otro ejemplo de cambio es el retroceso de glaciares continentales como consecuencia de temperaturas más elevadas. Tal como ocurre con la pérdida de hielo antártico, en nuestra superficie continental existen evidencias de que la Cordillera de los Andes está experimentando cambios ambientales sin precedentes. Mediante la utilización de fotografías aéreas e imágenes satelitales, se documentó el retroceso de 48 glaciares en el área del Hielo Patagónico Sur. La evidencia indica que el cambio climático está reduciendo las reservas de agua cordillerana: por lo tanto, la provisión de hidroelectricidad y de agua potable podrían verse afectadas por deficiencias hídricas, que ya se perfilan en un futuro mediano.

Escenarios próximos y lejanos

El clima futuro dependerá de los cambios naturales y antrópicos que pueden modificarlo. Algunos de los forzantes naturales del clima, como los cambios en la radiación solar incidente en la Tierra o las modificaciones en la corteza terrestre, ocurren en escalas de tiempo de miles y millones de años, y no es esperable que sean responsables de cambios significativos en el clima futuro. En cambio, hay certeza de que, debido a los actuales niveles de concentración de GEI en la atmósfera, se producirán importantes modificaciones.

Para analizar posibles estados climáticos futuros, se puede recurrir a la utilización de escenarios climáticos. Éstos consisten en estimaciones del clima para las próximas décadas a partir de las emisiones presentes y futuras de GEI, de los cambios en el uso del suelo y acciones industriales, y de la misma población mundial. Con las estimaciones de las emisiones de gases de efecto invernadero es posible calcular su concentración en la atmósfera y, en conjunto con los modelos climáticos globales, trazar el escenario climático correspondiente.

Los escenarios climáticos no son pronósticos como los del tiempo, sino que refieren a posibles estados del clima que se suponen sobre la base de las concentraciones de gases de invernadero. Como se puede inferir, las suposiciones conllevan incertidumbre, por lo que es necesario contemplar una amplia gama de emisiones.

Los modelos climáticos son la herramienta más confiable para estimar los potenciales cambios que experimentará el clima en lo que resta del siglo XXI. Éstos consisten en un conjunto de programas informáticos que representan los procesos físicos y químicos de la atmósfera, de los océanos, de la criosfera, de la superficie terrestre y, en forma muy simplificada, de la biosfera.

En este trabajo se hace referencia a los resultados obtenidos en la Tercera Comunicación Nacional. En los estudios desarrollados para dicho evento (el autor es miembro del equipo consultor), se utilizaron modelos climáticos para estimar los cambios futuros en la Argentina continental.

Los escenarios climáticos del siglo XXI fueron calculados sobre dos horizontes temporales: clima futuro cercano (2015-2039), de interés para las políticas de adaptación, y clima futuro lejano (2075-2099), de carácter informativo sobre el largo plazo.

Los modelos se basan en escenarios representativos de trayectorias de concentración de gases de efecto invernadero (*RCP o Representative Concentration Pathways*), los cuales se distinguen por el forzamiento radiativo en watts por metro cuadrado al que llegarían en el año 2100. Las proyecciones fueron elaboradas sobre la base de dos escenarios denominados RCP4,5 y RCP8,5. El primero asume una evolución moderada de las emisiones globales durante el siglo XXI; el segundo, una evolución con fuerte crecimiento, similar a la actual.

Los cambios proyectados sugieren que durante el presente siglo la temperatura media aumentaría en todo el país en ambos escenarios. Si bien en el de futuro cercano la tasa de calentamiento sería más acelerada que la observada en las últimas décadas, el aumento de la temperatura media no dependería demasiado de los escenarios de emisiones de GEI, y sería de entre 0,5 y 1°C con respecto al presente. Hacia fines de siglo, el aumento proyectado es mayor.

En el segundo escenario, la región de mayor calentamiento sería la del noroeste argentino, con más de 3°C. En estos estudios, se usa el período 1986-2010 como correspondiente al clima presente, y es con respecto a ese período que se estiman los cambios en el futuro (clima de referencia). El aumento de la temperatura media proyectado es mayor en el norte que en el sur del país, con un *pico* en el noroeste.

En cuanto a la precipitación, no habría mayores cambios en un escenario cercano: se ubicarían entre -10 y 10% dentro del rango de posible error. Para el segundo escenario, a fin de siglo se proyecta un descenso de entre 10 y 20% sobre el oeste de la Patagonia y en la zona cordillerana de Mendoza, y un aumento similar (20%) en el centro y en la mayor parte del este del país.

En conclusión, las proyecciones de los modelos climáticos indican, en general, que los eventos de altas temperaturas y precipitaciones extremas seguirían aumentando en gran parte del territorio argentino, aunque los resultados obtenidos tienen significativos niveles de incertidumbre.

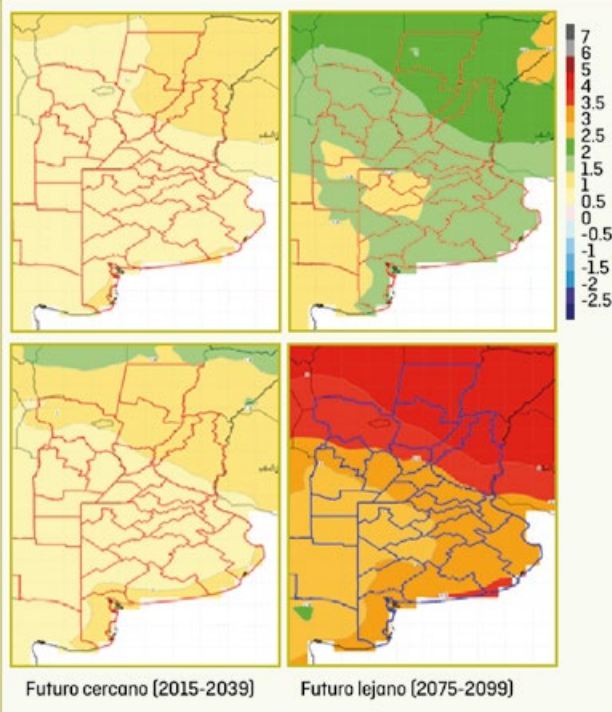
Impactos y adaptación

Como consecuencia del cambio climático, se observan diversos impactos sobre los sistemas naturales y sociales. Dada su importancia socioeconómica, sólo nos referiremos a los vinculados con la agricultura.

Los resultados de los modelos climáticos permiten obtener escenarios futuros de elementos meteorológicos tales como temperaturas máximas, mínimas y precipitación, que regulan el rendimiento de los cultivos agrícolas. Un conjunto adicional de modelos, que también se basan en hipótesis físico-matemáticas –los modelos agrícolas– permite obtener escenarios de rendimiento de cultivos en función de parámetros climáticos.

La pampa húmeda se encuentra entre las principales regiones agrícolas del mundo; allí se origina una importante proporción de la producción de cultivos de nuestro país. La exportación de cereales y oleaginosas representa más del 40% del total nacional. Dada la importancia de esta región, se muestran aquí resultados obtenidos en la Tercera Comunicación Nacional de los escenarios climáticos particulares para la pampa húmeda y, como consecuencia, los impactos posibles del cli-

Figura 4. Cambios proyectados en la temperatura máxima media anual respecto del período 1960-2010. Escenarios de emisiones moderadas (arriba) y mayores (abajo). La paleta de colores indica la magnitud de los cambios (grados): menores hacia los azules, mayores hacia los grises.



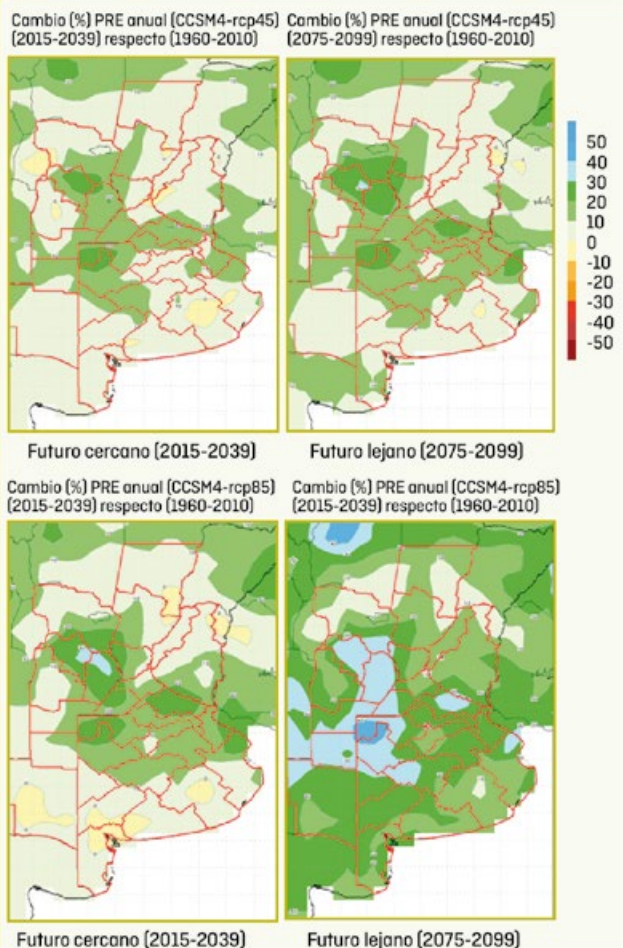
Fuente: 3CN.

ma futuro sobre la producción de maíz, trigo y soja.

En la figura 4 se ilustran los cambios esperados en las temperaturas máximas para el futuro cercano (2015-2039) y lejano (2075-2099), además de otros dos escenarios: uno de emisiones moderadas y otro donde estas son mayores. En el futuro cercano, el aumento de la temperatura máxima media anual no dependería en gran medida de los escenarios y rondaría 1° C en casi toda la región. En cambio, en el futuro lejano ese aumento dependería del escenario e iría desde 1° C hasta 4° C, siendo mayor en el norte que en el sur; en la zona núcleo, la temperatura sería de 3-3,5° C. En el futuro cercano el aumento sería de sólo 1° C.

Si bien no se muestran las figuras, también se proyectan cambios en la temperatura mínima media. En el

Figura 5. Cambios proyectados en la precipitación media anual respecto del período 1960-2010 [%]. Escenarios de emisiones moderadas (arriba) y mayores (abajo). La paleta de colores indica la magnitud de los cambios: menores hacia los rojos, mayores hacia los azules.



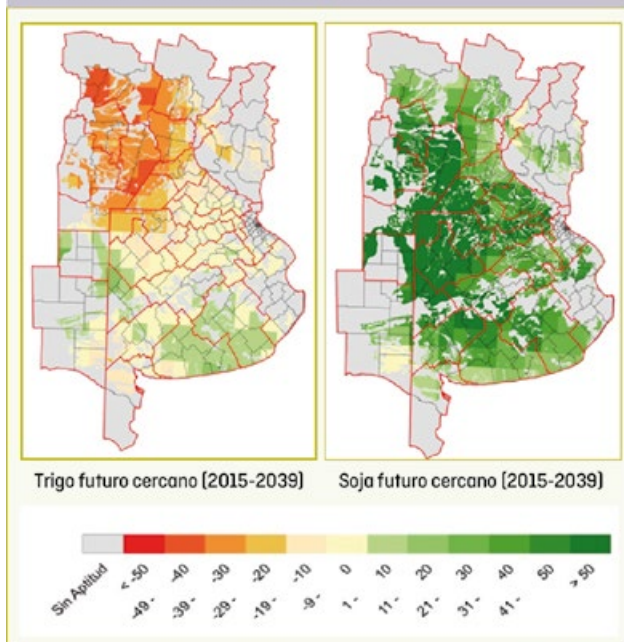
Fuente: Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina [SAyDS, 2015].

futuro cercano, el valor anual tampoco dependería mucho de los escenarios: oscilaría entre 0,5° C en el oeste de la región hasta 1,5° C en el noreste. En el futuro lejano, el aumento dependería del escenario e iría desde 1° C (futuro cercano) hasta 4,5° C (futuro lejano) y sería mayor en el norte que en el sur.

De manera similar, en la figura 5 se representan los cambios proyectados en la precipitación media anual en la región para el futuro cercano (201-2039) y lejano (2075-2099), y para dos escenarios: emisiones moderadas y mayores. En el futuro cercano, el aumento de la precipitación en la zona núcleo no dependería mucho de los escenarios y sería aproximadamente de 10 a 20%; al norte y al sur las proyecciones son negativas, alcanzando valores de -10%. En cambio, en el futuro lejano los cambios dependerían del escenario y llegarían hasta 30-40% de aumento en el caso de emisiones mayores.

En la figura 6 se observan los cambios esperados en los rendimientos de trigo y soja en el futuro cercano (2015-2039) en el escenario de mayores emisiones. De acuerdo con el modelo de cultivo utilizado, el impacto proyectado sobre el trigo es de -13,3% en promedio. A su vez, el impacto proyectado sobre la soja para el futuro cercano, de acuerdo con el modelo de rendimientos para ese cultivo, muestra un aumento promedio de 42,5%.

Figura 6. Diferencias estimadas de rendimientos [%] para el futuro cercano (2015-2039) para trigo (izquierda) y soja (derecha) en el escenario de emisión 8,5 (mayores emisiones). La paleta de colores indica la magnitud de los cambios: menores hacia los rojos, mayores hacia los verdes.



Fuente: Tercera Comunicación Nacional de la Rep. Argentina (SAyDS, 2015).

Si bien no se muestran las figuras, cabe señalar que en el futuro lejano, el trigo muestra un comportamiento diferente en cada escenario de emisión. Con bajas emisiones, ese cultivo experimentaría una disminución del rendimiento promedio de 9,9%, mientras que en un escenario de mayores emisiones registraría un aumento de la productividad media de 4,1%. En soja, los rendimientos se incrementarían en más del 50% en ambos escenarios, siendo incluso más elevados en el caso de mayores emisiones. Estos resultados se explican, entre otros factores, por el aumento de las lluvias.

Los fenómenos climáticos extremos aumentan la vulnerabilidad de los sistemas sociales y productivos. Por lo tanto, es necesario proponer tácticas de adaptación en función de las diferentes condiciones socioeconómicas como complemento a la adaptación propia de los sistemas naturales que ya se observa. Algunos estudios se centran en la vulnerabilidad del sector agrícola expuesto a eventos climáticos. En la región, el enfoque para la evaluación de riesgos y vulnerabilidades pone el acento en la escasez de agua y en los impactos del cambio global. La competencia por el uso del agua (agricultura, industria y consumo humano) provoca un aumento de la vulnerabilidad climática.

Con respecto a la adaptación de los cultivos al cambio climático en la región pampeana –en particular, para el trigo en el futuro cercano–, se comprobó que una táctica posible consiste en modificar las fechas de siembra, para evitar, en cierta medida, las deficiencias de lluvia proyectadas, en especial para el escenario de bajas emisiones. Adelantos o retrasos en las fechas de siembra en función de los cambios de lluvias y temperatura han dado buenos resultados. Por ejemplo, para el trigo, la estrategia de avance de la siembra en tres distritos de la región noroeste dio como resultado un aumento del 3,5 al 14% de la productividad (Tercera Comunicación Nacional. Agricultura y Ganadería).

Conclusiones

En general, los cambios medios anuales en temperaturas y precipitación son positivos; en particular, aumentan con el tiempo y con el escenario más extremo. Con respecto a los cambios estacionales, especialmente en lo que refiere a las temperaturas mínimas, se proyecta una leve baja en casi toda la región de estudio para el invierno. Esta disminución es coincidente con otra registrada en la precipitación invernal, que es coherente con la disminución de las temperaturas mínimas.

En general, para la región de estudio se proyecta una prolongación del período seco invernal y más días con

olas de calor, especialmente hacia el norte. Se esperan aumentos de temperaturas elevadas, precipitaciones extremas más intensas y más frecuentes, con posibles inundaciones.

En la región pampeana –la de mayor importancia para la agricultura nacional–, los modelos de productividad basados en los escenarios elaborados por los modelos climáticos que fueron usados en la Tercera Comunicación Nacional de nuestro país (SAyDS, 2015) indican que, en promedio, para los futuros cercano (2015-2039) y lejano (2075-2099) que consideran el efecto del CO₂, los rendimientos medios de soja y maíz

aumentarían en forma considerable y moderada, respectivamente, mientras que el cultivo de trigo sufriría leves reducciones, con algunas diferencias geográficas. Las pérdidas de productividad serían importantes en Córdoba y Santa Fe, mientras que en el sur y oeste de la provincia de Buenos Aires y en la zona productiva de La Pampa se vería beneficiado.

Las mejores condiciones climáticas pueden llevar a intensificar y extender las actividades del sector agrícola, lo que podría afectar su vulnerabilidad por el deterioro de las cualidades físicas o químicas del suelo y del agua, y la consiguiente pérdida de biodiversidad.

5

Deforestación y producción agropecuaria

El proceso de expansión de la frontera agropecuaria ligado a la deforestación ha sido central en nuestro país durante varios años. Esta cuestión constituye un claro ejemplo de “conflicto ambiental”, con todo lo que ello implica: visiones contrapuestas sobre costos y beneficios; discusiones técnicas y debate entre actores diversos; búsqueda consensuada de soluciones equilibradas y, finalmente, la definición de un marco regulatorio.

El presente capítulo aborda, en primer lugar, las causas y la magnitud de la conversión de bosques y otras tierras hacia la producción agrícola-ganadera en los últimos años. En segundo término, se enumeran las consecuencias –ya conocidas– que el cambio de uso del suelo tiene sobre algunos procesos de regulación del ecosistema. Al mismo tiempo, se mencionan las oportunidades de desarrollo que puede generar la expansión de tierras para la producción de alimentos, fibras, y otros bienes en provincias del norte argentino.

En tercer lugar, se describe el marco regulatorio actual, definido por la Ley de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos y sus instrumentos. Por último, se detalla brevemente el programa de las Naciones Unidas para la Reducción de Emisiones causadas por la Deforestación y la Degradación de los Bosques (REDD, por sus siglas en inglés), como ejemplo de incentivo para la conservación de bosques y su potencial impacto.

Cambios en el uso del suelo en la Argentina

- **Ing. Agr. Ph. D. Gabriel Vázquez Amábile**
Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Cátedra de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Facultad de Agronomía y Ciencias Forestales, Universidad de La Plata.
- **Abg. Eugenia Magnasco**
Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Fundación Torcuato Di Tella.

Los cambios en el uso del suelo en el país comenzaron a registrarse de manera significativa en el siglo XIX, fundamentalmente en la región pampeana, lo que resultó en el reemplazo de pastizales por sistemas ganaderos y agrícolas. En sus inicios, esta expansión estuvo relacionada esencialmente con el crecimiento demográfico y las políticas de ocupación y población del territorio, a las que luego se sumó la creciente demanda mundial de carne vacuna, trigo y otros cereales. Por último, a fines del siglo pasado fue el turno de la demanda de soja.

Desde comienzos del siglo XX, la mecanización agrícola permitió escalar la agricultura y extender sus horizontes, sumando nuevos actores al proceso productivo. Adicionalmente, los avances en el campo de la

genética y la biotecnología, la maquinaria agrícola, los agroquímicos y los fertilizantes potenciaron la capacidad del sector agropecuario. Esto determinó, en primera instancia, el avance sobre tierras de la región pampeana que hasta ese momento se consideraban marginales, y la deforestación de vastas zonas de monte del norte argentino. Este último proceso fue especialmente relevante en el período 1990-2010.

Desde la perspectiva de la economía clásica, puede decirse que la agricultura se apoya en tres factores de producción: tierra, capital y trabajo. En la actualidad, algunos autores agregan un cuarto factor denominado “capacidad organizacional”. En este sentido, se puede concebir el avance agrícola como una consecuencia lógica cuando la disponibilidad de capital y la oferta de trabajo (fuerza laboral, tecnología y conocimiento) se ven limitadas por la oferta de tierras.

Este proceso vivido en las últimas décadas en la región pampeana parece tener su réplica en los bosques ubicados en el norte del país. Sin embargo, allí el cambio de uso del suelo es más complejo y genera conflictos en torno a cuestiones de orden ambiental, social y económico.

Cambio de uso de tierras por deforestación

Históricamente, la humanidad ha convertido tierras forestales en terrenos agrícolas como parte de su

proceso de crecimiento y desarrollo. De hecho, a nivel mundial, la agricultura es aún el principal factor de deforestación. Según la última evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA, FAO, 2015), la superficie forestal global se redujo en 129 millones de hectáreas (un 3,1%) en el período 1990-2015, hasta quedar por debajo de los 4000 millones de hectáreas. Hasta fines del siglo XIX, la prevalencia máxima de la deforestación se registraba en la región de clima templado; actualmente, es más elevada en la región de clima tropical (SOFO, FAO, 2016).

En el informe *El estado de los bosques del mundo 2016* (FAO) se analiza la pérdida de bosques provocada por la conversión a terrenos agrícolas. En América Central y del Sur, África subsahariana y Asia meridional y sudoriental se registraron pérdidas netas de bosques y aumentos netos de los terrenos agrícolas, mientras que en Europa, América del Norte y Asia nororiental se produjeron aumentos netos de las tierras forestales y pérdidas netas de terrenos agrícolas durante el período 2000-2010.

La conversión de bosques a tierras agrícolas y de pastoreo es una de las principales causas de reducción de bosques a nivel mundial. Lo mismo sucede en América Latina, donde la agricultura comercial originó casi el 70% de la deforestación, atribuyéndose el remanente

a otros factores como infraestructura, asentamientos humanos y minería.

La variación media anual neta de la superficie forestal y agrícola para el período 2000-2010 revela una pérdida neta de superficie forestal en la mayoría de los países de la región, mientras que otros la han mantenido con pequeñas variaciones de cambios de uso del suelo o sin cambios. La excepción se registra en dos casos: Chile y Uruguay, donde se advierte un aumento neto de la superficie forestal (figura 1).

Impulsores de la deforestación en la Argentina

Se puede definir como *driver* de deforestación a cualquier factor natural o inducido por el hombre que directa o indirectamente genera un cambio en un ecosistema forestal. Un *driver* es directo cuando influye inequívocamente sobre los procesos ecosistémicos, e indirecto cuando opera de manera más difusa, alterando uno o más *drivers* directos (Nelson, 2005; *Millennium Ecosystem Assessment*, 2005).

Si se considera el período 1990-2014, el área deforestada por cambio de uso abarcó unos 7 millones de hectáreas en el norte argentino. Para identificar qué factores han influido —y si lo hicieron de manera directa o indirecta—, es vital prestar atención a las actividades y actores involucrados en este proceso, y el ritmo al que se produjo.

En términos de actividades, el principal motor de la deforestación en el país fue y es la agricultura, que podría definirse como un *driver* directo. Sin embargo, la expansión de la ganadería bovina de carne también tuvo un rol destacado, tanto en áreas marginales como en tierras aptas para la agricultura como actividad complementaria.

Ciertos autores han identificado la demanda del cultivo de soja como el *driver* principal de la deforestación en la Argentina en los últimos años; algunos, incluso, sugieren que debería prestarse especial atención al contexto económico global de expansión de este cultivo para una regulación efectiva (Gasparri *et al.*, 2013). Esta afirmación no sería del todo correcta: si bien coinciden el aumento del área deforestada con el de los sectores sembrados con soja en el norte, esto no implica necesariamente una relación causa-efecto. De hecho, el fenómeno de la expansión del cultivo de soja (o “sojización”) no ocurrió exclusivamente en el norte del país, sino que también abarcó a la región pampeana, a la Mesopotamia y a Uruguay (Paruelo *et al.*, 2006).

No obstante, los períodos de altos precios de la soja coincidieron con aumentos de la tasa de deforestación

Figura 1. Aumento y pérdidas netas de la superficie forestal



Fuente: Estado de los Bosques en el Mundo FAO, 2016.

SUMATE AL PROGRAMA



Paisajes Multifuncionales

¿Qué son los paisajes multifuncionales?

Son parcelas con vegetación nativa que pueden aportar numerosos beneficios a la agricultura, como la polinización de cultivos, la regulación de plagas, y la prevención del surgimiento de malezas resistentes.



PARA SUMARTE

ingresá en
www.polinizadores.com
y completá tus datos

¡Tenemos soluciones para tu campo!

¿Qué beneficios tienen para la agricultura?



1. Aumenta las poblaciones de polinizadores.
2. Contribuye a la regulación de plagas.
3. Contribuye a la prevención del surgimiento de malezas resistentes.
4. Crea un hábitat para pequeños mamíferos y aves.
5. Contribuye a la reducción de la erosión del suelo.
6. Ayuda a proteger valiosos recursos hídricos.
7. Mejora el rendimiento de los cultivos dependientes de polinizadores, la calidad y rentabilidad.
8. Reduce costos asociados a servicios de polinización.

the
good
growth
plan



/Syngenta



Syngenta_ar



@Syngenta_ar



/SyngentaLAS



www.polinizadores.com

en la Argentina y en Brasil (Gasparri y le Polain de Waroux, 2015), agilizando o demorando el proceso de conversión de tierras; actuando, en definitiva, como *un driver* secundario.

En relación con los actores involucrados, es importante recordar que la deforestación en el norte argentino no comenzó mucho antes de la década del 90; por otra parte, no estuvo asociada a un modelo agroexportador de *commodities*, sino más bien a economías regionales. Un ejemplo es el desarrollo de la industria del azúcar, cuyo destino fue el mercado interno hacia mediados del siglo XIX (Sánchez Román, 2005). Antes de 1990, la deforestación era llevada a cabo principalmente por actores locales de las provincias vinculados a una ganadería extrapampeana y a una agricultura de cultivos regionales con sus *clusters* específicos, tales como la caña de azúcar, el algodón, el poroto, el tabaco, el té y la yerba mate. Estos cultivos deben ser comercializados en centros de procesamiento (desmotadoras, ingenios, etc.) cuya ubicación determina el radio de influencia del área de producción.

A partir de 1991, una serie de factores dio lugar a un cambio profundo en el sector agropecuario. La Convertibilidad puso al descubierto los verdaderos y reducidos márgenes agrícolas, impulsando con fuerza la incorporación de tecnología o bien una expansión del área sembrada para compensar la falta de escala y lograr mayores rendimientos por hectárea.

En este período, el productor debió reconvertirse para no desaparecer. Las inversiones en nuevas tecnologías estuvieron asociadas básicamente al incremento en el uso de fertilizantes, a la incorporación de híbridos y variedades y, especialmente, a la adopción de la siembra directa, que redujo la necesidad de maquinaria. Este último factor fue determinante, ya que duplicó o triplicó la capacidad de siembra.

Por otra parte, en la actividad agrícola irrumpieron los fondos de inversión, lo que generó más competencia por la tierra en un contexto de mayor capacidad operativa, necesidad de escala e inversores externos. Sin embargo, el precio de la tierra en la región pampeana era demasiado elevado para que los productores de cultivos extensivos tradicionales se decidieran a aumentar la escala. Eso determinó que muchos contratistas medieros se convirtieran en prestadores de servicios y que productores chicos se transformaran en arrendatarios o bien que buscaran tierras en zonas nuevas.

El primer movimiento orientado a lograr un aumento de superficie fue la competencia por los campos en alquiler dentro de la región pampeana. El segundo fue la expansión hacia nuevas zonas donde la tierra resul-

tara más barata, aunque el riesgo fuera mayor. Este fue el motor que empujó a cultivos extensivos de la región pampeana, como la soja, el maíz, el trigo y el girasol a zonas de desmonte del norte del país, de la mano de contratistas, productores y técnicos provenientes de provincias como Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba, que conocían su tecnología y comercialización.

La aparición del teléfono celular también fue determinante, ya que permitió achicar distancias y producir en zonas de difícil acceso, alejadas de centros poblados. Finalmente, el lanzamiento de la soja RR y, más tarde, del maíz Bt, permitió mejorar los rindes y bajar el costo de ambos cultivos en zonas que eran consideradas marginales para la agricultura.

Así, podría decirse que a partir de 1991 los obstáculos a la especulación financiera y los bajos márgenes del agro desencadenaron un proceso de transformación, que impulsó la adopción de innovaciones tecnológicas y la inversión en bienes de capital, cuya consecuencia fue un significativo aumento de la capacidad productiva. Naturalmente, esto derivó en una mayor competencia por tierras, debido a la necesidad de expansión del área agrícola y ganadera sobre bosques nativos y pastizales.

Esta mayor capacidad favoreció un crecimiento sin precedentes del área cultivada, que llegó a 33,5 millones de hectáreas en 2014, equivalentes a un 11% del territorio nacional.

Conversión de tierras por deforestación

A nivel nacional, el primer dato disponible sobre la superficie de bosques de la Argentina corresponde al Censo Nacional Agropecuario del año 1937, que indica una superficie de 37.535.308 hectáreas de bosques nativos. Más recientemente, en el año 2002, se publicó el Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos, realizado por la Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF) de la Dirección de Bosques del Ministerio de Ambiente de la Nación (MAyDS).

Dicho inventario reporta los bosques nativos como la suma de dos categorías: *tierras forestales* (TF) y bosques rurales, que totalizan 33,2 millones de hectáreas ubicadas en un 86% en el norte de la Argentina. A su vez, el inventario reporta otra categoría de mayor extensión, definida como *otras tierras forestales* (OTF), que totalizan 60,7 millones de hectáreas y corresponden, en términos generales, a bosques de menor porte y cobertura. Esta diferenciación es importante desde el punto de vista de la biomasa vegetal presente, y también como estimador de la calidad de sitio (suelo y clima), donde se llevan a cabo los procesos de cambio de uso.

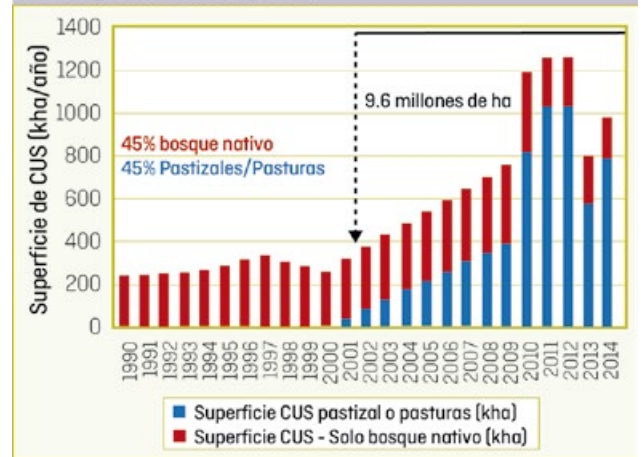
En los últimos tiempos, parte de estos bosques (TF y OTF) han sido convertidos a otros usos agrícolas y ganaderos. Este proceso de cambio de uso del suelo (CUS) ha sido reportado en los inventarios de Gases de Efecto Invernadero de la Argentina, incluidas las Comunicaciones Nacionales y los Reportes Bienales de actualización, desarrollados en parte en el capítulo anterior referido a cambio climático.

En el período 2002-2014, el área estimada de conversión de tierras en nuestro país fue de 9,64 millones de hectáreas, de las cuales 4,38 millones provinieron de la deforestación de tierras forestales (85%) y de otras tierras forestales (15%), y 5,26 millones de hectáreas de la conversión de pastizales o pasturas.

El gráfico 1 muestra la evolución de la superficie anual de CUS proveniente de bosques nativos (TF y OTF), y pastizales y pasturas. El área de CUS que surge de la deforestación de bosque nativo muestra, en los últimos años de la serie, una tendencia decreciente atribuible principalmente a la sanción de las leyes de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN). Además, se observa un mayor cambio de uso del suelo en la conversión de pastizales a tierras de cultivo o pasturas.

El incremento significativo en la tasa de cambio de uso a partir de 2001 tiene relación con la devaluación del dólar posterior a la Convertibilidad, con la masificación de la adopción de tecnología y con el incremento en los precios internacionales de granos, especialmente

Gráfico 1. Evolución de la superficie de cambio de uso en la Argentina proveniente de pastizales y pasturas y deforestación de bosque nativo (1990 y 2014)





SUMATE AL COMPROMISO SUSTENTABLE COOPERATIVO

Entrega tu silo bolsa y envase fitosanitario. Se parte de este compromiso.

- Por año se generan en el país 70.000 toneladas de residuos plásticos provenientes de silos bolsas y envases de fitosanitarios.
- La Planta de Recupero de Residuos Plásticos es una solución concreta ante este problema ambiental.
- El plástico de los envases utilizados se transforma en una nueva materia prima para distintos usos industriales.

Es nuestro compromiso y el de nuestras Cooperativas, recuperar los residuos plásticos del campo.



#ACASUSTENTABLE
compromisosustentable@acacoop.com.ar
www.acalnsomos.com.ar



entre 2009 y 2013. Esto último impactó con fuerza en el reemplazo de pasturas y pastizales por cultivos en la región pampeana, concentrando la ganadería en menores superficies y encierres con grano.

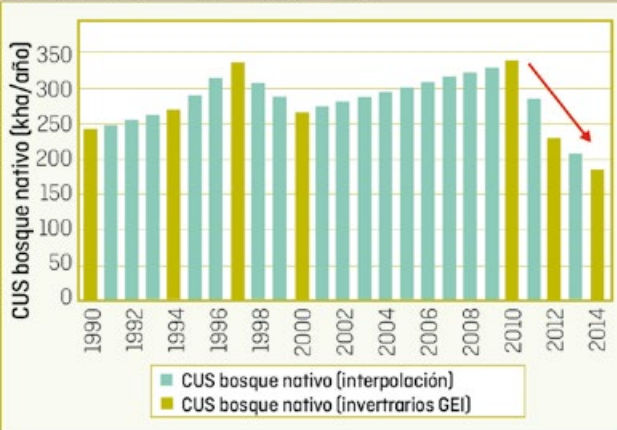
Si bien el primer inventario nacional de bosques nativos fue publicado en 2002, los inventarios de GEI reportan la superficie de cambios de uso por deforestación desde 1990. Si se consideran estos relevamientos, el período 1990-2014 totaliza cerca de 7 millones

de hectáreas deforestadas, de las cuales 2,62 millones corresponderían al período 1990-2002 y 4,38 millones al período 2002-2014.

El gráfico 2 presenta la superficie anual de CUS proveniente de deforestación de bosque nativo reportada en los inventarios GEI y estimada para los años no relevados. En el año 1997 se observa un salto en la tasa de deforestación, que se explica por el incremento del precio de la soja ocurrido en 1996-1997. Al ya comentado incremento registrado a partir de 2001 le sigue una disminución significativa de la tasa de deforestación a partir del año 2010, pasando de 338.000 hectáreas a 185.000 en 2014. Esta tendencia decreciente es atribuible principalmente a la sanción de las leyes de OTBN.

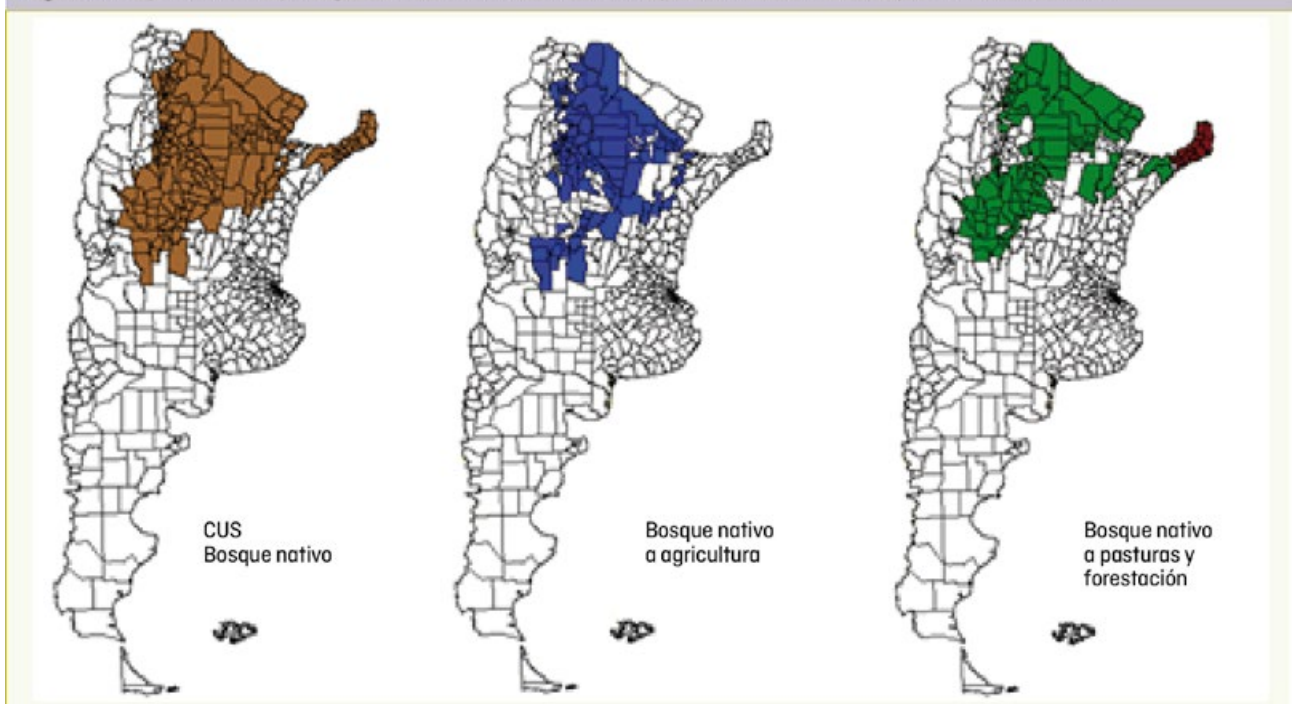
En el período de mayor ritmo de deforestación (2002-2014), siete provincias (Chaco, Formosa, Jujuy, Misiones, Santiago del Estero, Salta y Tucumán) concentraron el 87% del área deforestada (cuadro 1). El destino fue agricultura (41%), plantaciones forestales (3%) y ganadería u otros usos (56%). La figura 2 ilustra la totalidad de los departamentos que presentaron cambio de uso del suelo por deforestación de bosque nativo, por incremento de la superficie agrícola o bien por incremento del uso ganadero, forestal y otros usos (SAyDS, 2015).

Gráfico 2. Evolución de la tasa anual de deforestación por cambio de uso en la Argentina entre 1990 y 2014



Fuente: BUR, 2015.

Figura 2. Departamentos que registraron cambios de uso del suelo por deforestación de bosque nativo [2002-2012]



Fuente: Tercera Comunicación Nacional de GEI, (SAyDS, 2015).



ADVANTA ES TECNOLOGÍA



GENÉTICA +



BIOTECNOLOGÍA +



GIRASOL

MAÍZ

SORGO



CONVENCIONAL

CL Linoleico
CL Alto Oleico



Agrisure **Viptera 3** BT + **LIFELINE**



CONVENCIONAL

Granífero
Doble propósito
Forrajero multicorte
Forrajero uso diferido



SEMILLA PROTEGIDA es el tratamiento profesional de semillas que combina la mejor selección de ingredientes activos para proteger la semilla de patógenos e insectos del suelo.

LA COMBINACIÓN DE ACTIVOS VARÍA SEGÚN HÍBRIDO. CONSULTE CON SU DISTRIBUIDOR O EN NUESTRA WEB.



¹⁾ LIFELINE es marca registrada de UPL LTD y puede ser aplicado únicamente en maíces resistentes a glufosinato de amonio. / Las tecnologías de control de insectos requieren el uso de REFUGIOS Consultar en WWW.PROGRAMAMRI.COM.AR/REFUGIO. / ²⁾ Maxim®Quattro Semillero, Apron®Gold Semillero, Dynasty®10 FS Semillero, Cruiser®60 FS Semillero, Maxim®XL, Concep®III y sus correspondientes logos son marcas registradas de una Compañía del Grupo Syngenta. ³⁾ Acceleron® y su correspondiente logo es una marca registrada de titularidad de Monsanto NL B.V. / ⁴⁾ MaizGard, Roundup Ready2, VT TRIPLE PRO y Genuity y sus correspondientes logos son marcas registradas de titularidad de Monsanto NL B.V. / ⁵⁾ Agrisure Viptera 3® es una marca registrada de una Compañía del Grupo Syngenta. / ⁶⁾ Clearfield® y su correspondiente logo son una marca registrada de BASF. / ⁷⁾ Clearfield® y su correspondiente logo son una marca registrada de BASF.

En consonancia, y siempre en el mismo período, las siete provincias mencionadas incrementaron su *stock* de bovinos de carne en un 38,9%, pasando de 5.395.260 (CNA, 2002) a 7.478.301 millones de cabezas totales (Senasa, 2015).

El cuadro 2 presenta la superficie deforestada de todo el país, por región y destino de uso. Un 87% del

Cuadro 1. Superficie deforestada por cambio de uso del suelo en el período 2002-2014 según destino de uso y grupos de provincias

	Superficie deforestada (2002-2014)		Destino del cambio de uso		
	Total (ha)	Total (%)	Agricultura (ha)	Ganadería y otros usos (ha)	Forestación (ha)
Chaco, Formosa, Jujuy, Misiones, Santiago del Estero, Salta y Tucumán	3.793.069	87%	1.592.953	2.071.644	128.472
Otras provincias	586.567	13%	193.721	392.846	-
Total país	4.379.636	100%	1.786.674	2.464.490	128.472
Proporción del cambio de uso			41	56	3

Cuadro 2. Superficie deforestada por cambio de uso del suelo en el período 2002-2014 según región forestal y destino de uso

Región forestal	Agricultura (ha)	Ganadería y otros usos (ha)	Forestación (ha)	Total por región (ha)	Total por región (%)
Espinal	50.371	30.309		80.680	1.8
Monte	548	1673		2221	0.1
Parque chaqueño	1.479.058	2.331.703		3.810.761	87
Selva misionera	602	6229	128.472	135.302	3.1
Selva tucumano-boliviana	264.242	86.429		350.671	8
Total por cambio de uso (ha)	1.794.822	2.456.343	128.472	4.379.636	100
Total por cambio de uso (%)	41	56	3		

área correspondió al parque chaqueño, con un destino estimado del 39% a agricultura y 61% a ganadería u otros usos del suelo.

En el lapso 1990-2002, con 2,6 millones de hectáreas deforestadas, el incremento del área efectiva agrícola fue similar al del período posterior y representó cerca del 40% de la superficie deforestada.

En relación con la aptitud de las tierras, el área deforestada en el parque chaqueño y en la selva tucumano-boliviana involucra por lo general suelos de buena aptitud (Haplustoles, Argiustoles y Hapludoles) y una precipitación que supera los 700 milímetros (Volante, 2005). Un 2% del área deforestada corresponde a desmontes en las regiones monte y espinal en las provincias de Entre Ríos, Corrientes, La Pampa y San Luis.

Finalmente, para los próximos años se prevé una reducción de la tasa de desmonte, acotada a las regiones y manejos previstos en la Ley de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos, cuyos detalles se desarrollan dentro de este mismo capítulo. Un aspecto relevante es el desarrollo de sistemas ganaderos integrados al bosque nativo y modelos silvopastoriles, sobre los que trata el capítulo 6.

Producción agrícola, beneficios y riesgos en áreas de desmonte

■ Ing. Agr. María Fernanda Feiguin

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA

■ Ing. Agr. Ph. D. Gabriel Vázquez Amábile

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Cátedra de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Facultad de Agronomía y Ciencias Forestales, Universidad de La Plata.

El incremento de la producción agrícola registrado en nuestro país en las últimas décadas se explica por dos factores: el avance de la frontera agrícola (cambio de uso del suelo) y las innovaciones tecnológicas que permitieron aumentar la producción por unidad de superficie (Viglizzo *et al.*, 2010).

El cambio de uso del suelo se ha producido, en parte, por la deforestación de áreas naturales, lo que provocó una modificación del ecosistema y, por ende, de los servicios ambientales¹ que un ecosistema o agroecosistema puede ofrecer (*Millennium Ecosystem Assessment*, 2005).

¹ Servicios de los ecosistemas: son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas, y contemplan servicios de aprovisionamiento (alimentos, agua, etc.), de regulación (de inundaciones, sequías, degradación del suelo y enfermedades), de apoyo (formación del suelo y ciclos de los nutrientes) y culturales, como los beneficios de recreación, espirituales, religiosos y otros intangibles (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio).

El cambio genera riesgos y ventajas. Desde el punto de vista de los servicios ambientales, el aumento de la producción agrícola genera incrementos en los servicios de aprovisionamiento para la población (alimentos, fibras, espacios urbanos, etc.) mientras que la remoción del bosque modifica otros servicios como la capacidad de regulación hídrica, el control de la erosión y la biodiversidad (De Fries *et al.*, 2004). Por esta razón, es necesaria una completa evaluación de sus costos y beneficios. En última instancia, las decisiones sobre el uso de tierras deben contemplar el compromiso inherente entre la satisfacción de las necesidades humanas, los impactos no deseados sobre el ecosistema y la valoración de la sociedad (De Fries *et al.*, 2004).

La creciente demanda de alimentos que deriva tanto del aumento de la población como del consumo obliga a buscar soluciones de compromiso entre los distintos servicios ecosistémicos. El conflicto más significativo se genera entre la producción de alimentos y la conservación de la naturaleza: en estos dos aspectos se resume una buena parte de los distintos servicios (Grau *et al.*, 2011).

Riesgos inherentes al cambio de uso por deforestación

Las distintas ecorregiones presentan una diversidad de factores topográficos, climáticos, edáficos y de biodiversidad que implican un gradiente en el potencial productivo y diversidad de riesgos y beneficios.

En términos de riesgos o impactos asociados al cambio de uso por deforestación, los principales se asocian con el suelo, la dinámica y calidad del agua y la biodiversidad.

A su vez, la introducción de la producción agropecuaria genera modificaciones en el flujo de energía, la relación *stock*-flujo de carbono, el ciclado de nutrientes, el proceso hidrológico, el hábitat y la biodiversidad, y el patrón ecotoxicológico (Carreño y Viglizzo, 2007).

Respecto del riesgo para el suelo, es importante evitar o minimizar la pérdida de fertilidad. Tras los primeros ciclos productivos posteriores al desmonte, es esperable que se genere una reducción de la materia orgánica. Sin embargo, si se implementan rotaciones adecuadas es posible recuperar el carbono edáfico en estos ambientes (Villarino *et al.*, 2017, Redel *et al.*, 2016). Por otro lado, el tipo de uso –agrícola, ganadero o forestal– y el manejo (sistema de labranza, fertilización, uso de cultivos de cobertura, etc.) también determinan impactos sobre las propiedades físicas (Osinaga *et al.*, 2014; Magliano *et al.*, 2017).

Esto último, sumado a una disminución de la cobertura vegetal respecto de la situación de monte pre-

cedente, incrementa el riesgo de erosión y el volumen de escurrimiento superficial. En este aspecto, es clave implementar prácticas de manejo que permitan reducir y retardar la salida del escurrimiento, como así también evitar la erosión y el transporte de sedimentos. Este proceso de alteración de la hidrología, de los hidrogramas de escurrimiento a nivel de cuenca (tanto urbana como rural), es inherente a todo cambio de uso del suelo y debe ser considerado para prevenir efectos no deseados mediante la implementación de estrategias posteriores al cambio. El uso de terrazas, cubetas de detención y franjas *buffer*, entre otras, son prácticas efectivas y deben ser dimensionadas de acuerdo con cada sistema.

Otro efecto relacionado con los cambios de uso del suelo son las emisiones de GEI asociadas a la remoción de la biomasa boscosa y la pérdida inicial del carbono edáfico por mineralización. En este aspecto, estrategias de manejo silvopastoril o un incremento de la actividad forestal pueden balancear esas consecuencias. La más difícil de compensar es la pérdida de biodiversidad, lo que constituye un gran desafío en sistemas agrícolas y ganaderos.

Algunos autores identifican la demanda global de alimentos como una amenaza para los ecosistemas; por otro lado, también perciben la globalización como una oportunidad para eficientizar el uso de tierras (Grau y Aide, 2008). Esta última perspectiva se basa en un concepto denominado “ajuste agrícola” (Mather and Needle 1998), conocido también como *land sparing*, que propone concentrar la agricultura moderna de altos rendimientos en las mejores tierras para disminuir la deforestación en zonas marginales. Esta aproximación busca preservar ambientes naturales a nivel de paisaje minimizando su fragmentación.

Esta cuestión se contrapone contra la estrategia de *land sharing*, que propone una agricultura biodiversa con el objetivo de mantener el paisaje y las especies a costa de una baja productividad. Ambos puntos de vista son motivo de debate y definen, de alguna manera, las políticas de ordenamiento territorial. En nuestro país, la discusión ha derivado en la Ley de Ordenamiento Territorial de Bosque Nativo. De alguna manera, ambos puntos de vista están contemplados en dicha ley: con áreas “verdes” para agricultura (*land sparing* o separación) y “amarillas” con opción a sistemas ganaderos integrados con bosque nativo (*land sharing* o integración).

Más allá del debate, es indudable que la planificación territorial en escalas geográficas extensas brinda mejores oportunidades de optimizar distintos beneficios de los ecosistemas, incluyendo una mejor conservación de la naturaleza asociada a una mayor producción de ali-

mentos y a una reducción de potenciales conflictos entre los distintos actores sociales y grupos étnicos (Grau *et al* 2011).

Oportunidad de crecimiento y desarrollo

La mención de los “beneficios” del desmonte generó grandes controversias en el seno de la sociedad, pero los debates y polémicas han culminado con la Ley de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos, cuyo alcance se explica en este mismo capítulo.

Sin embargo, no se puede negar que la irrupción de la actividad agropecuaria en nuevas zonas genera un impulso para la economía local: mayor recaudación impositiva para la gestión pública, nuevas fuentes de trabajo directo y, en paralelo, un impulso a las cadenas de servicios asociadas.

En aquellos casos donde el punto de partida es un bosque degradado con mayor riesgo de erosión —o con procesos erosivos ya evidentes—, el cambio hacia un sistema ganadero o agrícola con un adecuado manejo técnico puede ser incluso beneficioso y frenar dicho deterioro.

Agricultura

La agricultura argentina ha crecido de manera significativa en los últimos 30 años. En el período 1990-2014

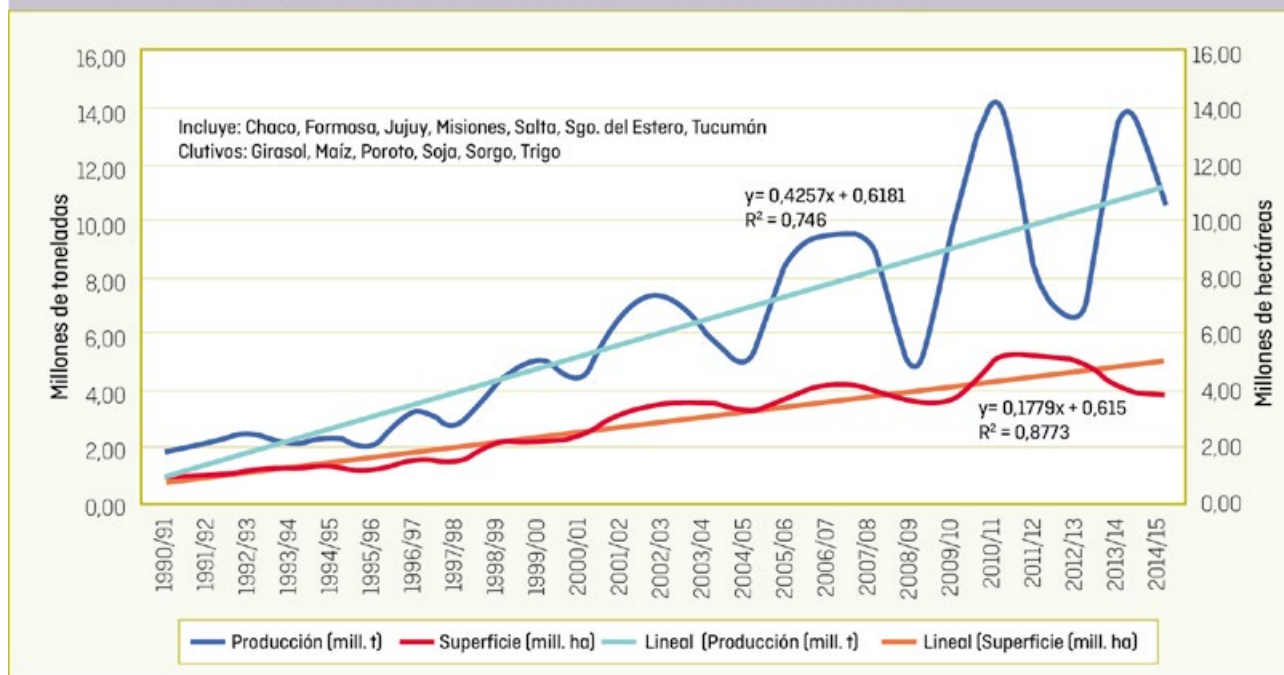
la superficie de los principales cultivos (trigo, maíz, soja, girasol, sorgo y poroto) se incrementó en 20 millones de hectáreas —aproximadamente un 50%—, mientras que la producción lo ha hecho en 80 millones de toneladas, cerca de un 70%.

Así, el impacto tecnológico está demostrado por la diferencia entre la superficie sembrada y la producción obtenida. Es cierto que se produjo un crecimiento espacial, pero la incorporación de tecnología también propició una intensificación de la actividad: la relación producción/superficie sembrada pasó de 2 a 3,4 toneladas por hectárea.

La agricultura en zonas de desmonte siguió el mismo proceso pero con mayor intensidad. Si se consideran las provincias de Chaco, Formosa, Jujuy, Misiones, Salta, Santiago del Estero y Tucumán (gráfico 3), la superficie sembrada incrementó en un 300%, mientras que la producción prácticamente se quintuplicó.

Si se pone en valor la producción agrícola (gráfico 4), se puede tener una idea aproximada del volumen de recursos que esta actividad genera anualmente en la región. El *valor agrícola* es el producto que surge entre el precio correspondiente a cada cultivo para cada año y su producción, sin descontar impuestos. Este valor se mantuvo en un rango de entre 2000 y 3000 millones de dólares a lo largo del período 2002-2014, con excepción de años particulares como 2010, cuando se alcanzó un

Gráfico 3. Evolución de la producción y superficie sembrada en zona de desmonte (1990-2014)



Fuente: Elaboración propia.

valor muy elevado, o 2014, momento en que se produjo una caída significativa.

Al aumentar la producción, cabría esperar incrementos marcados en el valor agrícola. Sin embargo, el factor climático y la variación de precios de los *commodities* fluctúan y amortiguan su impacto. Cuando estos dos factores se alinean –producción y precio– se alcanzan valores agrícolas elevados (año 2010) o a la inversa (2014).

Ganadería

El crecimiento productivo en la ganadería bovina de carne también tuvo lugar en este período, aunque con un comportamiento diferente. A nivel nacional, las existencias registraron un aumento del 6%. No obstante, para las provincias que incrementaron su superficie ganadera por deforestación, el alza fue del 38,6%.

El *valor ganadero* representa el valor de las existencias de cada provincia y sirve para estimar el volumen de recursos movilizado por la actividad. Se obtiene del producto entre los pesos promedio, las existencias y los precios por kilo para cada categoría, afectados luego por un índice de extracción promedio de 35%.

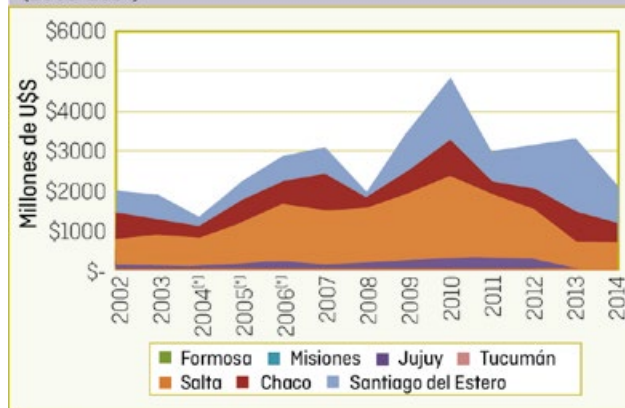
El valor ganadero bovino de carne presenta un crecimiento sostenido a lo largo del período analizado, acompañando el incremento del *stock*. Esta evolución se produjo en forma lenta y con mayor estabilidad respecto del valor agrícola. Esto es así porque el crecimiento del *stock* tiene ciclos largos de reproducción y mayor estabilidad frente al factor climático y a la variación de precios.

El *valor total* (valor agrícola de los cultivos considerados + valor ganadero bovino de carne) promedio a lo largo del período de análisis está integrado en un 50% por la producción agrícola y en igual medida por la producción ganadera anual. Este valor mostró un crecimiento sostenido, con un valor inicial de 4088 millones de dólares en 2002, y uno final de 4960 millones de dólares, lo que representó un incremento de 21% (gráfico 6). Sin embargo, con valores superiores pueden observarse variaciones. La tendencia promedio fue de un aumento anual cercano al 4%.

La presentación de los valores agrícolas y ganaderos pretende plantear otro aspecto de la discusión sobre el proceso de desmonte. Es evidente que ambas actividades crecieron notablemente en la zona norte del país; en parte, esto se debió al desmonte de áreas naturales que permitió un aumento en la circulación de capital generado por la producción primaria y el que se genera como efecto en las cadenas asociadas, lo que constituye un reflejo del proceso de crecimiento.

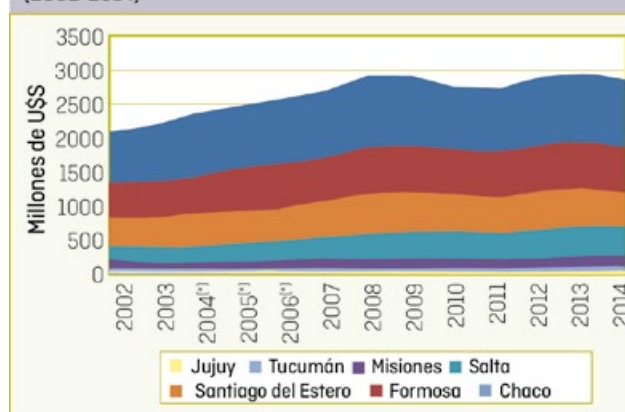
No obstante, para que los cambios sean cualitativos el crecimiento debe traducirse en desarrollo, facilitando los medios para promover y mejorar la calidad de vida de los habitantes, algo que depende, a su vez, de medidas y políticas públicas.

Gráfico 4. Evolución del valor agrícola en zona de desmonte (2002-2014)



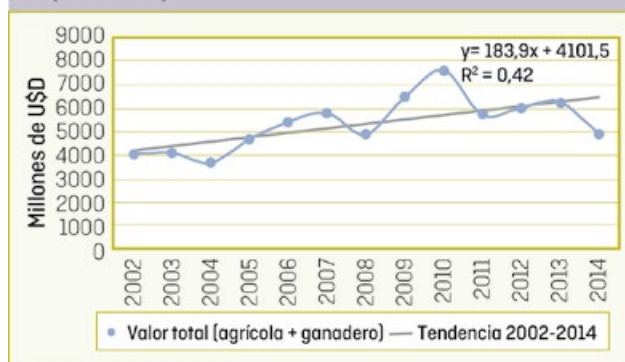
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5. Evolución del valor ganadero en zona de desmonte (2002-2014)



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6. Evolución del valor total de la producción agropecuaria (2002-2014)



Fuente: Elaboración propia.

El crecimiento de la actividad debería generar mayor riqueza para la zona y, a través de la gestión pública, traducirse en desarrollo para mejorar la calidad de vida de las personas.

Una parte importante de la discusión sobre el desmonte tiene que ver con este punto. Es vital que los sectores privado y público trabajen para traducir el crecimiento en desarrollo.

Manejo de la producción agrícola y ganadera en zonas de desmonte

El desmonte implica el reemplazo de un ecosistema, lo que conlleva una alteración de las dinámicas asociadas. Para lograr un manejo sostenible del nuevo agroecosistema, es importante tomar en cuenta criterios que permitan realizar un buen manejo de esta región. En términos generales, parece relevante considerar aspectos tales como:

- Visión sistémica: implica planificar el sistema de producción priorizando el mantenimiento de su productividad en el tiempo, y así definir la integración de actividades productivas y prácticas de manejo, considerando las potencialidades y fragilidades propias de la región.
- Manejo del suelo: enfocarse en el manejo del suelo en sentido amplio, conociendo sus propiedades (textura, estructura, topografía, etc.) y su interacción con el clima, para implementar rotaciones (agrícolas o agrícola-ganaderas) y sistemas de labranza adecuados para la conservación de la fertilidad.
- Conocimiento a nivel de cuenca: es particularmente importante conocer la dinámica de los cursos de agua e implementar prácticas que minimicen los riesgos de erosión y contaminación por transporte de nutrientes y agroquímicos en vista de los cambios de la cobertura vegetal posterior al desmonte.
- Método de desmonte: determinar el método más apropiado para realizar el desmonte minimizando la remoción de la capa superficial del suelo.
- Manejo responsable de los insumos: aplicación responsable de agroquímicos y fertilizantes con el fin de evitar derivas y contaminación de áreas conservadas cercanas.

Ley de OTBN y Programas de reducción de emisiones: REDD+

■ Abg. Eugenia Magnasco

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Fundación Torcuato Di Tella.

La ley contiene tres herramientas para cumplir con sus objetivos: el Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos, el Programa Nacional de Protección de los Bosques Nativos, y el Fondo Nacional para el Enriquecimiento y la Conservación de los Bosques Nativos.

Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos

En su artículo 6, la ley establece que cada jurisdicción debe realizar el Ordenamiento de los Bosques Nativos existentes en su territorio de acuerdo con 10 criterios de sustentabilidad ambiental, que se encuentran listados en el Anexo de ley: superficie; vinculación con otras comunidades naturales; vinculación con áreas protegidas existentes e integración regional; existencia de valores biológicos sobresalientes; conectividad entre ecorregiones; estado de conservación; potencial forestal; potencial de sostenibilidad agrícola; potencial de conservación de cuencas, y valor y uso que las comunidades indígenas y campesinas brindan a las áreas boscosas o colindantes.




Ley de Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos

La Ley 26331 fue sancionada en el año 2007 y establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos y de los servicios ambientales que brindan.

Se establece al actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación como autoridad de aplicación en jurisdicción nacional. Las autoridades jurisdiccionales son los organismos que las provincias y la Ciudad de Buenos Aires determinan para actuar en el ámbito de cada jurisdicción.

Para ello se estableció un plazo máximo de un año contado a partir de la sanción de la ley. A aquellas jurisdicciones que no hubieran realizado su Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos en el debido lapso se les prohibió emitir autorizaciones de desmonte u otro tipo de utilización y aprovechamiento de los bosques nativos.

El artículo 9 de la ley establece tres categorías de conservación en función del valor ambiental de las distintas unidades de bosque nativo y de los servicios ambientales que éstos presten:

- 
Categoría I. Rojo: muy alto valor de conservación. No deben transformarse. Su uso queda limitado a ser hábitat de comunidades indígenas y objeto de investigación científica.
- 
Categoría II. Amarillo: sectores de mediano valor de conservación. Su uso queda limitado al aprovechamiento sostenible, turismo, recolección e investigación científica.
- 
Categoría III. Verde: sectores de bajo valor de conservación. Pueden transformarse parcialmente o en su totalidad.

Con alguna demora, y con reclamos de distintos sectores de la sociedad, en el año 2009 el Poder Ejecutivo Nacional dictó el Decreto 91/09 reglamentario de la Ley de Bosques Nativos.

Las provincias, en cumplimiento de lo dispuesto por la normativa nacional, dictaron leyes ordenando sus bosques nativos.

Santiago del Estero fue la primera provincia que dictó su OTBN y Buenos Aires, la última, con fecha de

Cuadro 3. Superficie por región

Región forestal	Rojo (ha)	Amarillo (ha)	Verde (ha)	Total (ha)
Bosque andino-patagónico	891.354	882.841	61.568	1.835.762
Espinal	550.720	4.622.598	1.303.272	6.476.589
Monte	458.624	2.986.295	205.154	3.650.073
No forestal	565.188	1.468.250	31.595	2.065.033
Parque chaqueño	5.425.020	15.782.504	7.685.192	28.892.716
Selva misionera	230.973	992.921	459.579	1.683.473
Selva tucumano-boliviana	1.075.372	2.987.556	406.554	4.469.482
Total	9.197.250	29.722.965	10.152.913	49.073.128

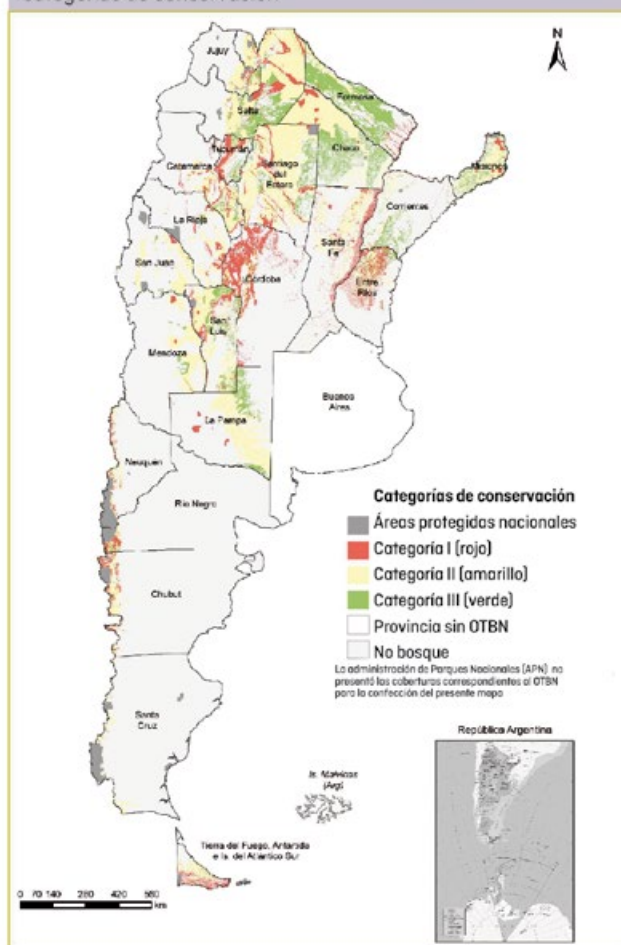
Fuente: Tercera Comunicación Nacional (no incluye provincias de Buenos Aires y Santa Fe).

promulgación en enero de 2017. Actualmente, las 23 provincias cuentan con una ley que recepta las disposiciones de la Ley Nacional.

El Decreto N° 91/09 establece que, a partir de los cinco años de la sanción de las leyes de OTBN provinciales, se debe realizar la primera actualización, sobre la base de los principios de no regresividad, progresividad y flexibilidad. Las primeras leyes se sancionaron en 2009, por lo que en 2014 algunas provincias comenzaron con el proceso de actualización. A la fecha, solo Santiago del Estero y San Juan lo completaron, y en ambos casos fue aprobado por normativa provincial.

Toda intervención sobre el bosque nativo requiere una autorización, para lo que deberá presentarse un Plan de Manejo (PM) o Plan de Cambio de Uso del Suelo (PCUS), según la categoría a intervenir. Los planes deberán ser elaborados de acuerdo a la reglamentación

Figura 3. Distribución geográfica de los bosques nativos y las categorías de conservación



Fuente: Informe de Estado de Implementación (MAYDS, 2016).

que establezca la autoridad de aplicación de cada jurisdicción, que será la encargada de evaluarlos y aprobarlos en caso. Para cada nivel de conservación se presenten distintas opciones de intervención, que se resumen en la figura 4.

Los propietarios de tierras con bosques nativos que deseen acceder al Fondo Nacional para el Enriquecimiento y Conservación de los Bosques Nativos deberán presentar ante la autoridad local de aplicación un Plan de Manejo Sostenible o de Conservación¹, según el caso.

Los titulares de tierras de cualquier categoría pueden presentar un plan de conservación, mientras que para realizar el manejo sostenible de bosques nativos se requiere estar encuadrado en las categorías II o III, y deberá presentarse un Plan de Manejo Sostenible de Bosques Nativos².

Las personas físicas o jurídicas, públicas o privadas, que soliciten autorización para realizar desmontes de bosques nativos de la categoría III deberán sujetar su actividad a un Plan de Aprovechamiento del Cambio de Uso del Suelo³.

Dicha ley también crea un Registro Nacional de Infractores, de carácter público y que se encuentra administrado por la autoridad nacional de aplicación: las autoridades de aplicación de las distintas jurisdicciones remiten allí la información sobre infractores.

Programa Nacional de Protección de los Bosques Nativos

El artículo 12 de la mencionada ley determina la creación del Programa Nacional de Protección de los Bosques Nativos, que funciona en el ámbito de la autoridad nacional de aplicación: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable y bajo la órbita de la Dirección Nacional de Bosques, Ordenamiento Territorial y Suelos de la Subsecretaría de Planificación y Ordenamiento Ambiental del Territorio.

El programa tiene como misión fomentar el manejo sostenible de los bosques categoría II y III; impulsar las medidas necesarias para garantizar que el aprovechamiento sea sostenible; fomentar la creación y el mantenimiento de reservas forestales suficientes y funcionales

Figura 4. Opciones de intervención según área de conservación establecida por la Ley 26331



Fuente: Elaboración propia.

¹ El Plan de Conservación es un documento que sintetiza la organización, los medios y los recursos que se utilizarán en un tiempo determinado y en un lugar específico para mantener o incrementar las condiciones (los atributos de conservación) de un bosque nativo o grupo de bosques nativos y/o del aprovechamiento sostenible de sus recursos no maderables y servicios.

² Por Plan de Manejo Sostenible de Bosques Nativos se entiende al documento que sintetiza la organización, medios y recursos, en el tiempo y el espacio, del aprovechamiento sostenible de los recursos forestales, maderables y no maderables, en un bosque nativo o grupo de bosques nativos. Para ello, debe incluir una descripción pormenorizada del terreno forestal en sus aspectos ecológicos, legales, sociales y económicos y, en particular, un inventario forestal con un nivel de detalle tal que permita la toma de decisiones en cuanto a la silvicultura por aplicar en cada una de las unidades de bosque nativo y a la estimación de su rentabilidad.

³ Por Plan de Aprovechamiento del Uso del Suelo se entiende al documento que describe el objeto del aprovechamiento y especifica la organización y medios a emplear para garantizar la sostenibilidad, incluidas la extracción y saca.

Red Surcos te propone una agricultura eficiente **SIN AGROQUÍMICOS**

En la actualidad, el manejo de malezas se ha tornado uno de los mayores desafíos dentro de la producción agrícola. Debido al aumento de resistencias a ingredientes activos, en concordancia con la ausencia de nuevos modos de acción. Esto, sumado a la necesidad de ser responsables y sustentables ambientalmente, nos obliga a ser cada vez más eficientes con nuestras acciones. En este contexto, creemos que el rol del Ingeniero Agrónomo resulta fundamental para conocer y utilizar las herramientas disponibles de la mejor manera.




Desde **Red Surcos**, creemos que **una agricultura eficiente, con menos agroquímicos** es posible. Gracias a la aplicación de Nanotecnología en nuestros productos, hemos logrado reducir hasta un 50% la cantidad de activo por hectárea, sin resignar control. Esto representa un Cambio de Paradigma en cuanto a la relación de: mayor cantidad de activo = mejor control. Un ejemplo es el de los herbicidas con **Tecnología Elite**, que tienen el **doblo de bioeficacia** que otras formulaciones.

Tal es el caso del Dedalo Elite, un 2,4D sin olor, que aplicando la mitad de activo, logra porcentajes de control incluso superiores a otras formulaciones. Esta reducción de activo se traduce en menos residuos al suelo; lo cual es una gran ventaja ambiental, a la vez que permite realizar la aplicación más cerca la siembra de cultivos sensibles como la soja (hasta 7 días antes). Además con la incorporación de esta tecnología de formulación se logra una reducción de la volatilidad de hasta 400 veces, respecto a la formulación de 2,4D ester, y casi 5 veces respecto a las sales.

De este modo, podemos afirmar que los productos de la empresa nacional **Red Surcos**, con **Tecnología Elite**, son más amigables con el medio ambiente y el usuario, pero a la vez contundentes y prácticos en cuanto al manejo y la performance.



LÍDERES EN BIOEFICACIA

www.redsurcos.com  /redsurcos  /redsurcos  Red Surcos

en cada ecorregión forestal del territorio nacional; promover planes de reforestación y restauración ecológica de bosques nativos degradados; mantener actualizada la información sobre la superficie cubierta por bosques nativos y su estado de conservación, brindar a las autoridades de aplicación de las distintas jurisdicciones las capacidades técnicas para formular, monitorear, fiscalizar y evaluar los Planes de Manejo Sostenible de los Bosques Nativos existentes en su territorio y promover la aplicación de medidas de conservación, restauración, aprovechamiento y ordenamiento.

Fondo Nacional para el Enriquecimiento y la Conservación de los Bosques Nativos

Con el objeto de compensar a las jurisdicciones y a los titulares que conserven los bosques nativos, la ley crea en su artículo 31 el Fondo Nacional para el Enriquecimiento y la Conservación de los Bosques Nativos. Éste debe estar integrado por: a) las partidas presupuestarias que le sean anualmente asignadas a fin de dar cumplimiento a la presente ley, las que no podrán ser inferiores al 0,3% del presupuesto nacional; b) el 2% del total de las retenciones a las exportaciones de productos primarios y secundarios provenientes de la agricultura, ganadería y del sector forestal, correspondientes al año anterior del ejercicio en consideración y otros aportes como donaciones, legados, etc.

Los recursos del Fondo Nacional para la Conservación de los Bosques Nativos son distribuidos anualmente entre las jurisdicciones. Para recibir los fondos, uno de los requisitos es que las jurisdicciones hayan elaborado y tengan aprobado por ley provincial su Ordenamiento de Bosques Nativos.

Para la distribución de los recursos se tienen en cuenta los siguientes criterios: a) el porcentaje de superficie

de bosques nativos declarado por cada jurisdicción; b) la relación existente en cada territorio provincial entre su superficie total y la de sus bosques nativos; y c) las categorías de conservación declaradas, correspondiendo un mayor monto por hectárea a la categoría I que a la categoría II.

Los recursos del Fondo que reciben las jurisdicciones se aplican en un 70% para compensar a los titulares de las tierras en cuya superficie se conservan bosques nativos, de acuerdo con sus categorías de conservación, y en un 30% a la autoridad de aplicación de cada jurisdicción, para realizar acciones de monitoreo, información e implementación de programas de asistencia técnica y financiera.

La administración del Fondo está a cargo de la autoridad de aplicación nacional y de las jurisdicciones que cuentan con una Ley de OTBN. La metodología de asignación del mencionado Fondo entre las jurisdicciones se encuentra descripta en la Resolución del Consejo Federal de Medio Ambiente (Cofema) N° 277/14.

Si se realiza una evaluación de las partidas presupuestarias del año 2010 a la fecha, el presupuesto asignado a la implementación de la ley es sustancialmente inferior al establecido por dicha norma legal; incluso los aportes presupuestarios están por encima de lo efectivamente transferido a las provincias. Por ejemplo, durante los años 2010 y 2015 las partidas presupuestarias asignadas originalmente al Fondo fueron reasignadas por la Jefatura de Gabinete de Ministros hacia otros destinos.

Aun ante el supuesto e hipotético caso de que se diera una total y absoluta integración del Fondo Nacional para el Enriquecimiento y la Conservación de los Bosques Nativos dando cumplimiento a los incisos a) y b) del artículo 31 de la ley, lo previsto no alcanza para compensar efectivamente a los titulares por los beneficios que se dejan de percibir al no poder producir soja, trigo y/o maíz.

En el informe sobre reducción de la deforestación presentado en el marco de los trabajos de la Tercera Comunicación Nacional se analiza el potencial de mitigación de las leyes provinciales de Ordenamiento Territorial de Bosque Nativo; más específicamente se considera qué ocurriría si se conservara en un 100% la biomasa aérea de las hectáreas agriculturizables de las categorías roja, amarilla y verde de los OTBN provinciales.

Los costos se estimaron desde cinco perspectivas. Una de ellas fue el costo fiscal de evitar la deforestación; es decir el costo de la efectiva implementación de la Ley 26331 en términos de recursos presupuestarios. Esto muestra una diferencia sustancial entre los recursos

Cuadro 4. Partidas presupuestaria asignadas a la Ley 26331

2010	\$ 300.000.000
2011	\$ 300.000.000
2012	\$ 300.085.190
2013	\$ 253.000.000
2014	\$ 247.043.707
2015	\$246.450.000
2016	\$265.009.000
2017	\$270.000.000

Fuente: Informe de Estado de Implementación (2010-2015) | Ley de Presupuesto 27341 (2017)
<http://ambiente.gob.ar/wp-content/uploads/Informe-de-Implementaci%C3%B3n-10-15.pdf>
<https://www.boletinoficial.gob.ar/#!DetalleNorma/156099/20161221>

efectivamente asignados y los que deberían asignarse en cumplimiento del presupuesto asignado por norma.

Si se pone como ejemplo el año 2013, y se considera sólo el inciso a) del artículo 31 de la ley (el 0,3% del Presupuesto Nacional de dicho año), debería haberse asignado un monto por la suma de pesos \$1.887.650.100. Si a esto se le suma la partida proveniente del inciso b) (2% del total de las retenciones a las exportaciones de productos primarios y secundarios provenientes de la agricultura, ganadería y sector forestal), el monto adicional que debería haberse destinado por este concepto habría sido de aproximadamente 1100 millones de pesos.

En dicho estudio también se analiza el costo que tiene para el sector privado el hecho de evitar la deforestación: para ello se realizó un cálculo aproximado del costo de oportunidad de las hectáreas pertenecientes a las categorías roja y amarilla de acuerdo con los OTBN provinciales, expresado en el valor económico aproximado del uso alternativo que los titulares de tierras podrían darles a los terrenos.

Sobre la base de las hectáreas agriculturizables de las categorías roja y amarilla, se estimó la pérdida potencial de beneficios que sufrirían esos titulares de tierras por no cultivar allí soja, trigo y/o maíz. Si se consideran 2.894.967 hectáreas y un margen económico promedio para dichos cultivos de 337,8 dólares por hectárea, la pérdida de beneficios por año (costo de oportunidad) a nivel país ascendería a 978.049.916 dólares.

Esto muestra que no solo hay una brecha entre las partidas establecidas por ley y las que son efectivamente asignadas (de las cuales, además, solo el 70% se destina a compensar a los titulares de la tierra), sino que también hay otra entre lo que prevé la norma y la efectiva compensación al propietario de la tierra sobre la base del costo de oportunidad.

En síntesis, lo previsto en la Ley 26331 no alcanza para compensar efectivamente a los titulares de tierras con bosques nativos por las pérdidas en las que incurrirán al no convertir sus tierras en explotaciones agrícolas.

REDD+ y UNREDD

Las emisiones de CO₂ asociadas a la deforestación y a la degradación de los bosques rondan el 25% de las emisiones globales (<http://www.fao.org/redd/es/>). Para lograr la estabilización de las emisiones de gases de efecto invernadero es necesario reducir emisiones en el sector forestal.

La Reducción de Emisiones de GEI causadas por la Deforestación y Degradación de los bosques, la conservación y el incremento de las capturas de CO₂ (también

conocida como REDD+) es un mecanismo de mitigación del cambio climático desarrollado por las partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), que puede definirse como un enfoque inclusivo de política, financiero y de incentivos positivos orientado a los países en vías de desarrollo para proteger sus recursos forestales mediante la conservación, la gestión sostenible y el aumento de los *stocks* forestales de carbono.

Originalmente, este mecanismo se planteó como un incentivo financiero para conservar áreas forestales con altos contenidos de carbono en zonas con fuertes presiones de deforestación o degradación (lo que se identificaba como REDD). No obstante, con el correr de los años, se desarrolló un enfoque más amplio: REDD+ o REDD+ “plus” va más allá e incluye el papel de la conservación, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono.

El Programa de Colaboración de las Naciones Unidas para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal (ONU-REDD) busca reducir las emisiones de la deforestación y la degradación de bosques (REDD+) en países en desarrollo. Dicho programa se lanzó en 2008 y cuenta con la experiencia de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). ONU-REDD apoya los procesos de REDD+ de cada país y promueve la participación activa e informada de todos los interesados —incluyendo pueblos indígenas y otras comunidades que dependen de los bosques— en la implementación de REDD+ a nivel nacional e internacional.

CREA, en conjunto con la Fundación Torcuato Di Tella (FTDT), suscribió un acuerdo con el PNUMA en el marco del programa ONU-REDD de la Argentina, con el objetivo de contribuir con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación en la provisión de información sobre los costos de oportunidad de la conservación de bosques nativos en territorios que el gobierno argentino ha priorizado.

El estudio se centró en cinco provincias definidas en el marco del proyecto: Chaco, Salta, Formosa, Santiago del Estero y Misiones, que representan el 84% del área total deforestada a nivel país en el período 2002-2014 conforme a los datos de la Tercera Comunicación Nacional.

Si bien en el componente del estudio asignado a CREA-FTDT no se requería un análisis de *drivers* de la deforestación, se planteó que no existe un único *driver*

que pueda explicar por sí solo el proceso que se ha venido gestando en las últimas tres décadas.

En dicho estudio se definieron las trayectorias de deforestación y se estimó el margen bruto del costo de oportunidad de REDD+, entendido como los beneficios no realizados de actividades económicas que se constituyen como alternativas a la conservación de bosques nativos en relación con sus reservas de carbono. En la estimación del costo de oportunidad no se incluyeron aquellos beneficios indirectos relacionados con las actividades asociadas a los servicios, comercialización e industrialización de productos primarios.

Con respecto a los resultados preliminares de dicho estudio y a datos de costos y precios de los *commodities* actuales, se puede concluir que las compensaciones originadas por un programa REDD+ en el que se supone

un pago anual de 5 U\$S/t de CO₂eq, serán, en la mayoría de los supuestos, inferiores a la rentabilidad generada por actividades de producción agrícola (extensiva e intensiva).

Este estudio pone en evidencia que, tal como ocurre con el mecanismo previsto por la ley de OTBN, no se cubren los costos de oportunidad de las trayectorias de deforestación de bosque a agricultura en el parque chaqueño con los precios actualmente vigentes de la tonelada de carbono.

La planificación integrada del uso de la tierra es clave, para ello se requiere la instrumentación de políticas adecuadas que promuevan un equilibrio sostenible en la conservación de los recursos y el uso de la tierra, con mecanismos de compensación o de mercado que sean efectivos y permitan una eficaz implementación de las normas que recepten las políticas de protección de los bosques.

6

Biodiversidad y producción ganadera en la Argentina

La implementación de sistemas que integren actividades productivas con una mayor biodiversidad es un desafío para los próximos años. En este sentido, los primeros avances están asociados a la ganadería, tanto en zonas de bosques nativos como en pastizales naturales de distintas regiones del país.

El presente capítulo presenta tres artículos que ilustran el estado del arte de dicha cuestión en la Argentina. El primero describe las características, semejanzas y diferencias entre sistemas de manejo ganadero integrados con bosque nativo y sistemas silvopastoriles. El segundo artículo aborda la cuestión de la producción ganadera en zonas de pastizales naturales. Finalmente, se presenta el caso real de un sistema silvopastoril de la provincia de Misiones, que incluye además un componente de investigación y monitoreo.

Intensificación de la producción bovina en el Chaco semiárido

■ Ing. Agr. Ph. D. Alejandro Radrizzani

Instituto de Investigación Animal del Chaco
Semiárido, Centro de Investigaciones Agropecuarias,
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

La región del Chaco semiárido, una amplia planicie con bosques xerófitos y pastizales subtropicales que ocupa en la Argentina aproximadamente 30 millones de hectáreas, es una de las regiones con mayor reserva de tierras fértiles del mundo; al mismo tiempo, constituye la mayor reserva de bosques nativos del país. Dadas estas circunstancias, las propuestas de intensificación de la producción agropecuaria en la región deberían integrar las demandas ambientales de conservación del bosque nativo y sus servicios ecosistémicos.

Históricamente, los principales usos del bosque fueron la explotación forestal y la ganadería de monte, ambas con escaso manejo, sin planificación y con características de extracción minera. Sin embargo, en los últimos 30 años se ha producido un gran cambio en el uso del suelo, con una rápida expansión e intensificación de la producción de granos y carne conocida como *la expansión de la frontera agropecuaria*. Este cambio fue motorizado por la introducción de la siembra directa junto con nuevos cultivares de soja y maíz; por los altos precios internacionales de la soja, y por la influencia de ciclos lluviosos (Volante *et al.*, 2016).

El cambio de uso del suelo también estuvo acompañado por la intensificación ganadera asociada a la implantación de pasturas megatérmicas, al uso de forrajes conservados (rollos de heno y silos de maíz y sorgo) y a la suplementación con granos, además de un manejo reproductivo y sanitario más eficiente (Fumagalli *et al.*, 1997). Con la intensificación de la producción, se logró aumentar la carga a niveles de 0,2-1 cabezas/ha en sistemas de cría y ciclo completo, y niveles de 2-5 cabezas/ha en sistemas de engorde (Nasca *et al.*, 2015).

Este cambio, que permitió incrementar la producción agropecuaria en el Chaco semiárido, fue, al mismo tiempo, la causa principal de las altas tasas de deforestación (Gasparri *et al.*, 2015), con la consecuente pérdida de hábitats, biodiversidad, *stock* de carbono y regulación del ciclo del agua, entre otros servicios ecosistémicos (Volante *et al.*, 2016).

En respuesta a la alta tasa de deforestación, se dictó en el año 2007 la Ley Nacional 26331 de “Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos” (Ley de bosques) que, junto con las leyes y reglamentaciones provinciales de ordenamiento de bosques, clasifican las áreas con bosques nativos en tres niveles de protección: categoría I (rojo), categoría II (amarillo) y categoría III (verde).

La categoría donde se producen los mayores conflictos es la II (amarillo), que permite el aprovechamiento sostenible del bosque (forestal y ganadero), el turismo, la recolección y la investigación científica, pero no el desmonte.

Sistemas silvopastoriles en bosques nativos

La ganadería se ha extendido en áreas boscosas de la región a través de distintas prácticas de corte de la vegetación leñosa, que van desde el desmonte total con siembra de cultivos forrajeros (principalmente maíz y sorgo) o pasturas megatérmicas, hasta cortes selectivos que dejan en pie sólo los árboles de mayor tamaño. Esta última práctica, conocida como desarbustado, “desbajado” o desmonte selectivo, se realiza generalmente con rolos que aplastan y cortan el estrato arbustivo (foto 1).

El estrato arbustivo, además de competir por los recursos con la pastura, dificulta el manejo ganadero (un aspecto particularmente crítico durante la parición), causa lesiones (fundamentalmente prepucios de toros y ombligos de terneros recién nacidos) y complica la labor con maquinarias, como la confección de rollos y la cosecha de semilla.

El desarbustado se realiza para incrementar la oferta forrajera y favorecer el tránsito de los animales y su acceso al pasto. Al disminuir la competencia de los arbustos por luz, agua y nutrientes se generan las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo del estrato herbáceo. En estas condiciones, aumenta la cobertura y la oferta forrajera de gramíneas nativas (ej. *Setaria*, *Trichloris*, *Gouinia*, *Pappophorum* spp.). Esto permite incrementar la carga animal a 0,2-0,3 equivalentes vaca por hectárea (Kunst *et al.*, 2016).

Sin embargo, junto con el desarbustado es frecuente observar la implantación de gramíneas megatérmicas exóticas, como *Megathyrsus maximus* (antes *Panicum maximum*), principalmente los cultivares *Gatton panic* y *Green panic* (denominados *Gatton panic* en general). Esta práctica permite incrementar aún más la oferta forrajera y la carga animal hasta alcanzar valores de 0,5-1 EV/ha (Kunst *et al.*, 2016). Cabe aclarar que estos valores se obtuvieron en condiciones experimentales, y si bien pueden ser tomados como referencia, es probable que sean algo menores a escala predial y a nivel del productor agropecuario.

Foto 1. Maquinaria usada para el rolado



Además, la inversión monetaria inicial que implica aplicar un desarbustado es menor que la de un desmonte total y se realiza más rápidamente. Mientras que el costo del servicio de desmonte es de aproximadamente 1000 litros de gasoil por hectárea, el del desarbustado inicial con tratamiento de rolado es de unos 200 litros (de consultas personales a oferentes de servicios). Además, el desarbustado ofrece beneficios adicionales respecto del desmonte total para la producción ganadera, dado que la cobertura de árboles brinda sombra para el ganado, morigera el efecto de temperaturas extremas sobre el crecimiento y la calidad de la pastura y aporta mantillo para la cobertura del suelo y el ciclado de nutrientes, además de otros servicios ecosistémicos asociados a la cobertura arbórea (Radrizzani y Renolfi, 2004).

En términos generales, los sistemas que integran árboles y arbustos con pastura y producción ganadera en una misma unidad de tierra son conocidos en el mundo como *sistemas silvopastoriles*. A diferencia de otros sistemas de este tipo que son creados a través de la implantación de árboles con un diseño y densidad planificados, el desarbustado se utiliza para crear un sistema silvopastoril a partir de los árboles existentes, con alta variabilidad de la densidad, tamaño y especies, dependiente de las condiciones ambientales y del manejo previo del bosque. Se estima que un 30% de la superficie con bosques en la región chaqueña involucra algún tipo de uso silvopastoril (Peri, 2012).

El funcionamiento de los sistemas silvopastoriles ha sido estudiado durante más de 25 años (desde 1990 a la fecha) por la Estación Experimental Agropecuaria de Santiago del Estero del INTA, junto a las Facultades de Ciencias Forestales y de Agronomía y Agroindustrias de la Universidad Nacional de Santiago del Estero. A partir de estos estudios, actualmente se recomienda aplicar un tratamiento denominado “rolado selectivo de baja intensidad” (RBI) (Kunst *et al.*, 2008). Su utilización genera las condiciones adecuadas para la producción ganadera y forestal, causando el menor daño posible a la estructura del bosque original. A diferencia de los típicos tratamientos de desarbustado de alta intensidad, con rolos de gran tamaño remolcados por topadoras (en algunos casos, con pala frontal; foto 2), el rolado de baja intensidad propone un tratamiento mecánico de dos pasadas de rolo (la segunda a 45 grados de la primera) de dimensiones moderadas, ejecutado por personal capacitado (Kunst *et al.*, 2016) (fotos 3 y 4).

Si bien el control del rebrote de arbustos (renoval) puede hacerse a través de la quema prescrita (controlada) y de la aplicación de herbicidas, estas prácticas no están recomendadas en el tratamiento de rolado de baja intensidad.

En este tratamiento, se propone controlar el renoval a través de una repetición del rolado para mantener en el tiempo la producción de la pastura y favorecer el acceso de los animales. Tras la repetición de esta práctica en forma sucesiva (en promedio cada 4 o 5 años), se cortan o eliminan los árboles pequeños junto con el estrato arbustivo. Al impedir la regeneración y reposición del estrato arbóreo, si no se realiza un plan programado de clausuras, el sistema silvopastoril no logra perpetuarse en el tiempo (Navall, 2008).

El manejo forestal exige talar los árboles una vez que alcanzan el diámetro de corte, práctica que en la región se realiza cada 20 años en un marco de rotación en distintos sectores del predio. Para lograr el reemplazo de los árboles talados por los nuevos individuos que se regeneran naturalmente, se propone que el sector que fue talado se cierre durante tres años antes de efectuar un nuevo rolado (Navall, 2008). Sin la presencia de animales durante ese período, la regeneración de especies forestales deseables alcanzará unos dos metros, altura que permitirá que la planta escape del efecto del ramoneo (Brassiolo *et al.*, 2008). Además, nuevos individuos de esa altura pueden ser vistos y evitados por el maquinista durante el re rolado; caso contrario, será necesario seleccionar y proteger (con ramas o jaulas) un determinado número de plantas chicas en forma previa (Navall, 2008).

En términos generales, el rolado de baja intensidad propone que, en la historia de uso de un lote, se destine el 60% del tiempo al pastoreo, el 20% al rolado e implantación de pasturas y el restante 20% a la regeneración forestal. Si en un sistema silvopastoril manejado con rolado de baja intensidad se ajusta por este 60% la carga potencial antes mencionada de 0,5 a 1 EV/ha, se

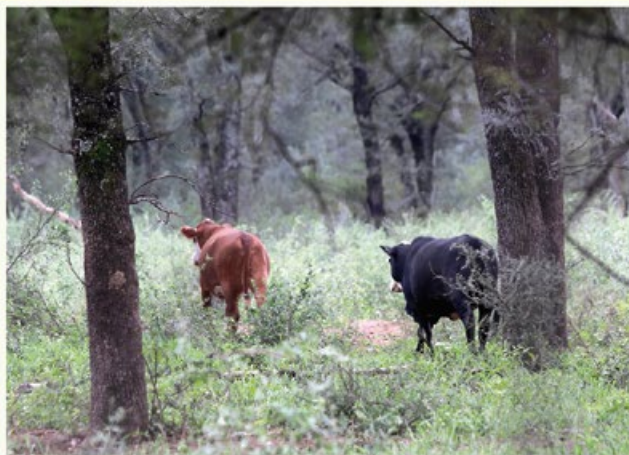
Foto 2. Desarbustado de "alta intensidad" con baja densidad de árboles



Foto 3. Pastura debajo de árboles en un sistema de rolado selectivo de baja intensidad



Foto 4. Animales pastoreando bajo una elevada densidad de árboles (predio en Santiago del Estero).



obtiene un valor de carga potencial de estos sistemas de entre 0,3 y 0,6 EV/ha. En otros términos, por cada 100 hectáreas se podría asignar una carga de entre 30 y 60 EV.

Aunque con este manejo se reduce bastante la “superficie productiva efectiva anual” del predio, hay que destacar que, si no se clausura este 40% de la superficie silvopastoril, se pone en riesgo la persistencia del bosque, que es una de las exigencias de la ley de bosques para áreas de categoría II (amarillas).

Comparado con una pastura sin árboles, el sistema silvopastoril, además de contar con menor superficie productiva efectiva anual, tiene un costo adicional representado por tareas extra de protección con jaulas y cercados temporarios de árboles en regeneración, así como del personal necesario para controlar el ganado (para localizar a todos los animales, la recorrida debe efectuarse más frecuentemente en un potrero con árboles que en uno sin árboles). Además, para una misma cantidad de animales, el sistema silvopastoril exige una superficie sin cobertura de árboles mayor que el pastoril; por lo tanto, mayor será la distancia que deberá cubrirse tanto para la distribución de agua (mayor distancia de cañerías y mayor presión de agua), como para la infraestructura de callejones y corrales de encierre.

Manejo de bosque con ganadería integrada

Para contribuir a la conservación del bosque nativo y a la producción ganadera en áreas amarillas, en el año 2015 se firmó un convenio (N° 32/2015) entre el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca y la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, denominado “Principios y lineamientos nacionales para el Manejo de Bosques con Ganadería Integrada” (MBGI). Allí se proponen algunos principios generales, criterios e indicadores para el diseño, la planificación y el monitoreo de un ecosistema (predio) donde se produzcan carne y productos forestales manteniendo el bosque nativo y sus servicios ecosistémicos. El convenio tiende a mantener o mejorar tres principios de la sostenibilidad en forma simultánea: la productividad del ecosistema, la integridad del bosque nativo y sus servicios ecosistémicos y el bienestar de las comunidades rurales asociadas al uso del bosque.

El convenio destaca que los lineamientos son nacionales y precisan definiciones de parte de organismos provinciales que les den “sentido y operatividad a escala local”. A tal fin, recomienda organizar mesas de diálogo técnico con los sectores público y privado para presentar la propuesta y evaluar la receptividad por parte de

los actores locales. Esto es particularmente importante, dado que en el proceso de definición del convenio no participaron asociaciones de productores, a pesar de que son ellos quienes tendrán que experimentar estos lineamientos en sus predios. En la medida en que se involucre a los productores, se podrán adaptar estos lineamientos a las diversas situaciones ambientales y a los sistemas productivos existentes.

En los lineamientos generales del convenio se establece que, dentro del área amarilla, un predio deberá reservar el 10% de su superficie para la conservación del bosque nativo (sin presencia de ganado); podrá destinar otro 10% a pasturas o cultivos forrajeros (preferentemente un área sin bosque), y utilizar el 80% restante para desarrollar un sistema silvopastoril que genere carne y productos forestales, manteniendo los servicios ecosistémicos del bosque original.

Con respecto al 10% de reserva del bosque nativo que debe permanecer libre de ganado, el acuerdo no establece cómo prevenir el alto riesgo de incendio que implica la acumulación de combustible (pasto) al suprimir el pastoreo en sitios de baja cobertura leñosa, donde gramíneas como *Gatton panic* invaden naturalmente.

En cuanto al 10% del predio destinado a la producción de forraje, no se explicita el criterio utilizado para determinar que ese 10% será suficiente, particularmente si además de cría se realizan otras actividades como cría y engorde, que demandan una superficie mayor para la producción de granos, rollos, silos y verdeos. Para lograr un buen control y cuidado de algunas categorías (vacas en parición, terneros recién destetados, toros en servicio), el sistema de cría exige una superficie superior al 10% del predio con potreros sin residuos leñosos (limpios de tocones, troncos y ramas con espinas). De esta manera, se evitan accidentes, infecciones y mortalidad de terneros (ombligos lastimados) y animales adultos (vacas con problemas de partos no atendidos a tiempo y toros con prepucios dañados). Los potreros con residuos leñosos (sistemas silvopastotiles tratados con rolos de baja intensidad) podrían destinarse a otras categorías de bovinos que requieren menor control y cuidados, como las vacas secas.

Con respecto al 80% del predio bajo un sistema silvopastoril, los lineamientos establecen claramente el manejo del estrato arbustivo sobre la base de la experiencia del tratamiento de rolo de baja intensidad. Sin embargo, este es un modelo teórico desarrollado a partir de ensayos experimentales en pequeña escala (parcelas de 1 a 25 ha) en un ambiente específico del centro-oeste de la provincia de Santiago del Estero (Campo Experimental “Francisco Cantos” de la Esta-



ES UNA GRAN RESPONSABILIDAD SER LA MEJOR EMPRESA LÁCTEA.

Una responsabilidad que asumimos hace más de 85 años y que alimentamos día a día a través de toda nuestra cadena de producción, con el compromiso de ofrecer productos lácteos de máxima calidad a millones de argentinos.



3.842
EMPLEADOS



61.900
PUNTOS
DE VENTA



MÁS DE
150
PRODUCTOS



816
CAMIONES DE
DISTRIBUCIÓN



7 PLANTAS
ELABORADORAS



5 PLANTAS
CLASIFICADORAS



724
TAMBOS

139
CAMIONES DE
RECOLECCIÓN



ción Experimental Agropecuaria de Santiago del Estero del INTA, 28°01'53.51"S, 64°17'15.28"O). Por lo tanto, aún debe ser validado a escala predial (por ejemplo, 80% del predio) y en la gran heterogeneidad ambiental y de sistemas productivos existentes en la región. Una propuesta tecnológica que aún está en etapa experimental debería ser aplicada como tal en una pequeña parte del predio. Además, una propuesta única para todos los predios carecería de la flexibilidad necesaria para adaptarse a los distintos ambientes y sistemas productivos.

Por otro lado, el convenio MBGI permite intervenir una superficie mayor que la establecida actualmente en la legislación provincial. Por ejemplo, en el marco vigente en la provincia de Santiago del Estero (Ley 6841 de 2007), sólo se permite intervenir con ganadería el 50% del área cubierta con bosque (40% para sistema silvopastoril y 10% para producción forrajera). El otro 50% debe reservarse para la conservación del bosque nativo, frente al 10% de la propuesta MBGI. Esta última permite intervenir el 90% del predio (80% con sistema silvopastoril más 10% para producción forrajera). Al ser mayor la proporción del predio intervenida en el marco del MBGI, más eficiente deberá ser el sistema de control de los Estados provinciales para monitorear el grado de conservación del bosque nativo.

Además, en el marco del convenio MBGI se definió un programa de seguimiento de los planes de manejo en los sitios piloto que integran el programa, a través de 17 indicadores de sostenibilidad. Se espera que la evaluación y el seguimiento permitan identificar los desvíos existentes respecto de lo planificado y ajustar los objetivos particulares, las estrategias y los parámetros de intervención para mejorar los resultados de la ejecución en un planteo de manejo adaptativo. El monitoreo de los indicadores de sostenibilidad sumará una tarea adicional con un costo extra, principalmente en las jornadas laborales de técnicos, que deberá considerarse en el análisis económico predial.

Además de estas consideraciones generales, se destacan tres desafíos tecnológicos que deberá superar el sistema silvopastoril propuesto en el convenio MBGI: a) control del renoval y conservación del bosque nativo, b) invasión de *Gatton panic* y c) riesgo de incendios.

Control del renoval y conservación del bosque nativo

A pesar de que la propuesta tecnológica del MBGI se basa en el tratamiento de rolado de baja intensidad, no queda claro cuál es el fundamento de la exigencia de mantener sin desarbustar el 30% de cada hectárea. La aplicación de este criterio complicaría el manejo de los animales y no aseguraría la regeneración arbórea. Cabe

esperar que los árboles nuevos tengan mejores condiciones para crecer en el área sin desarbustar que en la superficie desarbustada por no estar expuestos al corte del rolo. Sin embargo, los individuos nuevos que crezcan en el área sin desarbustar estarán expuestos al efecto del ramoneo por la presencia permanente de animales, condición en la que podría verse limitada e incluso impedida la regeneración de especies como quebracho colorado santiagueño y chaqueño (*Schinopsis lorentzii* y *Schinopsis balansae*, respectivamente) (Morello y Saravia Toledo, 1959, y Torrella *et al.*, 2015). Para asegurar la regeneración de algunas especies forestales, no alcanza con dejar el 30% de cada hectárea sin desarbustar. Es necesario hacer clausuras de tres años luego de la corta forestal y previo al re rolado, tal como se propone en el tratamiento de rolado de baja intensidad (Navall, 2008).

En sus principios generales, el convenio MBGI establece que todo plan productivo en bosques nativos “debe asegurar la provisión de los servicios ecosistémicos que dependen de la integridad del paisaje y de evitar su fragmentación”. Sin embargo, dejar un 30% de cada hectárea sin desarbustar generará una gran fragmentación del bosque en pequeñas parcelas de menos de 0,3 hectáreas. Se ha observado que la fragmentación del bosque chaqueño afecta el proceso de regeneración de árboles y perjudica la conservación del bosque (Torrella *et al.*, 2013). Al comparar la estructura boscosa del interior de un fragmento con la de sus bordes en el Chaco semiárido, se observó mayor densidad de árboles grandes y mayor cobertura del estrato arbóreo en el interior del fragmento, mientras que en los bordes se registró mayor densidad de tallos pequeños y mayor cobertura del estrato arbustivo (López de Casenave *et al.*, 1995). La fragmentación en pequeñas áreas deja expuesta una mayor proporción de borde respecto del área total, que la que deja expuesta una fragmentación en grandes áreas.

Para facilitar la conservación del bosque, sería conveniente un diseño del paisaje con fragmentos más grandes (por ejemplo, isletas de bosque) y con mayor conectividad (corredores biológicos). En este sentido, estudios que comparan la biodiversidad existente en el bosque nativo respecto de la observada en campos ganaderos del Chaco paraguayo, concluyen que los campos ganaderos que conservan bosque distribuido en isletas alternadas con pasturas sin árboles, y que construyen represas o tajamares que aportan una fuente de agua segura para los animales silvestres, por lo general presentan mayor biodiversidad natural que el bosque nativo cerrado (Carlini, 1999; Glatzle, 2009).

Por otra parte, en el área desarbustada (70% de cada hectárea) la supervivencia y el crecimiento de los nuevos

árboles se verán limitados o impedidos por el efecto del re rolado y del ramoneo. Otro factor que puede afectar la regeneración natural del bosque es la aplicación de herbicidas, si se realizan tratamientos químicos de control de renoval. Por otra parte, la implantación de una gramínea vigorosa como *Gatton panic* sumará un efecto de competencia por agua, nutrientes y luz, limitando o impidiendo aún más la regeneración y el crecimiento de nuevos árboles. Aun si se clausurara un sector del sistema silvopastoril por unos años para eliminar el efecto del re rolado y el ramoneo (como se recomienda en el tratamiento de rolado de baja intensidad), la competencia de la pastura podría comprometer la regeneración natural de algunos árboles. Este efecto aún no ha sido suficientemente evaluado como para predecir en forma realista la capacidad de los individuos más pequeños para crecer y formar parte de la masa forestal adulta (Gomes y Navall, 2008).

Invasión de *Gatton panic*

En el tercer lineamiento del MBGI se establece que es adecuado implantar gramíneas megatérmicas como *Gatton panic* y *Buffel grass* (actualmente *Pennisetum ciliare*, antes *Cenchrus ciliaris*), en la medida en que esto no comprometa la sostenibilidad. *Gatton panic* es una forrajera que produce bien en ambientes sombreados; su crecimiento es incluso estimulado por el sombreado, a diferencia de lo que ocurre con *Buffel grass* que tiene baja tolerancia a la sombra (Wilson, 1996). Además, *Gatton panic* crece vigorosamente y tiene dominancia sobre gramíneas nativas en suelos con adecuada disponibilidad de nitrógeno (Radrizzani *et al.*, 2016), condición que se da en sistemas silvopastoriles por el alto aporte de materia orgánica del mantillo (Anríquez y Albanesi, 2008) y por la elevada tasa de mineralización del nitrógeno en suelos sombreados (Wilson, 1996).

La tolerancia a la sombra y la aptitud para desarrollarse en suelos con buena disponibilidad de nitrógeno, sumada a su alta capacidad de resiembra (Mc Cosker and Teitzel, 1976), determinan que *Gatton panic* se comporte como una forrajera invasora en ambientes sombreados, y que sea la especie más difundida en los sistemas silvopastoriles de la región.

Sin embargo, para planificar una cadena forrajera en un sistema pastoril se recomienda utilizar más de una especie. El uso de diversos genotipos con características diferentes en su potencial productivo y valor nutritivo en distintas épocas del año permite ajustar la oferta de forraje a la demanda de los animales. Un sistema pastoril que suma *Buffel grass* al *Gatton Panic* dispondrá de forraje de calidad durante un período más prolongado,

dado que a la salida del invierno *Buffel grass* comienza a crecer antes (De León, 2005). Además, contar con una cadena forrajera que incluya esta especie permitirá disponer de pasturas en crecimiento, aun en períodos de sequía, dado que esta pastura tiene mayor tolerancia que *Gatton panic* (Tsiung, 1976). Por otra parte, *Buffel grass* se desarrolla bien en suelos con baja fertilidad (Ibarra *et al.*, 1995), característica que le permitirá crecer en sitios a los que *Gatton panic* no se adaptaría (siempre y cuando el nivel de sombreado sea bajo). Aprovechar esta complementariedad aumenta la estabilidad del sistema pastoril.

Otra razón por la cual se recomienda utilizar más de una especie forrajera es la posibilidad de disminuir el posible riesgo de un ataque de plagas o de enfermedades, como suele ocurrir en monocultivos agrícolas. Las pasturas pueden sufrir el ataque de hormigas (*Atta* sp.) –que ocasionan la pérdida de plantas en la etapa de implantación– y de gusanos del suelo y de la hoja. Otras plagas como el “salivazo” (causado por insectos chupadores) afectan principalmente a algunas especies y cultivares que son más susceptibles. También es común observar daños en pasturas producidos por enfermedades, generalmente causadas por hongos. Ejemplos típicos son la quemazón de la hoja (*Curvalaria* sp.) en *Gatton panic* y mancha púrpura (*Helminthosporium sacchari*) en pasto elefante (*Pennisetum purpureum*).

La utilización de especies, híbridos o cultivares resistentes constituye la forma más apropiada para evitar este tipo de enfermedades. Un sistema pastoril basado exclusivamente en una forrajera (como *Gatton panic* en el 80% del predio) estará muy expuesto al ataque de plagas o enfermedades, característica que lo hace poco estable.

Sumado a los inconvenientes y riesgos de establecer un sistema pastoril basado en una sola forrajera, que además es una especie invasora en ambientes boscosos, existe un alto riesgo de incendio si el pastoreo no se realiza en forma adecuada.

Riesgo de incendios

El clima de la región chaqueña, con inviernos y primaveras secas, y veranos, otoños y primaveras calurosas, genera condiciones ambientales propicias para la ocurrencia de incendios. Además, los vientos cálidos del norte-noreste que soplan durante el verano y la baja humedad relativa determinan que los fuegos sean intensos y se propaguen fácilmente. La mayor ocurrencia de incendios se da en paisajes de pastizales (abras y sabanas) donde hay acumulación de combustible fino (pasto seco); en cambio, por lo general el fuego no avanza en el bosque, excepto en condiciones de temperaturas extremas y sequía (Adámoli *et al.*, 1990). Sin embargo, cuando

el bosque es desarbustado se genera un ambiente favorable para el avance del fuego, situación que se vuelve aún más propicia cuando se introduce una gramínea invasora, con gran capacidad de producir biomasa. Este material es combustible fino susceptible a incendios, sobre todo cuando el pasto está seco (invierno, primavera y períodos de sequía durante el verano).

En la medida en que se implementen sistemas silvopastoriles en el marco del convenio MBGI, se ampliará la superficie con una matriz casi continua de un ambiente de bosque desarbustado con acumulación de pasto. Adicionalmente, un suelo cubierto por residuos leñosos y tallos de árboles y arbustos cortados (tocos) impedirá el corte y la extracción del exceso de pasto (henificado), práctica utilizada en pasturas abiertas para reducir el riesgo de incendio.

En los sistemas silvopastoriles, el exceso de pasto seco acumulado sólo se puede controlar con pastoreo. Esta situación se agrava ante la inexistencia de sistemas de alerta y brigadas antiincendios que puedan prevenirlos y controlarlos. Por otro lado, los predios, en su gran mayoría, no cuentan con maquinaria, herramientas y personal capacitado para realizar tareas de prevención y combate de incendios. Tampoco existen diseños de planificación predial que contemplen este riesgo y las clásicas picadas cortafuegos no son suficientes. Por otra parte, la restricción de desmontar sólo el 10% de la superficie limita la posibilidad de hacer contrafuegos efectivos con franjas de, al menos, 50 metros de ancho por la longitud del perímetro de cada potrero, ya sea con maquinaria y/o con quema prescrita.

Ante un escenario de cambio climático, con pronósticos para la región de ciclos de sequía asociados a otros factores extremos (altas temperaturas y vientos fuertes), la frecuencia e intensidad de incendios podría aumentar, con la consecuente pérdida de animales domésticos, fauna silvestre e infraestructura (alambrados, corrales y construcciones). El aumento de la frecuencia e intensidad de los incendios podría incluso poner en riesgo la vida de pobladores y comunidades rurales. Esta situación plantea la necesidad de tomar medidas preventivas para evitar incendios que aumentan junto con la expansión de los sistemas silvopastoriles. Entre otras alternativas, es necesario evaluar otros diseños de paisaje, por ejemplo intercalar áreas con estos sistemas en otras sin bosque que produzcan cultivos forrajeros y pasturas en los que se pueda mantener cortafuegos y contrafuegos con manejo del pastoreo y corte.

Conclusiones

Las tecnologías de intensificación de la producción bovina permitieron incrementar la producción ganadera en la región del Chaco semiárido. Sin embargo, es necesario seguir ajustando propuestas que integren una producción ganadera eficiente y estable, con las demandas ambientales de conservación de los servicios ecosistémicos del bosque nativo. Esto es particularmente importante en un contexto de escasez de tierras, y de tensión creciente entre el sector de la producción agropecuaria y el de la conservación de hábitats naturales.

Los sistemas silvopastoriles se han difundido en la región como una alternativa válida para producir carne, pero se requiere un manejo adecuado y complejo para conservar el bosque nativo. La propuesta técnica del rolado de baja intensidad desarrollada por el INTA a nivel experimental, aún debe ser validada a escala predial y adaptada a la gran heterogeneidad ambiental y de sistemas productivos existentes en la región.

El convenio MBGI es una propuesta innovadora que puede disminuir la tensión creciente entre el sector de la producción y el de la conservación del bosque nativo en zonas amarillas. Sin embargo, es aún una propuesta teórica con lineamientos que plantean importantes desafíos tecnológicos. Para superarlos, es necesario flexibilizar los lineamientos del MBGI con la participación de todos los actores involucrados, particularmente los productores agropecuarios, que son quienes tienen que evaluar esta propuesta en sus predios.

Finalmente, es necesario que la innovación y la capacidad creativa del hombre sigan sumando alternativas que aporten a una producción ganadera eficiente y estable, y que, al mismo tiempo, mantengan los servicios ecosistémicos que brinda el bosque nativo.

Manejo sostenible de pastizales naturales y bosque chaqueño

■ **Ing. Agr. Pablo Preliasco**

Coordinador de Ganadería Sustentable,
Fundación Vida Silvestre¹

Cuando hablamos de conservación de la biodiversidad, surge la importancia de proteger los ecosistemas más representativos en este sentido; por ejemplo, las selvas tropicales. Sin embargo, el tema no se agota allí. Para tener una muestra del “todo”, es necesario asegu-

¹ Fundación Vida Silvestre Argentina es una ONG creada hace 40 años, cuya misión es proponer e implementar soluciones para conservar la naturaleza, promover el uso sustentable de los recursos naturales y una conducta responsable del hombre, siempre basados en el conocimiento científico vigente. Desde 1988, está asociada y representa en la Argentina a la Organización Mundial de Conservación (WWF).

NUEVO DEFENSOR 3500

MAYOR POTENCIA Y ECONOMÍA

Motor FPT NEF con 6 cilindros de 250Cv



MAYOR AUTONOMÍA

Tanque de 3500 litros

MAYOR CAPACIDAD OPERATIVA

Barral de acero y aluminio de 36 metros con 9 secciones



MAYOR EFICIENCIA

Variador de velocidad que otorga simplicidad a la operación

MAYOR CALIDAD DE APLICACIÓN

Piloto automático PLM®, dosis variable, corte por secciones y control de altura



MAYOR ESTABILIDAD Y CONFORT

Suspensión mecánica independiente en las 4 ruedas y suspensión hidráulica activa delantera



ACERCATE A UN CONCESIONARIO Y CONOCÉ
TODO LO QUE DEFENSOR TIENE PARA VOS.



 **NEW HOLLAND**
AGRICULTURE

CADA VEZ HAY MÁS

 /NewHollandArg

 @NewHollandArg

 +54 9 11 60359753

 NewHollandArgentina

 /NewHollandArg

www.newholland.com.ar

rar que una porción de cada tipo de ambiente se conserve a perpetuidad. Hay consenso a nivel global en que a través de un uso realmente sostenible de los recursos naturales, combinado con áreas protegidas estrictas, se debería alcanzar un porcentaje del territorio tal que podamos asegurar a futuro muestras viables de los distintos ambientes que componen los territorios nacionales (ecorregiones).

Visión: conservación del hábitat

La conversión de ecosistemas naturales a tierras cultivadas creció de la mano de las fuerzas del mercado y de políticas de promoción de las actividades productivas, sin un plan de ordenamiento del territorio capaz de prevenir los graves problemas ambientales que se desencadenaron luego y que eran claramente evitables (pérdida de hábitat, fragmentación, inundaciones, extinciones). Los ambientes con suelos más aptos para la agricultura fueron reemplazados; lo mismo ocurrió con actividades como la forestación. En la figura 1 (izq.), el

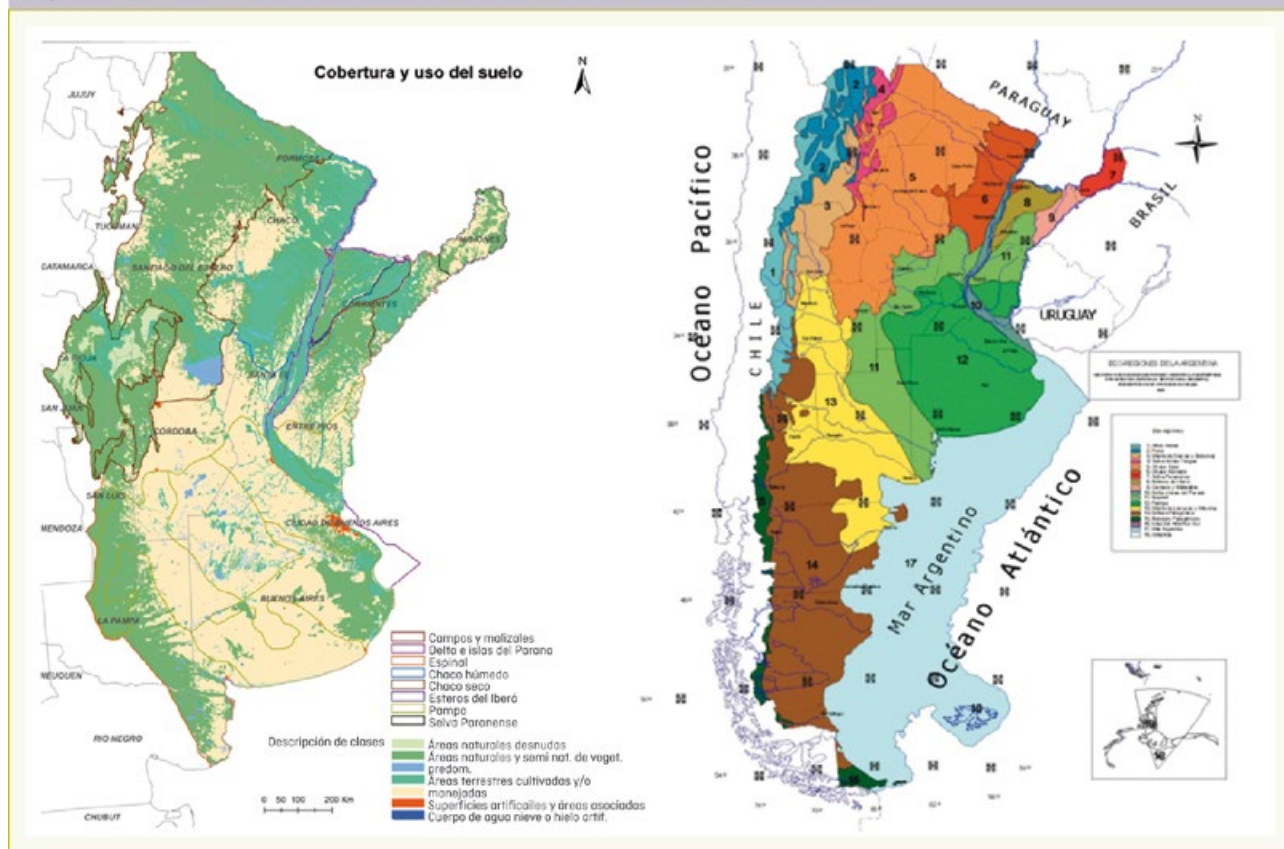
área verde muestra los ambientes naturales remanentes y las amarillas, la conversión a agricultura, pasturas o forestaciones. En verde claro figuran los humedales.

La ganadería extensiva ocupa la mayoría de esas áreas remanentes (INTA, 2009). Al superponer el mapa de cobertura del suelo con el de las ecorregiones (figura 2) podemos deducir que los últimos relictos de la ecorregión pampeana húmeda son los que quedan al este de la Depresión del Salado (Burkart *et al.*, 1999).

Por otro lado, la Argentina suscribió, junto a más de 100 países, la meta Aichi² del Convenio de Diversidad Biológica, donde se comprometió a proteger un mínimo de 17% de la superficie de cada ecorregión (UNEP, 2010). El desafío es importante si consideramos que cerca del 90% de las tierras nacionales se encuentran en manos privadas, y que algunas ecorregiones están muy poco representadas en el Sistema Federal de Áreas Protegidas (gráfico 1).

Así, resulta evidente que los pastizales húmedos pampeanos, los ambientes chaqueños, el espinal y los

Figuras 1 y 2. Cambios en el uso del suelo [izq. INTA 2009] y ecorregiones argentinas [der.]



Fuente: Burkart 1999.

² Nagoya, prefectura de Aichi en Japón, fue el sitio donde se celebró el convenio en octubre de 2010.

campos y malezales no se encuentran suficientemente protegidos. A su vez, algunas ecorregiones, como el espinal y la región pampeana, han sido fuertemente transformadas por la agricultura, encendiendo una luz roja que anima a priorizar acciones de conservación. Hoy, ya no queda ese 17% de la ecorregión pampeana que se debía proteger y, dado que la conversión no se detiene, se puede aventurar que se trata de una ecorregión en vías de extinción.

La meta es llegar a un 4-5% de la superficie protegida estricta (parques nacionales o provinciales) de propiedad estatal, y completar hasta el 17% con uso sostenible. Es decir, ese 12-13% restante debería asegurar un uso sostenible del recurso natural en manos privadas.

Con una mirada conservacionista, la definición de manejo sostenible tiene todo el peso de la biodiversidad: así, refiere a “la organización, administración y uso de los ecosistemas con una forma e intensidad tal que permita mantener su productividad, vitalidad, potencialidad y capacidad de regeneración, para atender, ahora y en el futuro, las funciones ecológicas, económicas y sociales relevantes en el ámbito local y nacional, sin producir daños a otros ecosistemas, manteniendo los servicios ambientales que prestan a la sociedad” (modificado del Artículo 4° de la Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos).

Esta definición de manejo sostenible es compatible con algunas modalidades de la ganadería, pero es incompatible con la agricultura y con otras actividades que implican el reemplazo de ecosistemas. La conservación en sistemas agrícolas implica separar las áreas a conservar de las áreas en producción.

Con la ganadería es posible producir y conservar la biodiversidad en un mismo sitio a partir de sistemas basados en el manejo de pastizales. En el bosque chaqueño, por ejemplo, el Manejo de Bosque con Ganadería Integrada³ (MBGI) va en el mismo sentido. Esta parece ser la mejor herramienta para alcanzar la meta del 17% en ecorregiones con uso pastoril.

Podríamos estar cerca de lograrlo, pero se registra un desbalance en la oferta de tecnologías para la producción ganadera en pastizales. No es que no exista el conocimiento. Las universidades, el Conicet, el INTA, etc., han generado conocimiento suficiente como para producir muy bien, con un negocio competitivo y conservando el recurso. Se trata, en su mayoría, de tecnologías de procesos gratuitas, con las dificultades que conlleva la transferencia al productor cuando no existe un

driver comercial atractivo en la dupla oferta-demanda. La tarea queda, entonces, en manos de algunas ONG y del Estado (INTA y universidades), que realizan su mayor esfuerzo de transferencia, a menudo insuficiente, en un marco de competencia de tecnologías de insumos.

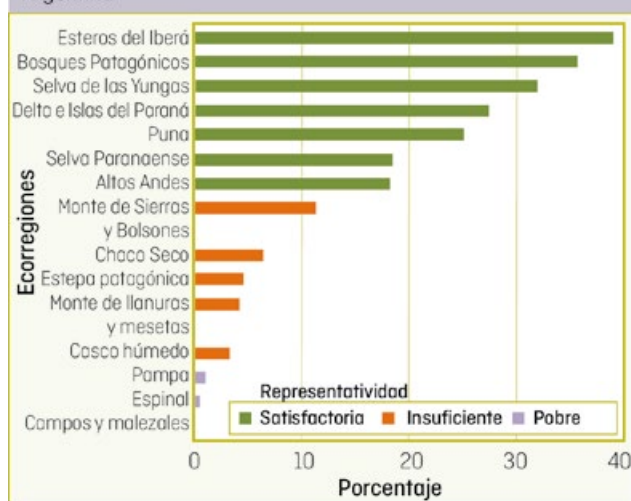
Con ese fin, Fundación Vida Silvestre y Aves Argentinas coordinaron el desarrollo y la impresión de un *Kit de Buenas Prácticas para una Ganadería Sustentable*, que reúne gran parte de la información técnica disponible para productores, estudiantes y asesores profesionales. En particular, el manual *Manejo de pastizales naturales para una ganadería sustentable para la pampa deprimida* resume la vasta experiencia de la Fauba en el tema (se puede acceder a su publicación gratuita en www.vidasilvestre.org.ar/kit).

Por otro lado, la formación de los profesionales para el campo tiene, en general, un sesgo hacia la lógica agrícola: involucra la toma de decisiones de corto plazo basadas en márgenes brutos, en el cultivo de especies aptas para cada ambiente en reemplazo de la vegetación nativa y en la maximización de la producción, en lugar de perseguir resultados de largo plazo. Una lógica deficiente en la sensibilización hacia la conservación de todos los recursos que no sean el suelo.

Ganadería en la Cuenca del Salado

El pastizal pampeano aún se encuentra amenazado por la degradación y la conversión. En términos generales, la degradación se produce básicamente por sobre-

Gráfico 1. Porcentaje protegido de cada ecorregión de la Argentina



Fuente: Burkart, 2006.

³ En 2015, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) y la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS) de la Nación firmaron el Convenio de Articulación Institucional N°32/2015, bajo la denominación de “Principios y Lineamientos Nacionales para el Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI)”, que propone el aprovechamiento del bosque de una manera integral que sirva como una alternativa de desarrollo sustentable frente a los cambios en el uso del suelo.

pastoreo en pastizales húmedos y sin pendiente. Se trata de una situación reversible a través del manejo.

La conversión, en cambio, se asimila más a lo irreversible. Sin embargo, si el lote convertido estuviera cerca de fuentes de propágulos de vegetación nativa y el cultivo no fuera muy invasor, sería posible restaurar pastizales o bosques, siempre y cuando se disponga de mucho tiempo. Pero cuando interviene el largo plazo, se piensa en la irreversibilidad.

El manejo incorrecto de pastizales en la Depresión del Salado ha provocado una degradación, pero la disminución y fragmentación de lo que queda de Pampas se produjo por conversión. Básicamente hay dos tecnologías que están provocando un daño evitable: la siembra de festuca en reemplazo de pastizales y el uso del glifosato para promocionar raigrás. La festuca es la especie más invasiva que se ve en la región. En las rotaciones de pasturas y cultivos debería ser reemplazada por otras gramíneas. Por otro lado, la aplicación de glifosato sobre los pastizales de media loma para promover raigrás puede ser reemplazada por pastoreos intensos con idéntico resultado, pero manteniendo la diversidad.

La cátedra de Forrajes de la Fauba desarrolló una modalidad de manejo para la Cuenca del Salado a la que bautizó *pastoreo controlado* (Deregibus, 1995). Esta técnica se basa en las siguientes medidas: concentrar los animales en pocos rodeos numerosos, apotrerar por ambientes y asignar las utilizaciones y descansos en función de los requerimientos de las categorías y de los ambientes. Aplicando esta tecnología en las estancias ganaderas se observan beneficios en los tres pilares de la sostenibilidad: ambiental, económica y social.

Beneficios ambientales

- Biodiversidad. Es posible compatibilizar el uso ganadero con la conservación de la biodiversidad, tanto de la flora como de la fauna. Hoy funciona una red de reservas privadas que se sustentan con esta ganadería (Bilenca, 2009; Bilenca, 2012; Codesido, 2013; Rodríguez, 2016; Perez Carusi, 2017; Bilenca, 2017).

- Emisiones de gases de efecto invernadero: Jacobo (2016) encontró que las emisiones de gases de efecto invernadero de este modelo, a diferencia de los que involucran el cultivo de forrajes, lejos de ser emisores netos de gases, funcionan como sumidero o son neutrales en términos de emisiones debido a la fijación y almacenamiento de carbono por parte del suelo y la vegetación nativa.

- Combustible fósil: Jacobo, (2016) encontró que el manejo de pastizales no implica un movimiento im-

portante de maquinaria; por lo tanto, es el sistema de producción que menos combustible consume por kilo de carne producido.

Beneficios económicos

Al comparar los modelos vigentes de producción ganadera en la Cuenca del Salado, un trabajo conjunto realizado por profesionales de las cátedras de Forrajes y Economía de la Fauba y técnicos de CREA, con la colaboración de INTA y FVSA (Martínez Ortiz *et al.*, en prensa), demostró que el pastoreo controlado y el pastoreo controlado con fertilización fosforada del 20% del campo alcanzan los mejores resultados económicos en el largo plazo, debido a sus bajos costos y buenos resultados productivos. En años de precios favorables, los modelos que involucran la conversión de pastizales para maximizar la producción obtienen márgenes netos importantes, pero en años desfavorables logran márgenes bajos o negativos. El pastoreo controlado, en cambio, obtuvo valores positivos de margen neto en los 13 años de análisis, por lo que fue el modelo que acumuló más riqueza en ese período. A su vez, los valores actuales netos, la retribución al capital circulante y la variabilidad de resultados entre años fueron los más favorables.

En definitiva, los fluctuantes escenarios de precios interanuales revelan la superioridad de los modelos que implican el uso sustentable de pastizales y una pequeña porción con forrajes cultivados por sobre los que implican mayor conversión.

Por otro lado, es sabido que los pastizales han evolucionado en los sitios donde se los encuentra, adaptándose a variaciones climáticas como sequías e inundaciones. La mejor alternativa de prevención de catástrofes en una empresa consiste en lograr que el sistema productivo las supere sin sobresaltos. Cuando el tiempo no acompaña, los cultivos mueren o producen menos o a destiempo. Los pastizales, en cambio, no se pierden luego de inundaciones o sequías, por lo que los eventos extremos climáticos no implican inversiones imprevistas.

Beneficios sociales

Los servicios ecosistémicos de los pastizales se mantienen intactos cuando son bien manejados. La moderación de las inundaciones, la regulación del nivel freático, la baja velocidad de escorrentía, el filtrado del agua, la abundancia de fauna para un uso sostenible, el arraigo ligado a la ganadería, las tradiciones y la identidad cultural, entre otros aspectos, persisten en modelos que no implican la mecanización y el reemplazo del tapiz natural. Al mejorar el manejo, la productividad se incrementa; a su vez, la estabilidad económica de las empre-

sas frente a los vaivenes de los mercados y del clima se traduce en mayor estabilidad económica para la región.

La Fundación Vida Silvestre Argentina trabaja con campos privados demostrativos que, además de producir sobre la base del correcto manejo de los pastizales naturales, constituyen verdaderos refugios de vida silvestre. Allí se toman medidas destinadas a lograr que la biodiversidad correspondiente al sitio permanezca en su lugar. Esto abre puertas para el trabajo en educación y turismo, sin interferir con la producción ganadera, que en todos los casos se incrementa. La conservación no empeora el negocio.

La sustentabilidad en el Gran Chaco

El bosque chaqueño es, después del Amazonas, el segundo más extenso de Sudamérica. Es, además, uno de los 11 mayores frentes de deforestación del mundo (WWF, 2015).

La Ley de Bosques o Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos determinó que las provincias deben realizar un ordenamiento de sus bosques de acuerdo a criterios de sostenibilidad⁴. Es así que hoy existe un mapa de áreas destinadas a la conservación (rojo); otras destinadas al uso sustentable (amarillo), y otras, a actividades que implican conversión (verde) (figura 3).

En las dos últimas décadas, se difundió con éxito en el Chaco seco una tecnología ganadera basada en el reemplazo del bosque por pasturas de *Gatton panic*, entre otras especies, dejando algunos árboles para sombra. Esto explica gran parte de la pérdida de bosques.

Cuando desde el Estado se dispuso que todas las áreas amarillas del ordenamiento territorial de bosque nativo (OTBN) deberían hacer un uso sostenible del recurso, asegurando a perpetuidad las funciones del bosque, surgió la pregunta: ¿Qué es sostenible para el Chaco? Porque, claramente, el reemplazo del bosque por cultivos no lo es.

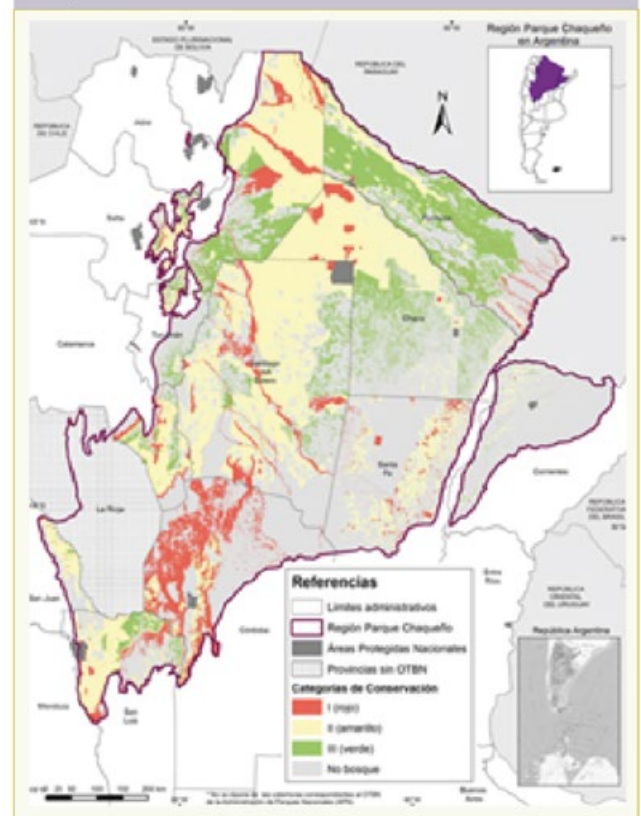
Desde el INTA, dada su larga trayectoria en el desarrollo de tecnologías que apuntan a conciliar la producción ganadera y forestal con la conservación del bosque, surgió una propuesta que favoreció un acuerdo entre los Ministerios de Ambiente y Agroindustria de la Nación: el Manejo de Bosques con Ganadería Integrada. A grandes rasgos, se maneja la accesibilidad en el bosque y el ingreso de luz para fomentar una mayor productividad de pasto bajo el dosel. Este modelo pro-

cura que los ganaderos manejen el bosque y lo utilicen sin comprometer su perpetuidad y funcionalidad.

Como en todo escenario de cambio, hay conflictos. Y hay incluso otro problema: la vocación de uso de un pastizal es claramente pastoril. En el caso de bosques, la vocación es silvícola. Lo pastoril es algo forzado. Entonces ¿qué tan sustentable puede ser? Sin embargo, dado que un establecimiento en el Chaco con un uso puramente maderero no es rentable, el único negocio viable para las empresas del campo chaqueño es el ganadero.

En este escenario, el MBGI parece ser la única opción. El acople de este modelo con la fauna chaqueña es una gran preocupación, y por eso Fundación Vida Silvestre convocó a 50 expertos de INTA de Santiago del Estero, especializados en los distintos grupos de fauna (mamíferos, polinizadores, aves, reptiles y anfibios) para que conozcan el modelo y hagan recomendaciones de

Figura 3. Mapa del ordenamiento de bosques en la ecorregión chaqueña



El área gris corresponde a "no bosque" según cada provincia y la definición de bosques de la Ley.

Fuente: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2014.

⁴ Los criterios de sostenibilidad ambiental para el ordenamiento territorial de los bosques nativos son: superficie, vinculación con otras comunidades naturales, vinculación con áreas protegidas existentes e integración regional, existencia de valores biológicos sobresalientes, conectividad en tres regiones, estado de conservación, potencial forestal, potencial de sostenibilidad agrícola, potencial de conservación de cuencas y valor que las comunidades indígenas y campesinas le otorgan a las áreas boscosas o sus áreas colindantes y el uso que pueden hacer de sus recursos naturales a los fines de su supervivencia y el mantenimiento de su cultura.

ajuste. Así surgió un documento de recomendaciones sencillas y aplicables, que nos animan a seguir trabajando en el camino de la sostenibilidad y la mejora continua (Aprile *et al.*, 2016).

En línea con el *Kit de Ganadería Sustentable de Pastizales*, junto con INTA y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, se desarrolló un *Kit de Buenas Prácticas para una Ganadería Sustentable del Bosque Chaqueño* (www.vidasilvestre.org.ar/kitchaco).

En definitiva, es necesario un ordenamiento territorial que permita asegurar el 17% o más de la superficie de cada ecorregión a perpetuidad. Como política pública, la ganadería de pastizal y el MBGI permitirían:

- Un mayor desarrollo local.
- Inclusión social.
- Mantener servicios ecosistémicos.
- Conservar la biodiversidad.
- Conservar tradiciones.
- Sufrir menos sobresaltos en el negocio entre años por precio y clima.
- Contar con la mejor estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático.
- Producir más en forma más estable, en lugar de maximizar a cualquier costo.
- Obtener un producto reconocible de alto estándar ambiental, que podría dar acceso a nuevos mercados.

Comentarios de cierre

El proceso de conversión a la agricultura de los últimos siglos, basado en la aptitud de los suelos sin mediar un ordenamiento territorial, provocó una pérdida masiva de hábitats, en especial en la región pampeana y en el espinal. También se perdió la conectividad entre las áreas remanentes, que hoy funcionan como si fueran islas. Como consecuencia, la vida silvestre se encuentra restringida a los mismos sitios que la ganadería extensiva. Hoy los criadores son los custodios de la vida silvestre remanente. La buena noticia es que esa ganadería es capaz de conservar los últimos ambientes naturales, con sus funciones ecológicas y su biodiversidad, mientras sigue siendo un excelente negocio, con niveles elevados de producción de carne. Hay margen de mejora tanto en la producción como en la conservación a través del conocimiento del manejo de pastizales.

Se sugiere ir hacia modelos productivos ganaderos que minimicen la conversión (por ejemplo, no más de 10% de pasturas y el resto, pastizal natural). En áreas ya convertidas, la ganadería debería orientarse hacia

agroecosistemas más parecidos al original, con pasturas perennes en la rotación agrícola y silvopastoril, donde antes había bosques o sabanas, para que el funcionamiento de estos agroecosistemas, semejantes al original, no contribuya a agravar futuros problemas ambientales.

Asimismo, se sugiere evitar la introducción de especies exóticas y combatir las invasiones (festuca, *pino elliotii*, acacia negra, *capin annoni*, ligustro).

A futuro, es relevante formar profesionales en todos los aspectos que involucra la sostenibilidad. La investigación en esta área genera mucho conocimiento no apropiable, lo que sugiere que los esfuerzos deben ser compartidos entre los actores públicos y privados. En este punto, las instituciones nacionales desempeñan un rol fundamental de proactividad en la búsqueda de esta vinculación.

Biodiversidad y producción agropecuaria: el caso de Santa Cecilia

■ Ing. Agr. Pablo Cañada

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Cátedra de Nutrición y Alimentación Animal, Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.

Imaginar un caso real donde se pueda preservar la biodiversidad y, al mismo tiempo, desarrollar la producción agropecuaria no parece una tarea fácil. Además, si se lo contextualiza en ambientes frágiles donde el aprovechamiento de los recursos naturales en sistemas sostenibles es complejo, se arriba a un lugar de desconcierto.

Sin embargo, es posible realizar acciones que nos acerquen a una certidumbre basada en datos y generar conocimiento acerca del mejor diseño de un sistema productivo agropecuario amigable con la biodiversidad y el ambiente.

En este camino, y como experiencia de caso, se encuentra el establecimiento Santa Cecilia, ubicado en la localidad de La Candelaria, Misiones, en las márgenes del río Paraná. Integra el CREA Tierra Colorada y es una empresa administrada por sus dueños que busca crecimiento y rentabilidad mediante la capacitación y el profesionalismo de sus socios. Su misión es el compromiso de trabajo para con sus empleados y la comunidad a la que pertenecen.

Actividades productivas

Santa Cecilia cuenta con 7500 hectáreas con ocho unidades de paisaje (ver cuadro 1) en las cuales se reali-

zan las actividades de forestación con destino comercial y ganadería.

La forestación comenzó en 1998, con 90 hectáreas de una sola especie (pino taeda). Desde entonces, fue creciendo sobre campo natural (sin desmonte de especies nativas) hasta alcanzar 2054 hectáreas con tres especies (2% del área con *Eucaliptus grandis*; 18% con pino híbrido, y 80% con pino taeda) en dos modalidades de producción: macizo con 29% del área y silvopastoril en el área restante (71%). El objetivo es tener un producto maderero de calidad con destino a la fabricación de muebles que aporte valor agregado en la zona. Por esta razón, los fustes son destinados al aserradero local. Asimismo, para la producción de madera de aserrío se manejan bajas densidades del rodal (350 pl/ha), lo que propicia la integración con la ganadería en un sistema silvopastoril.

A partir de 2018 estarán en condiciones de cosechar a una tasa de 100 hectáreas por año (5% del área forestal) en un sistema estabilizado con un período de extracción de 20 años.

Sólo en 2016 se cosecharon 55 hectáreas de pino taeda, obteniendo un volumen de 359 m³/ha. La ganadería se desarrolla en 7500 hectáreas, con 5014 cabezas en total entre el rodeo de cría y el de engorde. En el sistema ganadero participan los pastizales del campo natural (foto 5) y las especies implantadas (*Brachiaria brizantha* y Jesuita gigante); estas últimas en un esquema silvopastoril (foto 6).

La producción de carne promedio es de 61 kg/ha/año o 105 kg/cab./año, con una carga media de 0,58 cab/ha o 221 kg/ha.

Santa Cecilia es un establecimiento con un fuerte compromiso con la sostenibilidad. Es miembro de la

Alianza del Pastizal y actualmente participa de un proyecto regional sobre biodiversidad dirigido por un grupo de investigadores del Conicet.

Cuadro 1. Establecimiento Santa Cecilia

Unidades de paisaje	Superficie (ha)
Lomas	1058
Planicie con suelos pedregosos, moderadamente profundos	657
Planicies encharcadas. Captación de escurrimientos (vallecitos)	1964
Lomadas pedregosas	1487
Planos hidromórficos anegables, valles inundables	804
Montes en galería	713
Lomadas pedregosas con suelos moderadamente profundos	1181
Cerro pelado	152

Foto 6. Sistema silvopastoril con *Brachiaria* y pino taeda



Foto 5. Pastizales naturales y pastizales con bosquesillos de Urunday



Biodiversidad: monitoreo, investigación e integración al planteo productivo

Santa Cecilia participa del proyecto “Diversidad de mamíferos en plantaciones forestales. Comparación de la configuración del paisaje de pastizal y bosque del Noreste de Argentina” financiado por Conicet, UCAR, Ministerio de Agroindustria y Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (IBS/CeIBA, proyectos PIA 14061/2014 y PICT 1904/2013)⁵.

El objetivo consiste en evaluar los efectos de los paisajes productivos forestales, ganaderos y silvopastoriles del noreste argentino sobre la diversidad de mamíferos y aves, tomando como referencia los bosques y pastizales nativos que mantienen el conjunto completo de las especies que componen estos ensamblajes taxonómicos.

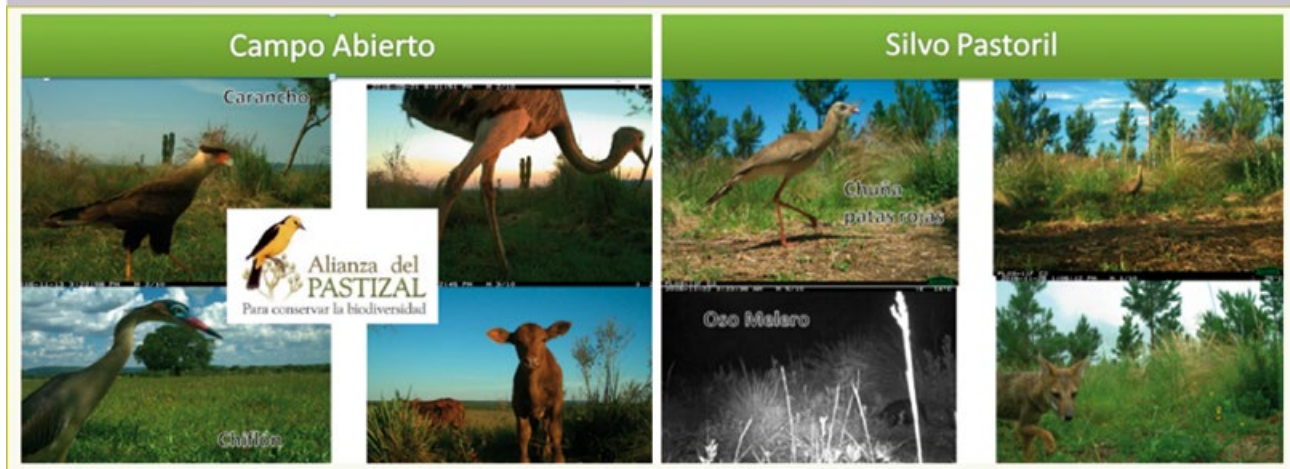
Para ello, se comparan los patrones de diversidad entre ambientes, buscando generar modelos predictivos que describan el impacto de distintos paisajes productivos sobre las poblaciones de mamíferos y aves. Dichos modelos permitirían generar recomendaciones para incorporar a los planes productivos y a las estrategias de conservación. Esta información, integrada con las ventajas sociales y económicas de cada uno de estos sistemas, permitirá tener un panorama más adecuado de los sistemas productivos de Misiones y Corrientes y promover alternativas que generen ventajas reales para los productores y la sociedad⁶.

Para el relevamiento de especies se utilizan cámaras fotográficas que se activan con un sensor infrarrojo cada vez que un animal de sangre caliente pasa delante de ellas. Desde mayo de 2016 hasta marzo de 2017 se realizaron siete salidas de campo. Dentro de la estancia se colocaron 15 estaciones de muestreo: cuatro en pastizales con ganadería; cinco estaciones en forestaciones y seis en montes nativos. Cada estación poseía una única cámara (Reconix HC500 HyperFire) que se dejó activa las 24 horas durante un período mínimo de 40 días de muestreo continuo.

En total, se registraron 44 especies, de las cuales 29 fueron aves (65,91%), 14 mamíferos (31,81%) y un solo reptil (2,27%; foto 7). Entre estos registros se destacan los de los mamíferos, con una especie vulnerable: *Procyon cancrivorus* (mayuato, aguará popé o mapache sudamericano) y otras cuatro cercanas a la amenaza: *Tamandua tetradactyla* (oso melero/tamanduá), *Sapajus nigritus* (mono caí negro), *Eira barbara* (hurón mayor/irara) y *Cuniculus paca* (paca). En el grupo de las aves se destaca la presencia de cuatro especies amenazadas: *Rhea americana* (ñandú), *Tinamus solitarius* (macuco), *Penelope obscura* (pava de monte común) y *Penelope superciliosus* (yacupoí).

Los montes nativos registraron la mayor riqueza con 24 especies, seguidos por los pastizales con 18, y las forestaciones con 17. Aun así, es importante aclarar que las diferencias observadas pueden deberse, en parte, a

Foto 7. Monitoreo de la fauna con cámaras en zonas de pastizal y en sectores silvopastoriles



⁵ Instituto de Biología Subtropical (UNaM-Conicet)/Centro de Investigaciones del Bosque Atlántico. PIA 14061 (Proyecto de Investigación Aplicada): “Efectos de diferentes sistemas de producción forestal-ganadera a nivel del paisaje en la diversidad de mamíferos y aves del sotobosque de Misiones”. Unidad para el Cambio Rural (UCAR) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Período 2014-2017. PI: Dr. Mario Di Bitetti. PICT 2013-1904 (Proyecto de Investigación Científica y Tecnológica): “Diversidad de mamíferos en plantaciones forestales: comparación de los efectos de la configuración del paisaje entre ambientes de pastizal y bosque del Noreste de Argentina”. Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. Período 2014-2017. PI: Dr. Mario Di Bitetti, Dr. Carlos De Angelo, Dr. Agustín Paviolo.

⁶ Para mayor información consultar en: Izzi, M.E., Cirignoli, S., Varela, D., De Angelo, C., Di Bitetti, M. 2017. Efectos de diferentes sistemas de producción forestal-ganadera a nivel del paisaje en la diversidad de mamíferos y aves del sotobosque de Misiones. Informe final PIA 14061/2014. Ministerio de Agroindustria.

la desigualdad en el número de estaciones colocadas en cada tipo de ambiente⁷.

Alianza del Pastizal

Paralelamente al trabajo con Conicet, Santa Cecilia se sumó voluntariamente a la Alianza del Pastizal, asumiendo el compromiso de conservar pastizales naturales dentro de su planteo productivo. Este compromiso implica: a) incluir al menos un 50% de la superficie total con cobertura de pastizales naturales; b) alimentar al rodeo a base de pasto, con un máximo de concentrados del 30% o 1% del peso vivo y sin confinamiento; c) brindar a los animales libre acceso a suficientes fuentes de bebida y sombra.

Emisiones y capturas de GEI del sistema de producción

En la actualidad, la ganadería posee una imagen poco amigable a escala global en lo que se refiere a temas ambientales debido a sus emisiones de metano y óxido nitroso. En la Argentina, la actividad representa un 15,2% de las emisiones GEI nacionales⁸. Por su parte, la actividad forestal se perfila a nivel mundial como la “promesa” para la mitigación ambiental, por ser la principal fuente de captura de carbono atmosférico. La limitante, en cuestión de aspectos ambientales, se presenta en el manejo e implantación de especies forestales para destino comercial, que podrían competir y/o reemplazar a las especies nativas si no se toman las medidas precautorias necesarias; por ejemplo, una ley de ordenamiento territorial.

Estimación del balance de carbono

Para tener una idea de la magnitud del flujo de carbono, se realizó una estimación de las emisiones y capturas de Santa Cecilia en el período 1998-2016 considerando las dos fuentes principales de emisión y secuestro del sistema silvopastoril: la ganadería y la silvicultura. Cabe aclarar que para realizar un balance detallado se debe ahondar en la metodología de Huella de Carbono.

Dicha estimación, para el período analizado, resultó en una emisión total de 4682 toneladas de CO₂eq por parte de la ganadería, mientras que la actividad forestal almacenó 389.214 toneladas CO₂eq.

Así, se advierte que el sistema implementado en Santa Cecilia constituye un verdadero sumidero de car-

bono. El secuestro de este nutriente se explica fundamentalmente por el cambio de uso del suelo que parte de una situación de pastizal, con un valor medio de biomasa aérea de 6 toneladas de MS/ha/año (IPCC, 2006), a otra de uso forestal y pastoril para alcanzar 219 toneladas de MS/ha al momento del corte. En términos de cantidad de carbono secuestrado, la diferencia es de 213 toneladas de carbono por hectárea.

Este sistema silvopastoril con pino taeda se estabilizaría a los 20 años, con un área de corte del 5% anual compensada por una área de implantación de igual superficie, dando lugar a un sistema que, en promedio, tendría un *stock* de biomasa aérea de 112,5 toneladas de carbono por hectárea y por año, en comparación con las 3 toneladas de carbono por hectárea y por año del pastizal original.

Considerando que el destino de la madera es el aserrío, la exportación de carbono quedaría secuestrada en muebles, tableros, etcétera, durante un período considerablemente mayor a que si se destinara a la elaboración de papel. La guía IPCC 2006 considera una vida media de cinco años para el papel antes de ser “emitido” a la atmósfera como CO₂, y una vida media para madera con otros destinos industriales, mayor de 30 años.

Comentarios finales

El caso de estudio presentado podría ser considerado como “poco replicable” por tratarse de una unidad de pro-

Foto 8. Monitoreo con cámara en los sectores de monte



⁷ Sebastián Cirignoli, María Eugenia Iezzi, Diego Varela, Carlos De Angelo, Mario Di Bitetti. 2017. *Diversidad de mamíferos en plantaciones forestales. Comparación de los efectos de la configuración del paisaje entre ambientes de pastizal y bosque del Noroeste de Argentina*. Informe preliminar: Especies registradas en el establecimiento Santa Cecilia. Santa Cecilia. Provincia de Misiones, Argentina.

⁸ MAyDS, 2017. Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Argentina. Disponible en <https://inventariogei.ambiente.gob.ar/>

ducción de gran escala, con desarrollo empresarial, diversificación de unidades de negocios y posicionamiento en el mercado. Sin embargo, ¿son éstas razones de relevancia para no materializar algún aprendizaje de la experiencia de Santa Cecilia? ¿Sabemos cuáles son los procesos y actores que pueden ayudarnos a obtener información sobre la sostenibilidad de los sistemas productivos?

Una enseñanza es, sin dudas, el relacionamiento que se puede alcanzar entre instituciones de investigación, ONG y el sector privado en la búsqueda de respuestas a las numerosas preguntas que surgen sobre la interacción entre producción y ambiente.

Conceptualmente, la sostenibilidad como una propiedad emergente de un sistema (bioma, ecosistema, etc.), surge de la interacción de los actores participantes.

Por lo tanto, involucrarse para buscar respuesta a interrogantes particulares junto con otros actores, puede generar un aporte colectivo, en la exploración de estrategias sustentables de producción.

Un aspecto novedoso en la evaluación de sistemas productivos del sector primario consiste en la inclusión de indicadores ambientales, tales como el balance de carbono y el monitoreo de la fauna. Este tipo de indicadores, son cada vez más demandados por parte de otros actores de la cadena productiva, por decisores políticos al momento de elaborar políticas públicas y por la sociedad en general. El caso presentado busca aportar ideas y herramientas que ayuden a pensar en el desarrollo de sistemas productivos sustentables en diferentes regiones para productores de diferente escala.

7

Marco normativo en el agro

En el presente capítulo se abordan los cambios registrados en materia ambiental dentro del ordenamiento jurídico, y su confluencia con las transformaciones experimentadas por el proceso productivo de bienes y servicios.

La intensificación de los sistemas productivos pone en primer plano cuestiones que trascienden la histórica vinculación entre agro y ambiente. En este artículo se detallan estas nuevas temáticas ambientales que exigen la intervención del Estado a través de normas y políticas públicas, y se presenta el marco regulatorio y los programas asociados que rigen en cada caso.

Antecedentes del derecho ambiental

■ Abg. Eugenia Magnasco

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Fundación Torcuato Di Tella.

En las dos últimas décadas, la cuestión ambiental encontró su lugar en la agenda pública, impulsada por la reforma de la Constitución Nacional de 1994. Con ella se incorporó el art. 41 que reconoce expresamente al ambiente como un derecho (“Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo”) e introduce el concepto de presupuestos mínimos de protección ambiental. También se incorporó el art. 43, que presenta la figura del amparo colectivo en materia ambiental frente a todo acto u omisión por parte de las autoridades públicas o de particulares que vulnera los derechos ambientales.

En materia de tratados internacionales, la reforma introdujo una nueva relación normativa, asignando a los tratados de derechos humanos jerarquía constitucional, y a los demás tratados aprobados por el Congreso, un rango superior al de las leyes.

Previo a la reforma de 1994, la mayoría de las constituciones provinciales ya habían incorporado artículos que receptaban el principio de protección del ambiente, mientras que en la Constitución Nacional los derechos ambientales se consideraban implícitos en el Art. 33.

En materia de política internacional, puede considerarse al año 1972 como un punto de inflexión en rela-

ción con el ambiente. Ese año se celebró en Estocolmo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, primer documento internacional donde se reconoce el derecho a un medio ambiente sano. Comienza así una toma de conciencia acerca de los problemas ambientales, destacándose algunos hitos, como el establecimiento en 1983 de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) por parte de las Naciones Unidas, y la publicación en 1987 del Informe Brundtland: *Nuestro futuro común*. En dicho informe aparece por primera vez el concepto de *desarrollo sustentable*, entendido como el modelo de desarrollo socioeconómico que permite “la satisfacción de las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”. Este proceso desembocó en la Cumbre para la Tierra, que tuvo lugar en Río de Janeiro en 1992. Allí se reconoció internacionalmente que la protección del medio ambiente y la administración de los recursos naturales debían integrarse en las cuestiones socioeconómicas de pobreza y subdesarrollo. En esta cumbre se adoptó una serie de instrumentos jurídicos vinculantes, como el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) y la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Normativa nacional: leyes de presupuestos mínimos

En 2002 comenzó un proceso de sanción de leyes de presupuestos mínimos, las cuales siguen el mandato establecido por el art. 43 de la Constitución Nacional, donde se establece que corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquéllas alteren las jurisdicciones locales.

Las leyes de Presupuestos Mínimos Ambientales sancionadas a la fecha de esta publicación son las siguientes:

- Ley 25612. Gestión Integral de Residuos Industriales y de Actividades de Servicios, publicada en el Boletín Oficial (B.O.) el 29/7/2002.
- Ley 25670. Presupuestos Mínimos para la Gestión y Eliminación de los PCB, publicada en el B.O. el 19/11/2002.
- Ley 25675. Ley General del Ambiente, publicada en el B.O. el 28/11/2002.
- Ley 25688. Régimen de Gestión Ambiental de Aguas, publicada en el B.O. el 3/1/2003.
- Ley 25916. Gestión de Residuos Domiciliarios, publicada en el B.O. el 7/9/2004.
- Ley 25831. Régimen de libre acceso a la Información Pública Ambiental, publicada en el B.O. el 1/7/2004.
- Ley 26331. Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos, publicada en el B.O. el 27/12/2007.
- Ley 26562. Protección Ambiental para el Control de Actividades de Quema, publicada en el B.O. el 16/12/2009.
- Ley 26639. Régimen de Presupuestos Mínimos para la Preservación de los Glaciares y del Ambiente Periglacial, publicada en el B.O. el 28/10/2010.
- Ley 26815. Manejo del fuego, publicada en el B.O. el 28/12/2013.
- Ley 27279. Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión de los Envases Vacíos de Fitosanitarios, publicada en el B.O. el 11/10/2016.

En materia ambiental rige, entonces, un conjunto de normas jurídicas de diversa naturaleza y jerarquía. Desde la reforma de 1994, el derecho ambiental tiene jerarquía constitucional; los tratados aprobados por el congreso tienen una jerarquía superior a la de las leyes y corresponde a la Nación el dictado de normas de presupuestos mínimos, mientras que las provincias tienen la potestad de regular el aprovechamiento y uso de los recursos naturales.

Principios del derecho ambiental

Además de las normas jurídicas, existe un conjunto de principios de derecho ambiental. Estos se encuentran contenidos en distintos tratados de derecho internacional y en la Ley General del Ambiente, donde se

establece que la interpretación y aplicación de toda otra norma a través de la cual se ejecute la política ambiental, estará sujeta al cumplimiento de 10 principios: de congruencia, de prevención, precautorio, de equidad intergeneracional, de progresividad, de responsabilidad, de subsidiariedad, de sustentabilidad, de solidaridad y de cooperación.

El principio precautorio fue definido en la Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1992) y en el art. 4 de la Ley General del Ambiente: “Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la ausencia de información o certeza científica no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces, en función de los costos, para impedir la degradación del medio ambiente”.

Lo que se pretende garantizar con la aplicación de este principio es que la falta de certeza científica respecto de la posibilidad de dañar al medio ambiente que pueda tener determinada acción no sea óbice para que se tomen medidas protectoras.

La operatividad del principio de precaución exige la configuración de dos aspectos esenciales: a) la existencia de una situación de incertidumbre científica, comprensiva de la evaluación del riesgo, y b) la magnitud del daño, que debe ser grave e irreparable¹. Asimismo, la incertidumbre presupone que existan, al menos, sospechas científicamente fundadas de que el riesgo es real y no imaginario o infundado (Andorno, 2002). El postulado de este principio contiene la incertidumbre y la duda científica, ingredientes propios del conocimiento científico, por lo que su ámbito de aplicación es complejo.

Vinculación entre agro y ambiente

En el mismo período en que se produjeron los cambios mencionados en el orden jurídico, tuvieron lugar profundas modificaciones en el proceso productivo de bienes y servicios, y más recientemente, en las exigencias de los consumidores respecto a la calidad de esos bienes y servicios.

Con la agricultura moderna y la intensificación de los sistemas de producción, surgieron cuestiones que trascienden la histórica vinculación entre agro y ambiente. A la vez, se profundizaron otras referidas al cambio de uso del suelo, al empleo de productos fitosanitarios y a la gestión de los residuos, entre otros factores. Esta combinación trajo aparejado un creciente nivel de conflictividad social, en especial en las interfaces urbanas y rurales.

¹ Roberto O. Boriconce: “La incertidumbre científica como presupuesto del principio precautorio”. Anales N° 43. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. Universidad Nacional de La Plata, 2013. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/33746/Documento_completo.pdf?sequence=1.

Productos para llevar su campo más lejos



- **Tarjeta BBVA Francés Agro LATAM Pass**
La única Tarjeta agropecuaria que le permite acumular millas con sus compras y canjearlas por vuelos y productos del Catálogo LATAM Pass
- **Convenios para financiación de campaña en pesos y dólares**
- **Financiación de Proyectos de Inversión en pesos y dólares**
- **Prenda y Leasing para compra de maquinaria**
- **Operaciones con Aval de SGR**

Para más información escribanos a agro-arg@bbva.com o ingrese en bbvafrances.com.ar

Creando Oportunidades

El rol de los auxiliares de justicia

El principio precautorio juega un rol fundamental frente a la toma de decisiones porque supone una inversión en la carga de la prueba. En la práctica, esto implica que le corresponde a quien introduce un producto o desarrolla una actividad potencialmente riesgosa, demostrar que no existen perjuicios eventuales. En este escenario de incertidumbre, la ciencia desempeña un rol fundamental.

Ahora bien, ¿cualquier publicación científica sirve de base para iniciar un proceso de cambio en las políticas vigentes? ¿Cómo debe interpretar el juez los informes periciales o los estudios citados como prueba documental?

En octubre de 2011, *Nature: journal of science*² informó que el número total de artículos publicados en la última década había aumentado un 44%, mientras que el retiro de publicaciones se incrementó en 10 veces. La mitad de estos retiros obedecía a mala conducta por parte del investigador. Sin embargo, a pesar de que las revistas de mayor impacto registraron más notificaciones de retiro en los últimos 10 años, gran parte del incremento detectado en el período 2006-2010 proviene de publicaciones de bajo impacto.

Algunas revistas poseen gran reputación, por lo que sus artículos y los datos provistos en ellos son ampliamente utilizados para la toma de decisiones, incluso en los estrados judiciales. No obstante, desde la fecha de la publicación de un artículo hasta la de su retiro pueden pasar un par de años. Rara vez un lector se entera de que un artículo ha sido retirado, menos aún cuando los datos de dicho artículo han sido citados por terceros.

En el portal *Retraction Watch* —un blog con referencias a publicaciones con notificación de retiro— se presenta el detalle de los artículos retirados y la causa de esa decisión. Es el caso, por ejemplo, del artículo “Toxicidad a largo plazo del herbicida Roundup y la tolerancia al Roundup del maíz genéticamente modificado” (Séralini, et al., 2012)³, publicado en 2012 por la revista *Food and Chemical Toxicology*. Dicho trabajo se basó en un análisis que duró dos años, de los efectos del Roundup sobre la salud de una población de ratas que consumieron maíz genéticamente modificado tolerante al Roundup durante toda su vida y estuvieron expuestas al plaguicida diluido en su formulación total con adyuvantes. En el artículo se afirma que la aparición de tumores y distintas patologías se debía a los efectos de ese producto y a la sobreexpresión del transgén y sus consecuencias metabólicas. Esta publicación fue retirada al

cuestionarse la calidad de los datos. Si bien no se encontraron evidencias de fraude o de falsedad intencional, se generaron dudas respecto del número de animales que conformaba cada grupo de estudio y a la cepa particular seleccionada. Un examen más profundo determinó que no es posible llegar a conclusiones definitivas acerca del papel de NK603 o del glifosato en relación a la mortalidad global o a la incidencia de tumores con una muestra de ese tamaño, dada la conocida incidencia de tumores en la rata Sprague-Dawley. No se puede excluir la variabilidad normal como causa de la mayor mortalidad e incidencia observada en los grupos tratados.

Al momento del retiro, el artículo ya había sido citado 28 veces, según la Web Of Science, *Thomson Scientific*. Para tener una dimensión de la repercusión del tema, la Asamblea Nacional francesa (la Cámara Baja del Parlamento) celebró una audiencia con Séralini (uno de los autores del estudio) y otros científicos para tratar el tema. A pesar de haber sido retirado, el artículo se publicó nuevamente en una revista de menor impacto, prácticamente en los mismos términos.

Un caso similar de origen nacional con repercusión internacional es el estudio “Los herbicidas a base de glifosato producen efectos teratogénicos sobre los vertebrados al afectar la señalización del ácido retinoico” (Paganelli, et al., 2010). Este estudio fue muy cuestionado y generó tantas repercusiones que el 18 de noviembre de 2011 el gobierno alemán emitió un comunicado donde afirmaba que: “los experimentos y conclusiones de Carrasco (uno de los autores del estudio) han sido discutidos por otros científicos y es dudoso que las altas concentraciones de glifosato utilizadas en las pruebas se alcancen en la realidad”.

Un año antes, en octubre de 2010, la Oficina Federal Alemana de Protección al Consumidor e Inocuidad de los Alimentos, encargada de autorizar los productos fitosanitarios, había señalado que las conclusiones de dicho estudio no eran pertinentes en el marco de la evaluación del riesgo del glifosato para los seres humanos, debido a debilidades metodológicas y a la falta de datos. Observaron que en los estudios realizados con embriones de rana o de pollo, las sustancias de ensayo fueron administradas directamente a la progenie, mezclándolas en el medio de cultivo o inyectándolas. Por el contrario, las directrices para las pruebas de toxicidad de los productos químicos estipulan que la sustancia de ensayo debe administrarse a las hembras por vía oral, cutánea o por inhalación. Es decir, la progenie debe ser expuesta a la sustancia de ensayo a través de la placenta.

² <http://www.nature.com/news/2011/111005/full/478026a.html>

³ <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691512005637>

Los científicos tienen la posibilidad de elegir el papel que deben desempeñar en los debates políticos y en la formulación de políticas públicas, especialmente en lo que se refiere a la forma en que presentan sus investigaciones. *The Honest Broker* (Pielke, 2007) es un libro que aborda la importancia de comprender esta elección, utilizando ejemplos de una amplia gama de controversias científicas. En la reseña de esta publicación, Jobbágy y Fernández Aldúncin (2012) mencionan que el libro presenta un esquema idealizado de los roles que puede adoptar un científico: “el del científico puro, que produce información sin otro propósito que el de avanzar en el grado de conocimiento y deja en manos del resto de la sociedad su posible aplicación, y el del científico o profesional consultor (‘árbitro’), que ofrece respuestas expertas en el contexto de consultas concretas acerca del modo de acción más conveniente entre un conjunto de alternativas. La obra propone dos roles más activos, que dan lugar a una discusión más profunda y necesaria con relación a los dilemas ambientales de la sociedad. Por un lado, el del *issue advocate*, que según su filiación podríamos llamar lobbista (en el caso de entidades con fines de lucro) o activista (ONG), un rol valioso cuando se ejerce con honestidad, pero mucho menos constructivo cuando en forma encubierta se cumple bajo la etiqueta de alguna de las dos formas pasivas anteriores”.

Un capítulo aparte merece la referencia al perito como auxiliar de la Justicia, experto en un tema sobre el que es consultado y con capacidad para elaborar dictámenes, brindar información, emitir opiniones y contestar preguntas sobre determinado objeto de litigio. Los peritos son convocados cuando, para conocer o apreciar algún hecho o circunstancia importante, fuesen necesarios o convenientes conocimientos científicos que, por su formación profesional, el magistrado no posee. El perito debe ofrecer al juez sus conocimientos de manera clara y accesible, respetando las reglas de la ética en el ejercicio profesional y judicial.

Los avances técnicos y científicos han tenido un profundo impacto en el ámbito de la prueba pericial. Sin embargo, la incursión de las ciencias también propició el surgimiento de problemas directamente relacionados con el uso de la prueba científica en los tribunales (Centonze, 2001).

En los últimos años se abrió un nuevo escenario en todo el mundo. Los tribunales intervienen cada vez más en controversias relacionadas con los procedimientos científicos en el campo biológico. Al hacerlo, sus decisiones se ven afectadas por cuestiones científicas y por formas de razonamiento; a su vez, ellas afectan al campo científico y su modo de razonar (Amedeo Santosuoso, 2003).

El problema se le presenta al juez cuando el contenido de la prueba que debe ser valorada es eminentemente científico; su análisis y evaluación exceden el conocimiento y la experiencia del magistrado, que debe valorar los dictámenes e informes de acuerdo con las reglas de la sana crítica. Las conclusiones no son vinculantes, y deben ser valoradas en conjunto con otras pruebas.

La gestión de la información y la comunicación también juegan un rol importante sobre la opinión pública y los decisores políticos. Cuando hay una posición tomada y lo que se discute son ideologías y no conceptos, no hay lugar para la discusión.

Temas relevantes en la última década

Ordenamiento territorial de bosques

Según datos de la FAO (2015), en el período 1990-2015 la superficie forestal mundial se redujo en 129 millones de hectáreas, siendo la agricultura la principal causa de la deforestación. En el caso de la Argentina, en la Tercera Comunicación Nacional y en el Segundo Informe Bienal de Actualización se estimó el área sujeta al cambio de uso de tierras por conversión de bosque nativo al uso agrícola correspondiente a pasturas y cultivos anuales y perennes. Para ello, se utilizaron las clasificaciones realizadas por la Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF) de la Dirección de Bosques del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

Sobre la base de dichos estudios se demostró que la superficie forestal se redujo en 7,2 millones de hectáreas en el período 1990-2014. Sin embargo, si se analiza el promedio anual en la década 2000-2010, la deforestación fue de 389.000 ha/año, mientras que para los años 2011, 2012 y 2013 fue de 230.691 ha/año, en tanto que en 2014 se presentó un área deforestada de 185.606 hectáreas.

Esto revela una tendencia decreciente que se explica, en parte, por la operatividad de la Ley 26331 (2007) que estableció los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos y los servicios ambientales que brindan, y su decreto reglamentario 91/09 de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (2009).

En el capítulo 1 se realiza un análisis detallado de la implementación de esta ley y su decreto reglamentario.

Los humedales

La “Convención relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas”, más conocida como Convención Ram-

sar o Convención sobre los Humedales, es un tratado aprobado en 1971 en la ciudad de Ramsar, Irán, que entró en vigor en 1975.

Su objetivo es “la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo” (introducción a la Convención sobre los Humedales, 2016). A tales efectos (artículo 1.1), se consideran humedales “las extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”. Se aplica así un criterio amplio a la hora de determinar qué humedales quedan sujetos a sus disposiciones.

En la actualidad, este tratado está conformado por 169 partes y contiene una lista de humedales de importancia internacional (conocida como “lista de Ramsar”), que involucra 2280 sitios y 220.453.845 hectáreas. Su aplicación fue aprobada en la Argentina mediante la Ley 23919 de 1991, que entró en vigor en 1992. El país cuenta actualmente con 22 sitios Ramsar, que abarcan una superficie de 5.625.407 hectáreas.

En los últimos años se presentaron diversos proyectos de ley que establecían presupuestos mínimos para la conservación y el uso de los humedales. La discusión se ha centrado principalmente en la definición de lo que se entiende por humedales y en las actividades que se pueden desarrollar en estas áreas. En la actualidad, cuenta con media sanción (Senado) el proyecto CD-405/16, que incluye algunos elementos de debate.

Como se mencionó, la definición de la Convención sobre los Humedales es amplia, por lo que cualquier referencia a ella (artículo 1.1) prohibiendo determinados usos o actividades podría impactar en los sistemas productivos asociados, que a su vez generan servicios de abastecimiento. Lo mismo ocurre con definiciones como la del actual proyecto, que en su artículo 2 enuncia que se entiende por humedales “a los ambientes en los cuales la presencia temporaria o permanente de agua superficial o subsuperficial causa flujos biogeoquímicos propios y diferentes a los de los ambientes terrestres y acuáticos. Rasgos distintivos son la presencia de biota adaptada a estas condiciones, comúnmente plantas hidrófitas y/o suelos hídricos o sustratos con rasgos de hidromorfismo”.

Según un informe elevado por el INTA a la Comisión de Ambiente y Desarrollo Sustentable del Honorable Senado de la Nación con relación al proyecto, el agregado de los términos “o” y “con rasgos de hidro-

morfismo” amplía el alcance a toda la familia de suelos ácuicos de la Argentina, lo que incluye los campos bajos anegables sólo estacionalmente, que involucran sistemas productivos agropecuarios y no constituyen humedales propiamente dichos.

No se debe eludir la importancia económica de las cadenas productivas vinculadas a los humedales ni el impacto que pudiera generarse en las comunidades locales que dependen de los servicios ambientales que estos proveen.

Uso de fitosanitarios

El argentino es un modelo productivo que depende estrechamente del uso de fitosanitarios. Debido al crecimiento experimentado por la agricultura en las últimas décadas –tanto en términos de superficie cultivada como de toneladas producidas– es notable el incremento evidenciado en el uso de este tipo de productos.

En este sentido, hay varias normas jurídicas que regulan el ciclo de vida y el uso de los fitosanitarios, las cuales se resumen a continuación.

- **Normativa Nacional.** El Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (Senasa), a través de la Dirección de Agroquímicos y Biológicos, es el encargado de controlar el cumplimiento de las normas técnico-administrativas referidas a la elaboración, formulación y registro de productos fitosanitarios, fertilizantes y enmiendas. Asimismo, es el organismo responsable de restringir o prohibir dichos productos, proponer los períodos de carencia y los niveles de tolerancia de residuos o contaminantes derivados del uso de productos fitosanitarios.

Están sujetos a registro los productos fitosanitarios que se usan y comercializan en todo el país para el control de plagas en el ámbito agrícola, como así también las personas físicas o jurídicas que los comercializan, importan o exportan y los establecimientos que los sintetizan o formulan.

Los fitosanitarios se inscriben en el Registro Nacional de Terapéutica Vegetal, que les otorga un Certificado de Uso y Comercialización válido en todo el territorio nacional para el control de plagas en los cultivos para los que se encuentran autorizados.

- **Trazabilidad de productos fitosanitarios y veterinarios.** Por medio de la Resolución 369-2013 del Senasa se creó el Sistema de Trazabilidad de Productos Fitosanitarios y Veterinarios, que consiste en un sistema de información que permite monitorear en tiempo real cada una de las sustancias y productos que se utilizan en la cadena de producción y distribución a los efectos de efectivizar su control y gestión.



GENÉTICA PARA EL NORTE

*Rendimiento
Sanidad
Adaptación
Seguridad*

SOJA

- Munasqa
- Yanasu
- Tukuy

TRIGO

- Tuc Granivo
- Tuc Elite 17
- Tuc Elite 43

POROTO

- Tuc 300
- Tuc 510
- Tuc 550

GARBANZO

- Tuc 403
- Tuc 464

Bernabé Aráoz 210, 1° piso, Oficina A.
4000 San Miguel de Tucumán - Argentina
Telefax (0381) 422-8143

www.lealsem.com.ar

Son trazables todas las operaciones de productos fitosanitarios y veterinarios que se detallan en el anexo I y II de la resolución, entre ellos Clorpirifos y glifosato. La trazabilidad puede ser efectuada por lote o por lote más serie, según el caso.

- **Clasificación toxicológica.** Como toda sustancia química, los fitosanitarios pueden provocar efectos adversos en la salud y en el ambiente. Dada la gran diversidad de su estructura química, los riesgos varían según el producto, la forma de uso, la dosis y frecuencia de exposición (aguda o crónica) y el tipo de contacto (dermal o inhalatorio).

Para medir el índice de toxicidad de una sustancia, se utiliza la *dosis letal media* (DL50) que indica los miligramos de una sustancia necesarios por kilo de peso de un animal para matar al 50% de la población en estudio.

La Resolución Senasa 302/12 sustituyó la “clasificación toxicológica según riesgos y valores de DL50 aguda de productos formulados” que establecía la Resolución N° 350/99, para adoptar la clasificación toxicológica de productos formulados establecida por la Organización Mundial de la Salud. Esta última propone valores más estrictos de DL50 para las distintas categorías, según forma de contacto (oral, dermal) y producto (líquido, sólido).

Los productos se clasifican en: Ia *extremadamente peligroso* (rojo), Ib *altamente peligroso* (rojo), II *moderadamente peligroso* (amarillo), III *ligeramente peligroso* (azul) y IV *productos que normalmente no presentan peligro* (verde).

Con el avance tecnológico, la toxicidad de los productos fue disminuyendo y hoy se usan cada vez más los “productos que normalmente no presentan peligro” y menos los calificados como “moderadamente peligrosos”.

- **Uso de productos fitosanitarios.** En lo que refiere a su utilización en el campo, se deben observar las leyes provinciales y las ordenanzas municipales si las hubiera. No hay una ley nacional que establezca presupuestos mínimos ni las condiciones en las que se deben efectuar las aplicaciones.

Los productos deben ser manipulados siguiendo las indicaciones establecidas en el marbete y se deben considerar todos los avances en tecnologías de procesos e insumos que garanticen un manejo integrado de plagas.

En algunos casos, la legislación no contempla las condiciones que el buen arte y entender de la actividad exige, por lo que se sugiere seguir las recomendaciones de los manuales de buenas prácticas agrícolas desarrollados en el marco de la RedBPA para cultivos extensivos e intensivos.

Si se analizan los proyectos de ley presentados en las distintas jurisdicciones y las leyes vigentes, es posible afirmar que, en muchos casos, no se han considerado cuestiones vinculadas a la clasificación toxicológica de los productos, a las condiciones climáticas ideales para la aplicación, a las tecnologías disponibles e incluso a la necesidad de asesoramiento o presencia de un profesional experto que emita la receta fitosanitaria.

Hay casos en los que directamente se prohíbe la aplicación aérea sin considerar situaciones excepcionales en las que no es posible utilizar equipos terrestres; por ejemplo, cuando hay que aplicar insecticidas en estadios avanzados de desarrollo del girasol o en años muy húmedos, en los que hay condiciones persistentes de “falta de piso”. Estas excepciones sí son consideradas por la Directiva 2009/128/Ce del Parlamento Europeo y del Consejo.

Asimismo, se evidencia una gran disparidad entre distintas normas jurídicas en lo que respecta a las distancias establecidas como zonas de resguardo o de amortiguamiento. Estas diferencias pueden atribuirse a diversas causas, tales como el nivel de conflicto en interfaces urbano-rurales, “vacíos legales” en la regulación, fiscalización deficiente, falta de capacitación en buenas prácticas agrícolas y un ordenamiento del territorio que genera la presión de un área sobre otra. Otras causas se relacionan con la bibliografía utilizada en la elaboración de la norma jurídica. En algunos casos parecen omitirse las condiciones en que una aplicación de estos productos puede realizarse sin riesgos de deriva.

Es, por lo tanto, importante regular la aplicación de productos fitosanitarios sobre la base de criterios científicos y de buenas prácticas, en particular en interfaces urbano-rurales o cuando se está cerca de cuerpos de agua, de escuelas rurales, del grupo poblacional rural y de zonas críticas o de emergencia.

- **Límite máximo de residuos.** Este concepto refiere a la concentración máxima de residuos de un plaguicida sobre determinado producto agrícola (en la superficie o en la parte interna) permitida por ley, la cual no puede ser sobrepasada para que el producto pueda ser puesto en circulación o comercializado (se expresa en mg/kg).

Los límites máximos de residuos están regulados por el Codex Alimentarius, para ser aplicados principalmente a los productos que circulan en el comercio internacional. A su vez, cada país cuenta con legislación propia. En la Argentina, los productos y subproductos agropecuarios que se importen o se produzcan localmente para el consumo interno deben cumplir con los límites máximos de residuos establecidos en el Anexo I de la

Resolución 934/10 del Ministerio de Agroindustria. Los productos y subproductos agropecuarios que no se encuentren contemplados en dicho Anexo, deben cumplir con un valor por defecto de 0,01 mg/kg, correspondiente al límite de detección del método de análisis.

La resolución también establece los requisitos que deben cumplir los productos no cultivados en el país, los cuales deben respetar el límite máximo de residuos del principio activo establecidos a nivel nacional. De no estar regulados, pueden ingresar sólo si existe un límite máximo aprobado por el Codex Alimentarius para el residuo en cuestión.

En el caso de los residuos de compuestos persistentes (productos utilizados previamente como plaguicidas, que ya no se encuentran registrados como tales y pueden contaminar los alimentos), se adoptan los valores establecidos por el Codex Alimentarius como límites máximos de residuos extraños.

Como país productor y exportador de alimentos, la Argentina debe observar el límite máximo de residuos permitido por las normas jurídicas del país importador. Por ejemplo, en el caso de la Unión Europea, a través de la regulación (EC) N° 396/2005 y modificatorias, se sintetizan en un solo texto los límites aplicables a los diferentes productos destinados a la alimentación humana o animal.

El Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria realiza el monitoreo y vigilancia en especies frutihortícolas y productos granarios.

Derecho internacional sobre productos químicos

Convenios de Rotterdam y Estocolmo

En la década del 80, el PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente) y la FAO elaboraron códigos de conducta voluntarios y sistemas de intercambio de información para vigilar la importación y utilización de productos químicos y plaguicidas peligrosos, en respuesta a los posibles riesgos asociados a un incremento en la producción y comercialización de ese tipo de productos.

En 1985, la FAO puso en marcha el Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas, y en 1987 el PNUMA estableció las Directrices de Londres para el intercambio de información acerca de los productos químicos objeto de comercio internacional. En 1989 ambas organizaciones adoptaron un procedimiento voluntario de consentimiento fundamentado previo.

Luego, en la Conferencia de Río de Janeiro desarrollada en 1992, se aprobó el capítulo 19 del Programa 21

sobre la gestión ecológicamente racional de los productos químicos tóxicos. Allí se reconoce que “para alcanzar los objetivos sociales y económicos de la comunidad mundial es indispensable utilizar una gran cantidad de productos químicos, y las mejores prácticas modernas demuestran que esos productos pueden utilizarse ampliamente, con eficacia económica y con un gran alto grado de seguridad”. Asimismo, se planteó como objetivo para el año 2000 generar un instrumento jurídicamente vinculante sobre el procedimiento voluntario de consentimiento fundamentado previo.

Luego de varias negociaciones, en 1998 se aprobó el Convenio de Rotterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo Aplicable a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional. Dicho convenio entró en vigor el 24 de febrero de 2004 y fue aprobado en la Argentina a través de la ley 25278 en el año 2000.

El objetivo de este acuerdo fue “promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de las partes en la esfera del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a posibles daños y contribuir a su utilización ambientalmente racional, facilitando el intercambio de información acerca de sus características, estableciendo un proceso nacional de adopción de decisiones sobre su importación y exportación y difundiendo esas decisiones a las partes” (art. 1° del Convenio de Rotterdam, versión revisada 2015).

El convenio crea obligaciones jurídicamente vinculantes para la aplicación del procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo y se aplica a plaguicidas y productos químicos industriales que han sido prohibidos o rigurosamente restringidos por razones sanitarias o ambientales por dos o más partes, y a los cuales la Conferencia de las Partes decidió incluir en este procedimiento. También se aplica a las formulaciones plaguicidas extremadamente peligrosas que entrañen un riesgo en las condiciones de uso vigentes en los países en desarrollo o en países con economías en transición.

A su vez, en el año 2001 se aprobó el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, que entró en vigor el 17 de mayo de 2004, y fue suscripto por la Argentina en diciembre de 2005 a través de la ley 26011. El objetivo de este tratado internacional es proteger la salud humana y el medio ambiente frente a contaminantes orgánicos persistentes. Estos productos comprenden a aquellas sustancias que pueden permanecer años o incluso décadas antes de degradarse a formas menos peligrosas. Son, asimismo, capaces de evaporarse y viajar largas distancias, se depositan en los tejidos

grasos (son bioacumulables) y presentan gran toxicidad.

Para ello, se establece una serie de medidas tendientes a eliminar la producción, utilización, importación y exportación de todos los contaminantes orgánicos persistentes generados intencionalmente y que se incluyan en el Anexo A del convenio. También se establecen restricciones de producción y uso para las sustancias incluidas en el Anexo B, permitidas sólo para exenciones específicas con fines determinados.

Gestión de residuos: envases de productos fitosanitarios

La ley 27279 (2016) de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión de los Envases Vacíos de Fitosanitarios fue sancionada en septiembre de 2016 y promulgada de hecho el 6 de octubre de ese mismo año. Su decreto reglamentario 134/2018, con intervención conjunta del Ministerio de Agroindustria y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, data de febrero de 2018.

Esta ley establece presupuestos mínimos para la gestión de envases vacíos que, por la toxicidad del producto que contuvieron, exigen un manejo diferenciado. La norma distingue dos clases de envases:

- a) Los envases vacíos susceptibles de ser sometidos al procedimiento de reducción de residuos (IRAM 12069), que hayan sido entregados en los Centros de Almacenamiento Transitorio (CAT) autorizados.
- b) Los envases vacíos que no pueden ser sometidos al procedimiento de reducción de residuos, ya sea por sus características físicas o por contener sustancias no miscibles o no dispersables en agua, que hayan sido entregados en los CAT autorizados.

La formulación, operación y mantenimiento del sistema de gestión es directa responsabilidad de los registrantes. Estos son las empresas fabricantes, a las que la ley define como: “toda persona física o jurídica que haya obtenido el Certificado de Uso y Comercialización de un fitosanitario ante el Senasa”.

Los envases vacíos de fitosanitarios sólo podrán gestionarse mediante los canales establecidos por el Sistema de Gestión Integral de Envases Vacíos de Fitosanitarios, proceso que consta de tres etapas: del usuario al CAT; del CAT al operador, y del operador a la industria.

Los CAT serán responsabilidad de los registrantes. Por su parte, el usuario (productor agropecuario) deberá realizar, por él o por intermedio del aplicador, el procedimiento de reducción de residuos. Asimismo, deberá separar los envases vacíos en las dos clases establecidas y trasladarlos y entregarlos a un CAT, para lo cual no

necesitará ninguna autorización específica. A partir de la fecha de compra, dispondrá de hasta un año de plazo para devolver el envase. Esta es la única etapa del sistema de gestión que no exige transporte habilitado.

El usuario también tiene a su cargo la capacitación del personal necesario para efectuar una gestión ambientalmente adecuada de los envases vacíos de fitosanitarios. En caso de disponer de envases susceptibles de ser sometidos al procedimiento de reducción de residuos a los que no se les haya efectuado dicho tratamiento, el usuario deberá afrontar el costo de la gestión de envases correspondiente.

El decreto reglamentario refuerza la obligación del usuario de separar los envases en el momento del traslado, conforme sean susceptibles de ser sometidos al procedimiento de reducción de residuos o no. La ley prohíbe el abandono, vertido, quema y/o enterramiento de envases vacíos de fitosanitarios, así como la comercialización y/o entrega de envases a personas físicas o jurídicas por fuera del sistema autorizado.

En el art. 20 se especifican las características que deben tener los lugares de almacenamiento temporal de los envases vacíos de fitosanitarios del usuario o de los aplicadores. Estos deberán estar señalizados y disponerse en un lugar seco, cerrado, bajo techo, protegidos superficialmente de manera tal que impidan la percolación de líquidos que pudieran derramarse. Asimismo, deben estar lejos de fuentes y reservorios de agua y de lugares de almacenamiento de alimentos destinados al consumo humano o animal.

Se menciona, además, que aquellos productos que no hayan sido utilizados dentro del año en que fueron adquiridos deberán ser declarados como tales en el sistema de trazabilidad.

Como balance se destaca el hecho de contar, finalmente, con una ley nacional que establece presupuestos mínimos para el tratamiento de envases vacíos. Hasta hace poco tiempo, la generación, el transporte y el tratamiento de los envases se regían por la ley 24051 de residuos peligrosos, con todas las complejidades que implicaba. Los envases a los que no se pueda aplicar la reducción de residuos o que no sean debidamente tratados por el usuario y/o aplicador a pesar de su factibilidad, seguirán bajo el régimen de esta ley.

A pesar del reciente decreto reglamentario, aún queda camino por recorrer. El sistema de gestión debe ser aprobado por las autoridades competentes; cada provincia dictará una norma para recepcionar e instrumentar las disposiciones de la ley nacional, como en el caso de la provincia de Buenos Aires, que ha dictado la resolución OPDS 327/17.

El desafío consiste en buscar el modo de articular el sistema de gestión con los comercializadores y distribuidores, teniendo en cuenta que conforme a lo dispuesto por la ley, todos los envases tienen que ser encauzados a través del sistema de gestión.

Un capítulo aparte merece el tema de las sanciones a los infractores. Teniendo en cuenta la naturaleza penal de las contravenciones, con miras a garantizar los principios que las rigen como el debido proceso, es necesario que la ley brinde previsibilidad a la conducta y por ello la tipifique adecuadamente. La descripción actual es amplia e indeterminada.

Gestión de efluentes en sistemas de producción intensiva

La intensificación de la producción se ha convertido en un asunto de interés por las implicancias que reviste en relación a la calidad de los alimentos, al bienestar animal y al impacto ambiental. Los sistemas de certificación vienen así a satisfacer la demanda de los mercados y los consumidores, muy exigentes en estas cuestiones.

El principal problema ambiental derivado de la intensificación de los sistemas de producción animal (*feed*

lot, tambo, cerdos, aves) está asociado a la concentración de excretas en pequeñas unidades de superficie, las cuales pueden impactar en el aire, el suelo y el agua.

Las excretas pueden ser consideradas desde dos ópticas distintas: a) como un residuo o b) como un subproducto que puede ser utilizado para la aplicación agronómica, generándose así una reposición de los nutrientes.

Si nos adentramos en el marco jurídico para el tratamiento de los efluentes generados por excretas animales hallaremos que, si se los considera como un residuo, será necesario efectuar un tratamiento previo a su vuelco en cursos superficiales de agua o a su utilización en sistemas de fertirriego. Los parámetros establecidos en las distintas legislaciones provinciales son de difícil cumplimiento, teniendo en cuenta la caracterización del efluente, abundante en materia orgánica y con alta carga de nutrientes.

Si, en cambio, se les da valor de aplicación agronómica, se inicia un camino de eficiencia en el que se reponen los nutrientes extraídos durante el proceso productivo. De esta manera, en lugar de instrumentar costosos sistemas de tratamiento que permitan alcanzar



**Oikocredit,
Cooperación para
el desarrollo**



Oikocredit es una de las principales fuentes mundiales de financiación privada del desarrollo.

Oikocredit es una cooperativa internacional con sede en Holanda y más de 40 años de experiencia, que brinda créditos de mediano y largo plazo y asistencia técnica a proyectos que generan el crecimiento de las comunidades menos favorecidas en más de 60 países en desarrollo.

Oikocredit financia a casi 500 instituciones de microfinanzas y a más de 200 organizaciones cooperativas (agropecuarias, de comercio justo, financieras y productivas) de todo el mundo, que trabajan para lograr las metas comunes de sus miembros y apoyar la generación de empleos, la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible de las comunidades en las que están insertas.

Oikocredit se esfuerza constantemente por mejorar su desempeño social y ambiental y el de sus socios, ya que persigue un triple resultado: un sano equilibrio entre rentabilidad financiera, resultados sociales positivos y sostenibilidad ambiental.

El capital de **Oikocredit** proviene de más de 50 000 individuos, iglesias y otras organizaciones que eligen invertir sus fondos de forma responsable.

Oikocredit Argentina - Av. Santa Fe 1970, Piso 20 "E" - Ciudad Autónoma de Bs.As.
Teléfono: (+54) 11 4814 2122 - Email: office.ar@oikocredit.org - Web: www.sasr.oikocredit.coop

los parámetros de vuelco a cursos de agua, los efluentes podrían ser aplicados en el suelo a través de sistemas de riego o mediante el uso de los barros provenientes del proceso de separación como fertilizante orgánico.

No hay una normativa nacional que regule la gestión y disposición de este tipo de residuos, algo que sí ocurre con otros desechos, como los urbanos, electrónicos, patológicos, etcétera. Se requiere entonces un marco jurídico, políticas y medidas que enmarquen y faciliten el aprovechamiento agronómico de los efluentes, de manera de dar a las excretas una gestión y reutilización sostenible.

Córdoba fue la primera provincia que le dio un encuadre jurídico a la aplicación agronómica. Por medio del Decreto 847/16 estableció los estándares tecnológicos y ambientales para el vertido de efluentes líquidos a cuerpos receptores, entre los que se encuentra el suelo, cuando el destino del efluente es para reuso o uso agronómico. La resolución 29/17 del Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos de esa provincia lo regula.

Allí se establece el plan de aplicación que deben seguir aquellos establecimientos que opten por realizar un uso agronómico de los residuos pecuarios. Este plan consiste en un protocolo que establece contenidos mínimos para el correcto funcionamiento del suelo como cuerpo receptor de los residuos orgánicos de origen animal y como proveedor de nutrientes a los cultivos sin generar efectos negativos para el ambiente.

El protocolo debe considerar dos dimensiones: las características del establecimiento, del paisaje y del sistema suelo receptor y la caracterización del subproducto utilizado. También se establecen las condiciones para estabilizar los residuos pecuarios, los contenidos mínimos que debe contener el plan, las condiciones de utilización y las restricciones de uso.

Más allá del caso de Córdoba (que cuenta con legislación específica), la ausencia de normas jurídicas que regulen el tratamiento de los residuos pecuarios para uso agronómico no implica que no haya normativa que cumplir. Por el contrario, en muchos casos se aplican supletoriamente normas que han sido dictadas tomando como base otras actividades productivas, lo que trae aparejadas distintas complicaciones por no contemplarse las particularidades del sector.

Comentarios finales

En la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible 2015, los Estados miembro de la ONU aprobaron la nueva Agenda Global de Desarrollo Sustentable en la que se reconoce que la alimentación, los medios de vida y la ordenación de los recursos naturales ya no se pueden considerar en forma aislada. Es necesario un enfoque coherente e integrado de la sostenibilidad en todos los sectores agrícolas y en los sistemas alimentarios.

Los problemas ambientales demandan la intervención del Estado, a través de normas y políticas públicas basadas en evidencia científica y en información transparente y cierta.

Algunos casos, como el tratamiento de los efluentes de la actividad lechera y ganadera, exigen la adopción de nuevas normas jurídicas que contemplen las particularidades de la actividad y le den un encuadre adecuado a la reutilización de los efluentes como subproducto de la actividad.

Sin embargo, la solución no reside exclusivamente en la elaboración de nuevas normas, sino que algunos de los desafíos planteados, como el del uso de fitosanitarios, deben superarse mediante el monitoreo de las políticas públicas, el control y la fiscalización de las normas vigentes.

8

Sistemas soporte de decisiones y modelos para cuantificar el impacto ambiental

La toma de decisión es un proceso que se repite continuamente en el ámbito productivo. En especial, en la producción agropecuaria, qué rotación realizar, qué productos y dosis aplicar o qué sistema de siembra escoger son decisiones que se toman en cada campaña y requieren la articulación de información técnica, climática, económica y, más recientemente, ambiental.

Por lo general, las decisiones en el marco de los sistemas productivos tenían como principal objetivo alcanzar la máxima rentabilidad posible con el menor impacto sobre el suelo, considerado el principal recurso para sostener la producción. Sin embargo, en los últimos años, el contexto social y comercial exige ampliar la perspectiva.

En la actualidad existen sistemas de soporte de decisión y modelos de cuantificación que permiten estimar o predecir los beneficios e impactos que pueden tener lugar durante el ciclo productivo. Estos modelos permiten orientar la práctica hacia la obtención de la máxima rentabilidad con el menor impacto ambiental posible.

En esta sección se exponen conceptos básicos sobre distintas herramientas que facilitan el proceso de decisión subrayando la dimensión ambiental de la producción agropecuaria. Al mismo tiempo, se presentan algunas iniciativas, en especial un sistema de indicadores desarrollado por CREA para cultivos agrícolas, junto con un caso en que se lo utiliza para analizar rotaciones de diferentes regiones productivas.

Sistema soporte de decisiones

- **Ing. Agr. María Fernanda Feiguin**
Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA.
- **Ing Agr. Ph. D. Gabriel Vázquez Amábile**
Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA. Cátedra de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Facultad de Agronomía y Ciencias Forestales, Universidad Nacional de La Plata.

Los Sistemas Soporte de Decisión (*DSS*, por su sigla en inglés) son modelos basados en *softwares* que integran datos sin procesar con modelos o procesos que facilitan el análisis y la jerarquización de alternativas. Están conformados por bases de datos y procesos de cálculo que generan “salidas” o resultados orientados a la toma de decisiones. Dado que la planificación de la actividad agropecuaria exige la articulación de numerosos datos (clima, genética, fertilización, agroquímicos, etc.), estos sistemas facilitan el proceso permitiendo prever resultados en distintos niveles de la actividad (margen económico, rentabilidad, impacto ambiental, etc.). Al mismo tiempo, permiten realizar análisis de incertidumbre, estimando el grado de probabilidad

de exceder algún umbral ambiental previamente determinado como límite crítico (Mowrer, 2000).

El uso de estos sistemas tiene múltiples beneficios:

- Generan información útil a partir de la integración de datos dispersos (registros climáticos, edáficos, de manejo).
- Brindan al tomador de decisiones un panorama del conjunto de variables que integran un sistema complejo (por ejemplo, el agrícola).
- Permiten cuantificar los posibles impactos o riesgos de un sistema productivo.
- Comparan escenarios de manejo ante distintos ambientes climáticos y edáficos.
- Identifican “vacíos” en el conocimiento de procesos que están ausentes o incompletos en otros sistemas agronómicos.

En la sección siguiente se describen algunos sistemas soporte de decisión orientados a la actividad agropecuaria, con énfasis en el impacto ambiental. A nivel regional y nacional existen otras iniciativas, que tienen por objetivo facilitar la toma de decisiones productivas a partir de la inclusión de criterios e indicadores económicos y ambientales.

A nivel mundial existen numerosos modelos desarrollados por universidades y organismos estatales que permiten predecir escenarios de impacto para diferentes recursos naturales (erosión de suelos, riesgos de contaminación de cursos de agua y acuíferos, etc.) Algunos ejemplos son WEPP, Napra-Gleams, Drainmod, SWAT, entre otros.

CREA trabaja para adaptar algunos de ellos a la realidad de nuestro país, lo que permitirá contar con herramientas propias para predecir impactos y tomar decisiones a largo plazo en el manejo de los recursos naturales.

Iniciativas nacionales y regionales

Sistemas de Indicadores de Sostenibilidad CREA

Este *software* tiene por objetivo facilitar la toma de decisiones en planteos técnicos y rotaciones agrícolas con criterios ambientales y económicos. Está orientado básicamente a la agricultura extensiva para los cuatro principales cultivos que se siembran en el país: trigo, maíz, girasol y soja. Permite estimar los indicadores para un cultivo o para una rotación determinada (figura 1).

Su uso es realmente sencillo: exige que el usuario cargue en el sistema la ubicación del planteo (localidad), los datos básicos de cada cultivo y los esquemas de fertilización, uso de agroquímicos y riego, en caso de utilizarlos.

A continuación, se describen brevemente los indicadores calculados por el sistema a partir de los datos que ingresa el usuario:

- Producción del cultivo y de la rotación. La producción es reportada como rendimiento en kilos de grano, en kilos de proteína y en megacalorías de energía por hectárea.
- Balance de nutrientes. Informa las condiciones del suelo en relación con los nutrientes principales (nitrógeno, fósforo, potasio y azufre) en función del planteo

nutricional que se realice. Se calcula como la diferencia entre los nutrientes exportados en el grano y los aportes realizados por fertilización. Permite identificar los planteos con reposición deficiente de nutrientes.

- Aporte de carbono. Calcula la cantidad de carbono aportado por el cultivo en función del rendimiento obtenido o esperado (en kg/ha), considerando la biomasa de residuos aéreos y de las raíces. Permite identificar los planteos que producen mayor biomasa vegetal.

- Balance de carbono del suelo. Calcula el balance de carbono de cada cultivo y de la rotación (en kg/ha). El valor se obtiene a partir del aporte de carbono y de las pérdidas de materia orgánica por mineralización durante el ciclo de los cultivos en el horizonte superficial, basado en el modelo AMG (Andriulo *et al.*, 1999).

- Huella de carbono. Permite conocer la cantidad de CO₂eq por hectárea emitido en cada componente del planteo técnico (figura 2). Estos son: emisiones por residuos de cosecha, fertilización, uso de combustible fósil y de sistemas de riego, pérdida de carbono del suelo y emisiones generadas para la producción de los insumos necesarios (producción de combustibles, agroquímicos, fertilizantes y semillas).

El sistema reporta las emisiones totales por hectárea y por unidad de producto como “intensidad de emisión”, expresadas en CO₂ eq por kilo de grano, por kilo de proteína y por megacaloría producidos.

- Carga toxicológica. Al conocer el concepto de DL50 y su valor para cada agroquímico se desarrolló este indicador, que permite conocer la Dosis Letal Efectiva (DLef) que se aplica por hectárea en cada planteo.

- Uso de agroquímicos. Permite conocer la composición de los planteos técnicos en función del color del marbete de los agroquímicos seleccionados. Los resultados se presentan en kg/ha y porcentualmente (figura 3).

- Balance y eficiencia energética. El balance energético es la diferencia entre la energía aplicada al sistema

Figura 1. Pantalla carga de datos

The screenshot shows the 'Sistema de Indicadores de Sustentabilidad CREA :: Planteos agrícolas' interface. It features a top navigation bar with 'Planteos agrícolas', 'Rotaciones', and 'Documentación' tabs, and a 'Salir' button. Below this is a 'Datos generales planteo agrícola' section with fields for 'Nombre del planteo', 'Campaña', 'Cultivo', 'Provincia', and 'Departamento'. A 'Fertilizaciones' tab is active, showing a table with columns for 'Fertilizante', 'Cantidad kg/ha', and 'Precio \$/kg'. The table is currently empty. Other buttons like 'Agregar', 'Modificar', and 'Eliminar' are visible. At the bottom, there are 'Guardar planteo agrícola' and 'Cancelar' buttons.

a través de las labranzas (consumo de combustible y fertilizantes) y la energía cosechada en el grano. La eficiencia energética es la razón entre la energía aplicada y la extraída con los productos (energía contenida en los granos).

- Margen económico. Es la diferencia entre los ingresos resultantes de la venta del grano y los gastos directos generados para llevar adelante el cultivo, tradicionalmente conocido como margen bruto. Se expresa en pesos por hectárea.

El sistema permite comparar planteos técnicos por cultivo y toma como valor referencial los planteos modales de la zona CREA en la cual se desarrollan. También permite comparar dos rotaciones entre sí. Los resultados se visualizan a través de gráficos de barras o de tablas. La tabla de resultados puede ser exportada a Excel (figura 4).

Agroecoindex

Este sistema, desarrollado en el Área de Gestión Ambiental de INTA por investigadores de la EEA An-

guil (Viglizzo *et al.*, 2006), contempla las principales actividades productivas: agricultura, ganadería y forestación. Se basa en una serie de planillas de cálculo donde se realiza la carga de información del establecimiento por analizar a nivel de potrero. Contiene 19 indicadores que se listan a continuación.

Porcentaje de cultivos anuales	Riesgo de contaminación por fósforo
Consumo de energía fósil	Riesgo de contaminación por plaguicidas
Producción de energía	Riesgo de erosión hídrica y eólica
Eficiencia de uso de la energía fósil	Balance de gases invernadero
Balance de nitrógeno	Consumo de agua
Balance de fósforo	Eficiencia de uso del agua
Cambio de <i>stock</i> de carbono del suelo	Relación lluvia/energía producida
Cambio de <i>stock</i> de carbono de la biomasa leñosa	Riesgo de intervención de hábitat
Riesgo de contaminación por nitrógeno	Impacto sobre el hábitat
	Agrodiversidad

Figura 2. Resultado de producción total, emisiones de GEI y aporte de carbono

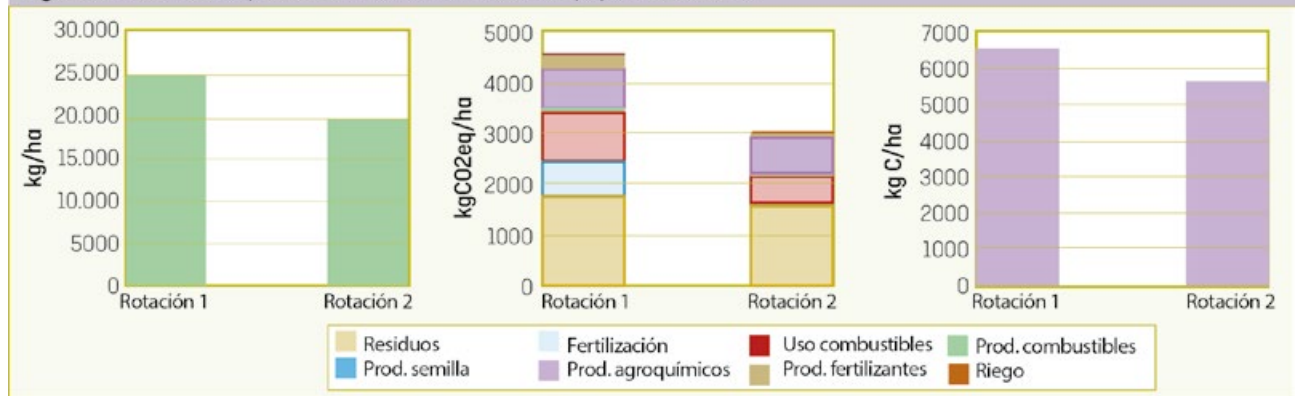
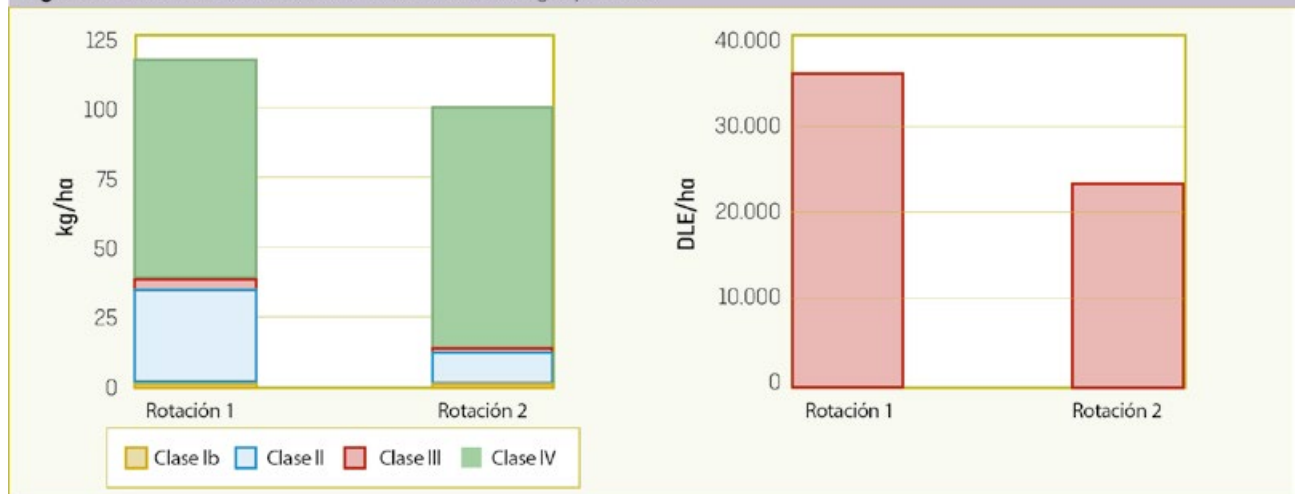


Figura 3. Resultado de indicadores relacionados con agroquímicos



Los resultados se presentan en una planilla donde figuran los valores por hectárea obtenidos para cada indicador a nivel general y de potrero. Además, son visualizados a través de un panel que contiene una serie de “relojes” (uno por cada indicador) y un panel general.

Estos relojes están conformados por una gama de colores que van del verde al rojo. El verde indica un estado óptimo y el rojo, un mal estado por indicador y para el establecimiento. Los amarillos y naranjas muestran situaciones intermedias (figura 5).

Sistema de indicadores de sustentabilidad de Fucrea

La Federación Uruguaya de Centros Regionales de Experimentación Agropecuaria (Fucrea), en convenio con BID Fomin, trabaja en el desarrollo de un sistema que permita evaluar la sostenibilidad de sistemas agrícola-ganaderos en Uruguay.

Este modelo tiene por objetivo analizar las rotaciones agrícola-ganaderas en función de los planteos técnicos. Permite incluir cultivos de verano y de invierno, tanto para cosecha como para cobertura. En cada caso, es necesario especificar el planteo de insumos (ferti-

Figura 4. Comparación de rotaciones

CREA Sistema de Indicadores de Sustentabilidad CREA :: Planteos agrícolas

Planteos agrícolas Rotaciones Documentación Salir

Escenarios de rotaciones

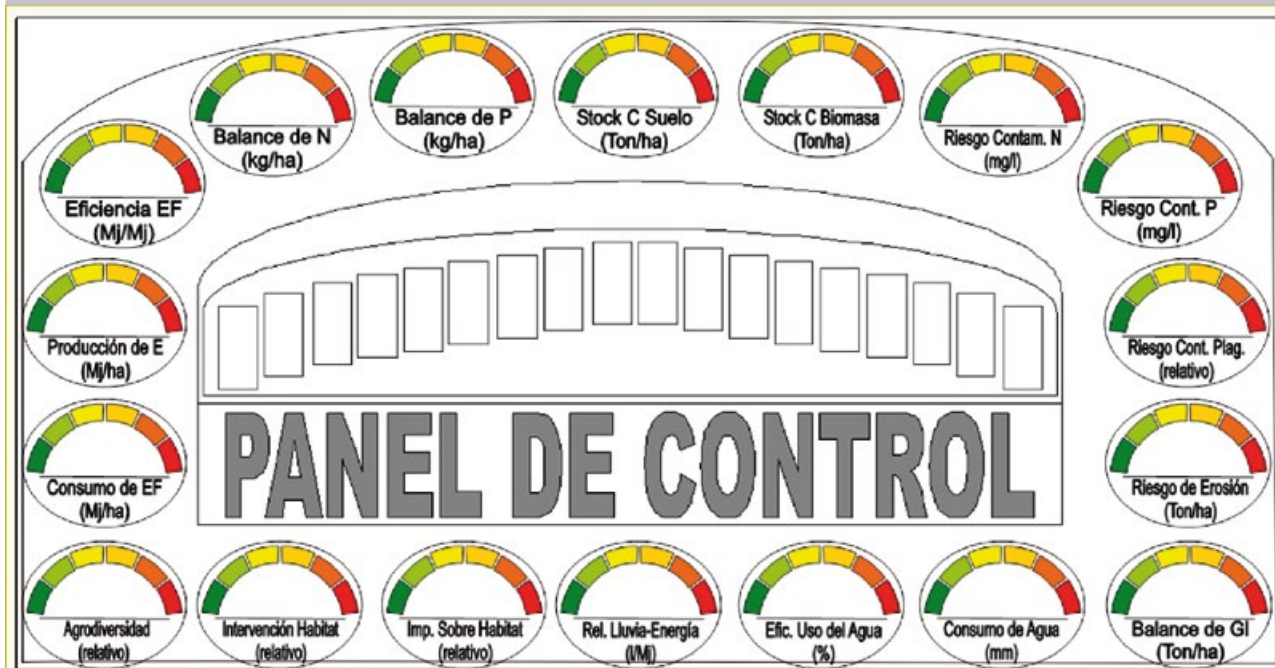
Modelos
Escenario basico Agregar Eliminar

Listado de rotaciones

Agregar Modificar Eliminar Resultados

Rotación 1 - Cultivo	Rotación 1 - Cultivo de segunda	Año	Rotación 2 - Cultivo	Rotación 2 - Cultivo de segunda
Maíz (Maíz Tandil)		1	Soja (Soja 1ra)	
Soja (Soja 1ra)		2	Soja (Soja 1ra)	
Trigo (Trigo Tandil)	Soja 2da (Soja 2da-Tandil)	3	Soja (Soja 1ra)	

Figura 5. Panel de control de resultados Agroecoindex



zantes, herbicidas, insecticidas, semillas), riego, maquinaria y costos.

Como resultado, el sistema devuelve una serie de indicadores vinculados al manejo de los recursos naturales y económicos que permite conocer la sostenibilidad de las rotaciones. La figura 6 muestra el listado de indicadores con una breve descripción de cada uno.

Además, el sistema incluye como indicador económico el margen bruto con y sin renta.

Modelos matemáticos de simulación

Los modelos constituyen una representación aproximada de los sistemas naturales y se construyen a través de un proceso de abstracción. El desarrollo de la informática ocurrido en las últimas décadas permitió integrar el conocimiento del funcionamiento de los sistemas naturales dentro de herramientas de cálculo complejas o modelos matemáticos.

Estos modelos se asocian frecuentemente con un tipo de *software*, pero en realidad son mucho más que eso: incluyen las distintas variables de un sistema y el conocimiento actual de sus interrelaciones. En el caso de los modelos agronómicos, se ven involucrados submodelos de balances de agua, crecimiento y desarrollo vegetal, nitrógeno, etcétera.

Los modelos matemáticos son herramientas prácticas que permiten simular procesos (fechas de siembra, dosis de fertilizante, sistema de labranza, etc.) ante distintos escenarios (suelos, climas etc.) para así analizar posibles impactos y también posibles soluciones ante dichos cambios. Por lo tanto, es importante identificar el o los modelos más apropiados para el estudio de las variables de interés de un sistema.

Cada modelo tiene un objetivo y variables que lo definen, así como una escala determinada de estimación. Aunque encierran un cierto grado de incertidumbre o error en sus resultados, son de gran utilidad, ya que favorecen la comprensión de los sistemas naturales, permiten cuantificar los procesos que allí se desarrollan y predecir comportamientos.

En términos generales, los modelos permiten cuantificar eventos y tomar decisiones en función de estos resultados. A continuación, se describen brevemente algunos modelos de predicción que permiten anticipar escenarios de impacto ambiental en la producción agropecuaria.

Water Erosion Prediction Project (WEPP)

El modelo WEPP fue desarrollado por el Laboratorio de Erosión de suelos del USDA (Departamento de Agricultura de EE.UU.) en la Universidad de Purdue (Flanagan y Nearing, 1995). Su objetivo es predecir la erosión hídrica del suelo en un determinado paisaje con diferentes tipos de manejo para un escenario de precipitaciones determinado. A diferencia de las ecuaciones universales de pérdida de suelo (USLE y Rusle), que estimaban un valor anual promedio en toneladas por hectárea, WEPP permite analizar el escurrimiento, las pérdidas y la sedimentación anual o por evento de precipitación (incluso eventos extremos) a lo largo de una pendiente (loma, media loma y pie de loma).

El programa es muy versátil y permite definir escenarios en un lote con pendientes complejas o simples o bien en una microcuenca integrada por varios lotes (figura 7).

WEPP integra varios componentes: clima, suelos congelados, acumulación y derretimiento de nieve, irrigación, infiltración, flujo superficial, balance hídrico,

Figura 6. Indicadores vinculados a los recursos naturales utilizados por FUCREA

Indicador	¿Qué me dice?	¿Para qué sirve?
Productividad	Cuánta energía solar captura el sistema	Comparar sistemas de producción
Residuos	Medida de la cobertura por rastrojos del sistema	Conocer el riesgo potencial de erosión e insumo para EROSION 6.0
Ingreso C	Estimación indirecta del balance de materia orgánica	Saber si potencialmente estoy ganando o perdiendo materia orgánica
Eficiencia de Uso de Agua	Agua utilizada por el sistema en relación con el agua potencialmente utilizable	A menor uso de agua, mayor cantidad sale del sistema
N Relativo Balance P Balance K Balance S	Si estamos aplicando más o menos nutriente del que extraemos	Conocer si las estrategias de fertilización son adecuadas en relación con los análisis de suelo
Unidades toxicológicas Mamíferos Unidades toxicológicas Abejas	Cantidad de agroquímicos aplicados al sistema en una medida unificada	Evaluar la carga de agroquímicos y las estrategias de protección vegetal

crecimiento del cultivo, descomposición de residuos, laboreos, erosión y deposición. De este modo, permite simular un evento (tormenta) o efectuar una simulación continua para un cultivo o una rotación, con o sin terrazas, curvas de nivel u otras prácticas. Para ello, requiere la carga de datos relacionados con las características del paisaje (pendiente, largo de la ladera, etc.), tipo de suelo, manejo (cultivo, rotación de cultivos, labranzas) y clima.

Si bien fue desarrollado para los ambientes de EE.UU., se trabaja en el desarrollo de una versión adaptada a los climas y suelos de la Argentina. En nuestro país, WEPP ha sido recientemente validado en suelos de Entre Ríos por técnicos del INTA Paraná, con buenos resultados (Gvozdenovich *et al.*, 2017).

Sistema Napra-Gleams

Gleams (*Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems*) es un modelo matemático desarrollado por el USDA (Knisel y Still, 1987), cuyo objetivo es evaluar el impacto del manejo de agroquímicos y fertilizantes en lotes agrícolas. Es una herramienta útil para modelar el flujo de estos productos y su potencial impacto en cursos de agua subsuperficial y en la napa freática, permitiendo

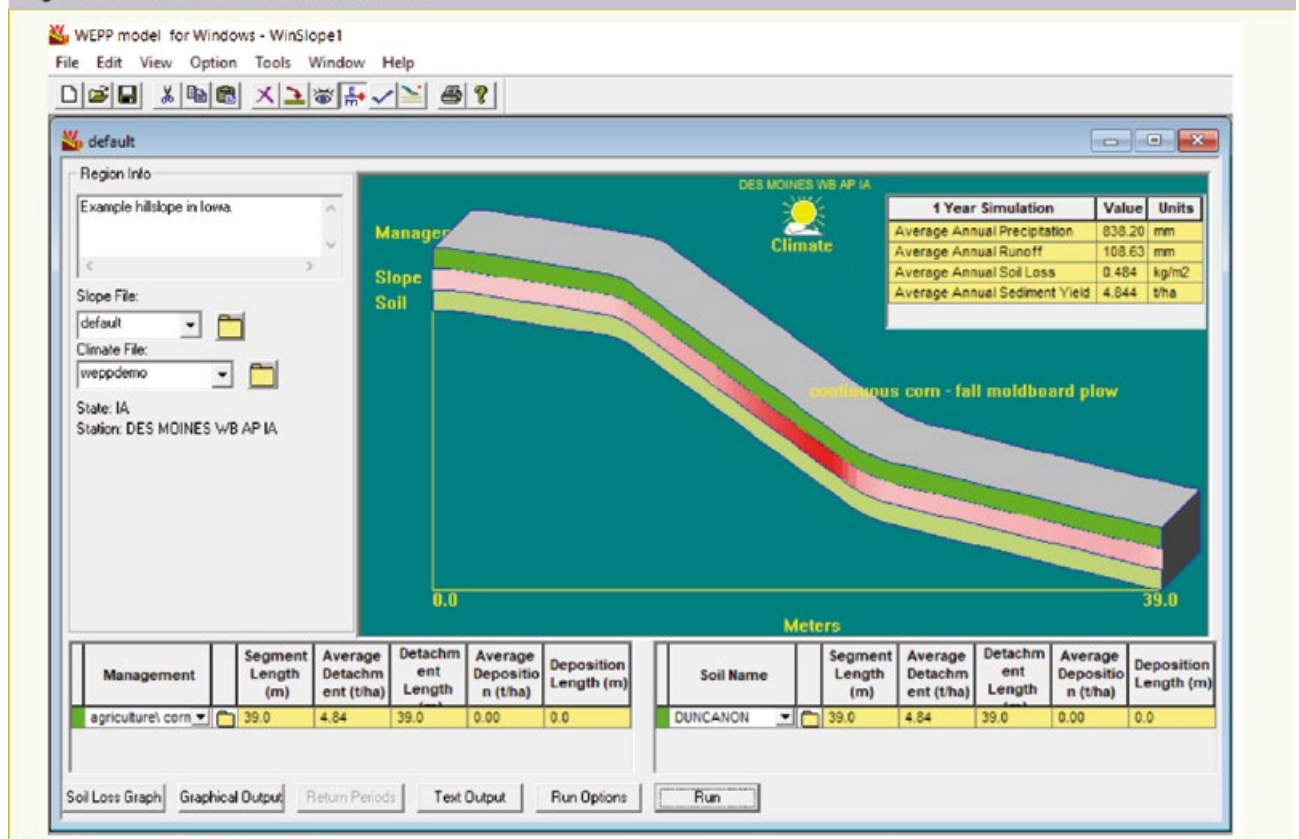
estimar el riesgo de polución difusa (Leonard, Knisel, & Still, 1987; Stone, Hunt, Johnson, & Coffey, 1998).

Gleams está conformado por tres componentes:

- Componente hidrológico. Con parámetros de suelo y del cultivo modela la dinámica del agua en el perfil (balance, evaporación, transpiración, escurrimiento e infiltración).
- Componente de erosión. Modela la erosión del suelo, proceso que favorece el transporte de agroquímicos adsorbidos al sedimento en suspensión.
- Componente pesticida. Simula la dinámica de agroquímicos o nutrientes aplicados en función de sus características (solubilidad, afinidad a coloides, vida media, etc.) y del manejo (dosis y momento de aplicación).

Gleams no es un modelo de utilización sencilla. Por esta razón, la Universidad de Purdue desarrolló un sistema de soporte de decisión denominado Napra (*National Pesticide Risk Assessment*; Lim y Engel, 2002), orientado a productores y extensionistas para analizar de manera simple el riesgo de pérdidas de nutrientes y agroquímicos por lixiviación a la napa freática o por escurrimiento fuera del lote a cuerpos superficiales de agua.

Figura 7. Pantalla de inicio del modelo WEPP



Este sistema consta de una interface web que permite simular el escenario de manejo de un lote de producción definiendo el cultivo, el tipo de suelo, la localidad, la fecha de siembra, el sistema de labranza y las aplicaciones de agroquímicos y fertilizantes (productos y dosis). El modelo Gleams trabaja detrás de esta interface y simula la hidrología del lote para un período de 40 años, de acuerdo con los registros climáticos de la localidad seleccionada. Finalmente, el usuario obtiene los resultados en forma de cuadros y gráficos.

A modo de ejemplo, la figura 8 presenta la salida gráfica para el nitrógeno en un maíz fertilizado en el medio oeste de los EE.UU. Puede observarse que en un 12% de los años (5) se excede el límite crítico de 10 ppm de nitrógeno como nitrato en napas como consecuencia del lavado de nitratos provenientes del fertilizante. A partir de esta información es posible modificar fecha y dosis de aplicación y analizar los resultados a través de simulaciones sucesivas.

Drainmod

Este modelo fue desarrollado por el departamento de Ingeniería Biológica y Agrícola de la Universidad de

Carolina del Norte (Skaggs, 2012). Su objetivo es modelar la hidrología de suelos pobremente drenados, con napas freáticas altas, y planificar el diseño de sistemas de drenaje subterráneo que permitan controlar el nivel freático en un sistema agrícola y pastoril. Drainmod ofrece la posibilidad de obtener una modelación diaria y por hora.

Este sistema combina dos subcomponentes: Drainmod N (submodelo de nitrógeno) y Drainmod S (submodelo de salinidad). Tanto el sistema como sus subcomponentes simulan el impacto del cambio de uso de suelos y de prácticas de manejo sobre la dinámica del agua (drenaje, movimiento de la napa freática). Además, facilitan el análisis del efecto del drenaje subsuperficial y de la escorrentía, y permiten estimar su impacto sobre el rendimiento del cultivo y la factibilidad del tránsito de maquinaria, como así también las pérdidas de nitrógeno y el movimiento de sales.

Este modelo fue validado en nuestro país con buenos resultados, utilizando registros de campos CREA de la zona oeste de Buenos Aires (Vázquez Amábile *et al.*, 2017). La figura 9 presenta alturas del nivel freático observadas y predichas por Drainmod en posición de loma y media loma, en un lote de un establecimiento del CREA Henderson-Daireaux en el período 2010-2013.

Figura 8. Salidas gráficas del Sistema soporte de decisión Napra-Gleams

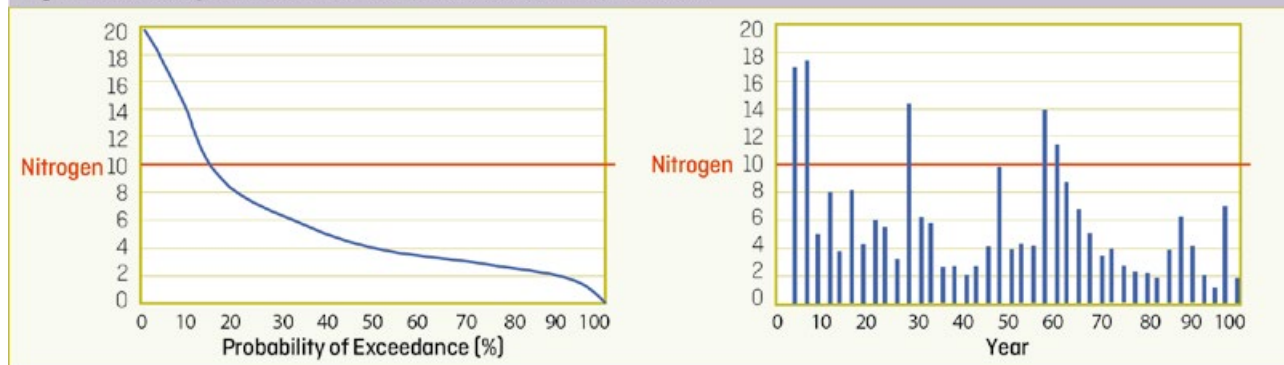
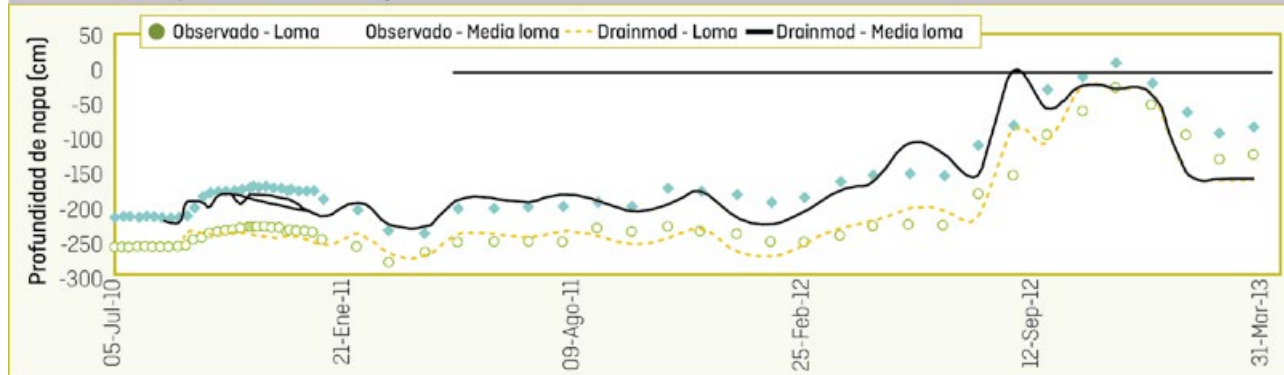


Figura 9. Profundidad de la napa freática diaria observada y predicha por Drainmod en las posiciones de loma y media-loma en el sitio La Guarida, en el período de validación (julio 2010-abril 2013)



Comentarios finales

El proceso de decisión en un sistema complejo como el de la producción agropecuaria demanda el uso de herramientas que faciliten la integración de múltiples criterios (productivos, económicos y ambientales) a fin de obtener producciones rentables y de bajo impacto ambiental.

Es necesario profundizar el trabajo tendiente a mejorar las herramientas disponibles y a desarrollar sistemas de soporte de decisión y modelos de predicción adaptados a las características de nuestras regiones productivas. Asimismo, es importante concientizar acerca de la importancia de predecir impactos y evaluar distintas prácticas a través de la capacitación en el uso de estas herramientas.

La actividad agropecuaria genera impactos y beneficios para toda la sociedad. Los sistemas soporte de decisión y los modelos de predicción son útiles para evaluar los procesos que se realizan y tomar mejores decisiones.

Uso del sistema de indicadores ambientales CREA Proyecto Nacional Rotaciones Agrícolas

■ Ing. Agr. Ms. Sc. Ariel Angeli, Ing. Agr. Ph. D. Federico Bert, Ings. Agrs. Federico Schmidt, Gustavo Martini, Matías Campos, Jaquelina Chajj y Martín Montane

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA.

El proyecto Rotaciones Agrícolas del Movimiento CREA tiene por objetivo determinar el efecto de la historia de lotes de producción sobre la productividad de los cultivos y otras variables de importancia en los agroecosistemas.

El trabajo se basa en el uso de registros de lotes correspondientes a 10 regiones agrícolas CREA que tienen la posibilidad de reconstruir una historia de rotación de al menos cinco años, lo cual es posible en aproximadamente el 20% de los casos (3,7 millones de hectáreas). Estos lotes son categorizados en función de la proporción de gramíneas en la rotación: *menos del 20% de gramíneas* (menos de una gramínea cada cinco cultivos), *20-40% de gramíneas* (una a dos gramíneas cada cinco cultivos), *40-60% de gramíneas* (dos a tres gramíneas cada cinco cultivos) y *más de 60% de gramíneas* (más de tres gramíneas cada cinco cultivos).

Mediante la utilización del Sistema de Indicadores Ambientales CREA, la base de datos de lotes de producción y los planteos modales de cultivos por región (Unidad de Investigación y Desarrollo), se estimaron cinco indicadores de interés para cada una de las proporciones de gramíneas en la rotación, determinando la dirección de cambio deseada para cada uno de esos indicadores (“más es mejor” o “menos es mejor”).

Los resultados de la modelación se muestran en los gráficos 1 a 5 en formato normalizado, donde 100 equivale al máximo alcance del objetivo, y 0 al mínimo. En todas las regiones se observa que la incorporación creciente de gramíneas en los planteos tiende a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, efecto asociado principalmente a una mejora en los balances de materia orgánica de los suelos (gráfico 3) que compensa las mayores emisiones por uso de fertilizantes y agroquímicos de las gramíneas.

Del mismo modo, los planteos que incluyen, al menos 40% de gramíneas, tienen mejores balances de fósforo en casi todas las regiones en estudio (gráfico 1). En varias de ellas, las rotaciones con mayor balance entre gramíneas

Figura 10. Indicadores, modelos y objetivos de cada indicador

Indicador	Modelo	Unidad	Objetivo (dirección de cambio deseada)	Resultado
Emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI)	IPCC (2006)	Kg de CO ₂ eq./ha/año	Minimizar	Gráfico 1
Balance de fósforo del suelo	Ciampitti y García. IPNI, 2008.	Kg de P/ha/año	Maximizar	Gráfico 2
Balance de materia orgánica del suelo (BMOS)	AMG. Andriulo, 1999.	Kg de COS/ha/año	Maximizar	Gráfico 3
Eficiencia de energía externa	Cociente entre la energía del producto cosechado y la energía de los insumos aplicados	Mcal P/Mcal I	Maximizar	Gráfico 4
Dosis letal efectiva de agroquímicos	Estimación a partir de DL50 x dosis de productos agroquímicos	DL ha/año	Minimizar	Gráfico 5

Referencias: CO₂eq: dióxido de carbono equivalente; P: fósforo; COS: carbono orgánico de suelos; DL: Dosis letal.

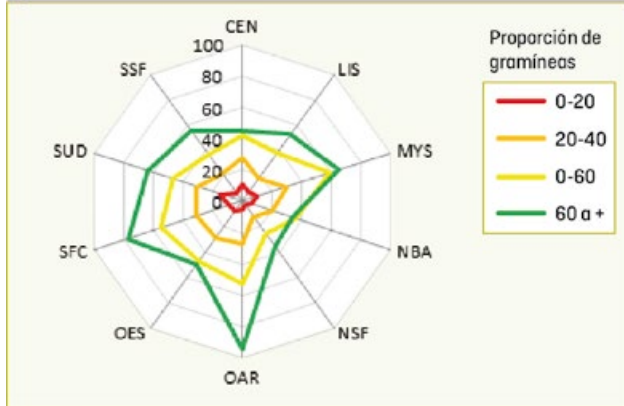
¹ Para objetivos cuya dirección de cambio es “más es mejor”, como el balance de carbono de suelos, 100 indica más, mientras que para objetivos cuya dirección de cambio es “menos es mejor”, como en el caso de la emisión de gases de efecto invernadero, 100 indica menos.

(maíz y trigo, en algunas regiones cebada) y leguminosas (principalmente soja; en algunas regiones girasol) están asociadas a balances neutros de este macronutriente.

Por último, en el gráfico 4 se observa que la toxicidad de los planteos no muestra un patrón claro relativo a la decisión de rotación, sino que, en general, es más dependiente del planteo modal de cada cultivo en cada región.

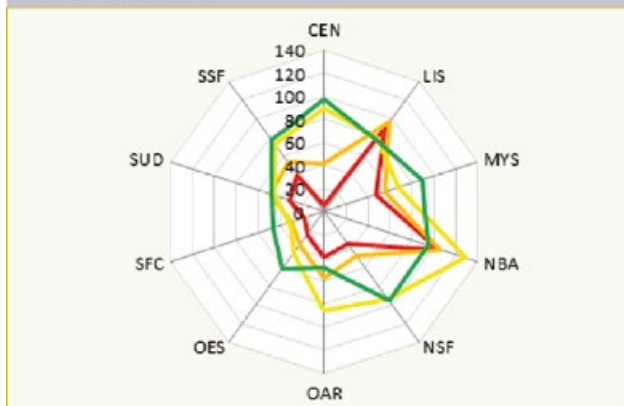
En síntesis, se verificó para las regiones analizadas una asociación positiva entre la mayor participación de gramíneas en la rotación y el alcance del objetivo consistente en minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar el balance de materia orgánica y fósforo de los suelos. No obstante, en todas las regiones, el aumento de gramíneas en la rotación también está asociado a una reducción de la eficiencia en el uso de insumos.

Gráfico 1. Grado de alcance del objetivo "minimizar emisiones de gases de efecto invernadero" en función de la proporción de gramíneas en la rotación de cultivos.



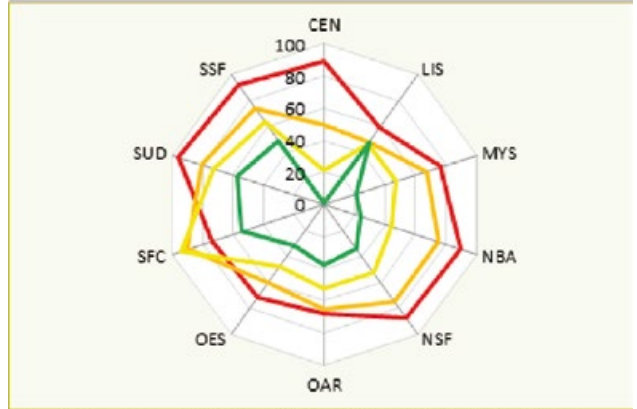
Referencias de regiones CREA: CEN: Centro; LIS: Litoral Sur; MYS: Mar y Sierras; NBA: Norte de Buenos Aires; NSF: Norte de Santa Fe; OAR: Oeste Arenosa; OES: Oeste; SFC: Santa Fe Centro; SUD: Sudeste; SSF: Sur de Santa Fe. 0 = mínimo alcance del objetivo (máxima emisión), 100: objetivo (sin emisiones de gases de efecto invernadero).

Gráfico 2. Grado de alcance del objetivo "Balance de fósforo de los suelos" en función de la proporción de gramíneas en la rotación de cultivos.



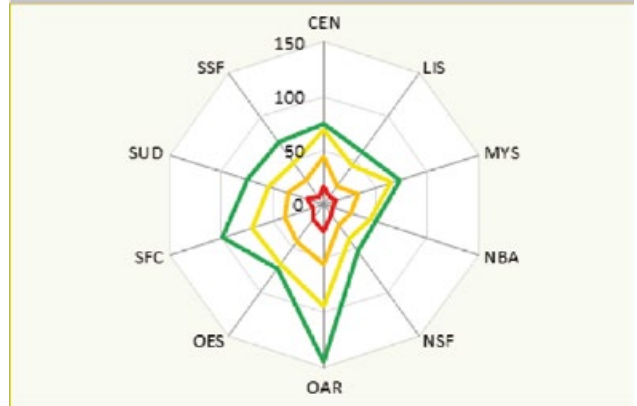
0 = mínimo alcance del objetivo (peor balance de fósforo), 100: objetivo (balance de P neutro).

Gráfico 3. Grado de alcance del objetivo "Maximizar la eficiencia de energía externa" en función de la proporción de gramíneas en la rotación de cultivos



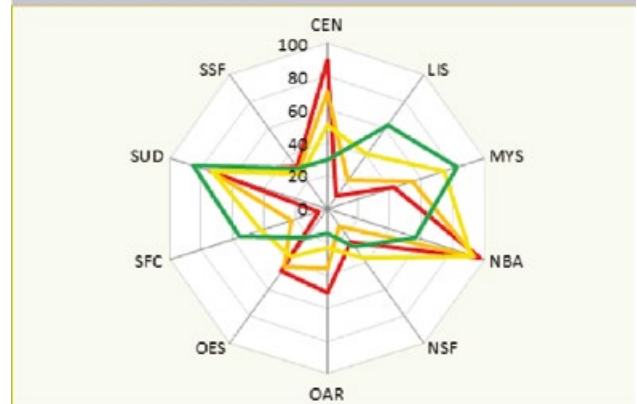
0 = mínimo alcance del objetivo (mínima eficiencia) 100: objetivo (Máxima eficiencia de energía externa).

Gráfico 4. Grado de alcance del objetivo "Maximizar el balance de carbono de los suelos" en función de la proporción de gramíneas en la rotación de cultivos



0 = mínimo alcance del objetivo (máxima pérdida de carbono) 100: objetivo (balance de carbono neutro).

Gráfico 5. Grado de alcance del objetivo "Minimizar la toxicidad de los agroquímicos" en función de la proporción de gramíneas en la rotación de cultivos.



0 = mínimo alcance del objetivo (máxima toxicidad) 100: objetivo (mínima toxicidad).

Bibliografía

1. AACREA. (2010). *CREA 1960 – 2010. 50 años contribuyendo al progreso de la patria*. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola, AACREA. Buenos Aires. 166 pp.
2. AAPRESID. (2012). *Relevamiento de Superficie Agrícola bajo Siembra Directa*. En: <http://www.aapresid.org.ar/siembradirecta.asp> Acceso 11 Dic 2012.
3. Adámoli, J. (2005). “Problemas ambientales de la agricultura en la región chaqueña”. 436-442. En: Brown, A., Martínez Ortiz, U., Acerbi, M. y J. Corcuera (Eds.). *La situación ambiental de Argentina*, Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, 587 pp.
4. Adamoli, J., Sennhauser, E., Acero, J., & Rescia, A. (1990). “Stress and Disturbance: Vegetation Dynamics in the Dry Chaco Region of Argentina”. *Journal of Biogeography*, 17, 491-500. doi: 10.2307/2845381.
5. Álvarez, C. R., Taboada, M. A., Gutiérrez Boem, F. H., Bono, A., Fernández, P. L. y Prystupa, P. (2009). *Topsoil properties as affected by tillage systems in the Rolling Pampa region of Argentina*. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 73, 1242-1250.
6. Álvarez, C. R., Fernández, P. L. y Taboada, M. A. (2012). *Relación de la inestabilidad estructural con el manejo y propiedades de los suelos de la región pampeana*. *Ci. Suelo*, 30, 173-178.
7. Álvarez, R. y Lavado, R. S. (1998). *Climate, organic matter and clay content relationships in the Pampa and Chaco soils, Argentina*. *Geoderma* 83: 127-141.
8. Álvaro García O. (2012). “Criterios modernos para la evaluación de la calidad del agua para riego”. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica* 6:27-36. International Plant Nutrition Institute. Acaassuso, Buenos Aires, Argentina.
9. Amedeo Santosuosso, C. A. (2003). “The need for scientists and judges to work together: regarding a new European network. Health and Quality of Life Outcomes”. Disponible: <https://hqlo.biomedcentral.com/articles/10.1186/1477-7525-1-22>.
10. Andorno, R. (2002). “El principio de precaución: un nuevo estándar jurídico en la era tecnológica”. *Revista jurídica argentina La Ley*, 2002-D 1326 p.
11. Andrade, F. (2016). *Los desafíos de la agricultura*. International Plant Nutrition Institute, 136 pp. Acaassuso, Buenos Aires, Argentina.
12. Andriulo, A., Mary, B. y Guerif, J. (1999). “Modelling soil carbon dynamics with various cropping sequences on the rolling pampas”. *Agronomie, EDP Sciences* 19 (5),365-377.
13. Anriquez, A. y Albanesi, A. (2008). “Rolados y suelos: el rolado y la materia orgánica en los suelos”. En: Kunst C., Ledesma R., Navall M. (eds.) *Rolado selectivo de baja intensidad*. Ediciones INTA. Santiago del Estero, pp. 43-53.
14. Aprile G., Periago, M. E. y Miñarro, F. O. (2016). *La fauna y los silvopastoriles del Chaco*. Boletín técnico de la Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires. Disponible en: http://awsassets.wwf.ar.org/downloads/boletin_tecnico_vida_silvestre_sep_2016_la_fauna_y_los_silvopastoriles_del_chaco_1.pdf.
15. Arnold, J. G., Srinivasan, R., Muttiah, R. S. y Allen, P. M. (1998). *Large-area hydrologic modeling and assessment: Part I. “Model development”*. *J. Am. Water. Resour. As.* 34: 73-89.
16. Arzeno, J. L., Corvalán, E. y Huidobro, D. J. (2017). “Ecorregión Chaqueña, Umbral al Chaco de Salta y Jujuy. Sistema productivo Agrícola extensivo de granos a secano”. En: M. G. Wilson (Ed.) *Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina*. 1a ed. Entre Ríos: Ediciones INTA. Libro digital. Acceso Enero 2018 https://inta.gov.ar/sites/default/files/manual_ics_final.pdf
17. Arzeno, J. L., Corvalán, E., Huidobro, D. J., Franzoni, A. y Matta, D. A. (2008). *Indicador de calidad de suelo: Relación de la materia orgánica entre dos profundidades 0-5 cm y 0-20 cm*, INTA EEA-Salta, Cerrillos.
18. Auge, M., Hernández, M. y Hernández, L. (2002). “Actualización del conocimiento del acuífero semiconfinado puelche en la provincia de Buenos Aires, Argentina”. *Groundwater and Human Development. XXXII IAH y Alshud Congress* (2002). Mar del Plata, Argentina. Bocanegra, E., Martínez, D., Massone, H. (Eds.). ISBN 987-544-063-9. pp. 2025-2038.
19. Barberis, L. A., Nervi, A., Del Campo, H., Conti, M. E., Urricarriet, S., Sierra, J., Daniel, P. E, Vázquez, M., Zourarakis, D. (1983). “Análisis de la respuesta del trigo a la fertilización nitrogenada en la Pampa Ondulada y su predicción”. *Ciencia del Suelo* 1: 51-64.
20. Barbero, M. F. (2011). *Siembra directa: una práctica sustentable*. Editorial Universidad Católica de Córdoba. 230 pp.

21. Barros, V., Garavaglia, C. y M. Doyle. (2013). "Twenty First century Projections of Extreme Precipitations in the Plata basin". *Intl. Journal of River Basin Management*, 4,373-387.
22. Battle-Bayer, L., Batjes, N. H. y Bindraban, P. S. (2010) "Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: a review". *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 137, 47–58.
23. Berhongaray, G., Álvarez, R., Paepe de, J., Caride, C., Cantet, R., (2013). *Land use effects on soil carbon in the Argentine Pampas*. *Geoderma* 192, 97–110.
24. Berizonce, R. O. (2013). "La incertidumbre científica como presupuesto del principio precautorio". *Anales N° 43* - Facultad de Cs. Jurídicas y Sociales. U.N.L.P.
25. Bilenca, D., Codesido, M., González Fischer, C. y Pérez Carusi, L. (2009). *Impactos Ambientales de la actividad agropecuaria sobre la biodiversidad en la ER Pampeana*. Ediciones INTA, ISBN 978-987-1623-26-6.
26. Bilenca, D., Codesido, M., González Fischer, C., Pérez Carusi, L., Zufiaurre, E., y Abba, A. (2012). "Impactos de la transformación agropecuaria sobre la biodiversidad en la provincia de Buenos Aires". *Rev. Museo Argentino de Ciencias Naturales*, n. s. 14: 189-198.
27. Bilenca D. N., Abba, A., Corriale, M. J., Pérez Carusi, L. C., Pedelacq, M. E. y Zufiaurre, E. (2017). "De venados, armadillos y coipos: los mamíferos autóctonos frente a los cambios en el uso del suelo, los manejos agropecuarios y la presencia de nuevos elementos en el paisaje rural". *Mastozoología Neotropical* 24(2), en prensa.
28. BIO by Deloitte. (2014). "Investigating options for different compliance systems for PEF and OEF declarations, Final Report", prepared for the European Commission, DG Environment, in partnership with IEEP and Ecologic.
29. Brassiolo, M., Lorea, L., Gonzales, D. P., Zárate, M. H. (2008). *Reacción del estrato arbustivo a diferentes intervenciones y presencia de ganado vacuno, en el Chaco Semiárido*. Quebracho 16:51-61.
30. Brodeur, J.C., Sanchez, M., Castro, L., Rojas, D. E., Cristos, D., Damonte, M. J., Poliserpi, M. B., D'Andrea, M. F. y Andriulo, A. E. (2017). "Accumulation of current-use pesticides, cholinesterase inhibition and reduced body condition in juvenile one-sided livebearer fish (*Jenynsia multidentata*) from the agricultural Pampa region of Argentina". *Chemosphere* (185):36-46. doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.06.129.
31. Brown A., Martínez Ortiz U., Acerbi M. y Corcuera J. (Eds). 2005. *La situación ambiental de Argentina*. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, 587 pp.
32. Burkart, R. (2006). "Las áreas protegidas de la Argentina". En: Brown, A., Martínez Ortiz, U., Acerbi, M. & J. Corcuera (Eds) *La situación ambiental de Argentina*. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, 587 pp.
33. Burkart, R., Bárbaro, N., Sánchez, R. y D. Gómez. (1999). *Eco-regiones de la Argentina*. Administración de Parques Nacionales. Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Presidencia de la Nación.
34. Campbell, C. A., Zentner, R. P., Liang, B. C., Roloff, G., Gregorich, E. G. y Blomert, B. (2000). "Organic C accumulation in soil over 30 years in semiarid southwestern Saskatchewan: Effects of crop rotations and fertilizers". *Can J. Soil. Sci.* 80: 179-192.
35. Cañada, P., Herrero, M. A., Fariña, S. R., Palladino, R. A y Morin, S. (2017a). "Development of a manure management decision support tool for dairy farmers in Argentina". Conference on Network on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture, Wexford, Ireland. (2017).
36. Cañada, P., Herrero, M. A., Palladino, R. A., Fariña, S. R. y Morin, S. (2017 b). "Dairy manure management in Argentine. Results of a survey by the working group on dairy manure management". Simposio Internacional sobre Gerenciamiento de Residuos Agropecuarios y Agroindustriales, Foz de Iguazú, Brasil.
37. Canteros, M. G., Venialgo, C. A. y Gutiérrez, N. C. (2003). *La materia orgánica y sus fracciones en distintas series de suelos del sudoeste Chaqueño*. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad Nacional del Nordeste.
38. Carlini A. A., Povedano H., Glaz, D. y Marateo, G. (1999). *Estudio de la biodiversidad en pasturas. Vertébrados en pasturas desmontadas con diferentes métodos*. Estación Experimental Chaco Central, Cruce de los Pioneros, Paraguay, 59 pp.
39. Carreño, L. V. y Viglizzo, E. F. (2007). *Provisión de Servicios Ecológicos y Gestión de los Ambientes Rurales en Argentina*. Área Estratégica de Gestión Ambiental. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina, 68 pp.
40. Casas R. R. y Puentes, M. I. (2009). "Expansión de la frontera agrícola en la región Chaqueña: impacto sobre la salud de los suelos". En: *El Chaco sin bosques: la Pampa o el desierto del futuro*. Ed.: Jorge H. Morello y Andrea F. Rodríguez. GEPAMA – UNESCO. Orientación Gráfica Editora. pp. 247-270.
41. Casas R. R. (1998). "Causas y evidencias de la degradación de los suelos en la región pampeana". En: *Hacia esa agricultura productiva y sostenible en la pampa*. Harvard University; David Rockefeller Center for Latin American Studies; Consejo Profesional de Ingeniería Agronómica. Orientación Gráfica Editora S.R.L. Buenos Aires. pp. 99-129.
42. Casas, R. R. (2015). "La erosión del suelo en la Argentina". En: *El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina*. Casas, R. R. y Albarracín, G. F. (Eds.) . Tomo II; Parte 7. Erosión y degradación de suelos. Editorial FECIC. pp. 433-452.

43. Castañeda, E. y Barros, V. (1994). *Las tendencias de la precipitación en el Cono sur de América al este de los Andes*. Meteorológica. 19. pp 23-32 (80).
44. Cazorla C. M., Cisneros, J. M., Moreno, I. S. y Galarza, C. M. (2017). “Mejora en el carbono del suelo y estabilidad de agregados por fertilización y cultivos de cobertura”. *Ciencias del Suelo* (Argentina) 35(2): 301-313
45. Centonze, F. (2001). “Scienza “spazzatura” e scienza “corrotta” nelle attestazioni e valutazioni dei consulenti tecnici nel processo penale”. *Rivista Italiana di Diritto e Procedura Penale*, Volume: 44 - Fascicolo: 4 - Pagina iniziale: 1232 - Pagina finale: 1274.
46. CEPAL. (2014). *La economía del cambio climático en el Paraguay*. (LC/W.617), Santiago de Chile.
47. CEPAL. (2015). *Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático en América Latina y el Caribe. Una revisión general*. Santiago de Chile, (2015).
48. Chagas C. I., Piazza, M. V., De Siervi, M., Santanatoglia, O. J., Moretton, J., Paz, M., Castiglioni y M. G., Irurtia, C. (2007). “Calidad de agua de escorrentía superficial en sistemas ganaderos extensivos e intensivos de Argentina”. *Agrochimica LI* (2-3): 130-136.
49. Chagas, C. I.; Kraemer, F. B.; Santanatoglia, O. J.; Paz, M. y Moretton, J. A. (2014). “Biological water contamination in some cattle production fields of Argentina subjected to runoff and erosion”. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 12(4): 1008-1017.
50. CIAT. (2014) “Agricultura climáticamente inteligente en Argentina”. Serie de perfiles nacionales de agricultura climáticamente inteligente para América Latina. Washington, D.C.: Grupo del Banco Mundial, (2014).
51. CIAT. (2015). “Agricultura climáticamente inteligente en Uruguay”. Serie de perfiles nacionales de agricultura climáticamente inteligente para África, Asia y América Latina. Washington D.C.: Grupo del Banco Mundial.
52. Codesido, M., González-Fischer, C. M. y Bilenca, D. N. (2013). *Landbird assemblages in different agricultural landscapes: a case study in the pampas of central Argentina*. *The Condor*. 115: 8-16.
53. Corbella, R. D., García, J. R., Sanzano, G. A., Plasencia, A. M. y Fernández de Ullivarri, J. (2006). “Diferentes fracciones de carbono orgánico como indicadores de calidad de suelos en el Este Tucumano”. En: Actas del Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 20, Salta, Argentina, pp. 379.
54. Coscia, A. (1988). “La agriculturización en la región pampeana”. En: *Degradación de suelos por intensificación de la agricultura*. Informe del Taller organizado por el CONICET. Estación Experimental del INTA Rafaela. Publicación miscelánea N°47. pp. 5-13.
55. Costa J. L. y Aparicio V. C. (2015). “Quality assessment of irrigation water under a combination of rain and irrigation”. *Agricultural Water Management* 159 (2015) 299-306.
56. Costa J. L., Aparicio V. C., Salleses L. F. y Frolla, F. D. (2016). “Effect of tillage and application of gypsum In a No-Till field under supplementary irrigation with sodium bicarbonate waters”. *Agricultural Water Management*. 177. (2016). 291-297.
57. CREA. (2016). Área de Ambiente. Obtenido de www.crea.org.ar.
58. Cruzate G. y Casas, R.R. (2012). Extracción y balance de nutrientes en los suelos agrícolas de Argentina. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica* 6:7-14. IPNI Cono S. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
59. CSJN (Corte Suprema de Justicia de la Nación Argentina) (2007). “Mendoza Beatriz Silvia y otros c/ Estado Nacional y otros s/daños y perjuicios”. Fallos 329:2317.
60. Daly, H.E. (1996). “Beyond Growth”. *The Economics of Sustainable Development*. Boston: Beacon Press.
61. De León, M. (2005). “Las gramíneas megatérmicas y su impacto productivo”. *Seminario Técnico Forrajes 2005*, INTA, Buenos Aires, 29 y 30 de marzo, p. 81.
62. Deagustini C. A., Domínguez, G. F., Agostini, M. A., Studdert, G. A. y Tourn, S. N. (2017). “Vicia como Cultivo puente y sistemas de labranza: efecto sobre propiedades físicas del suelo”. *Ciencias del Suelo* (Argentina) 35(2): 325-335.
63. Decreto 91/09. (2009). *Protección Ambiental de los Bosques Nativos*. B.O 16/08/09.
64. De Fries, R. S., Foley, J. A. y Asner, G. P. (2004). *Land use choices: balancing human needs and ecosystem function*. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2:249-257.
65. Deregibus V. A., Jacobo E. y Rodríguez, A. (1995). “Perspective: Improvement in rangeland condition of the Flooding Pampa of Argentina through controlled grazing”. *African Journal of Range y Forage Science*. 12:92-96.
66. Diario Oficial de la Unión Europea. (2013). *Recomendaciones de la Comisión de 9 de abril de 2013 sobre el uso de métodos comunes para medir y comunicar el comportamiento ambiental de los productos y las organizaciones a lo largo de su ciclo de vida*. Texto pertinente a efectos del EEE, 2013/179/UE, L. 124/1.
67. Dillaha, T. A. (1990). “Role of BMPs in restoring the health of Chesapeake Bay: assessments of effectiveness”. In: *Perspectives on Chesapeake Bay, 1990: Advances in Estuarine Sciences*. Chesapeake Bay Program, CPB/TR541/90. Washington D.C.: EPA.

68. Eiza E., Fioriti, N., Studdert, G. A. y Echeverría, H. E. (2005). “Fracciones de Carbono Orgánico en la capa arable: efecto de los sistemas de cultivo y la fertilización nitrogenada”. *Ciencia del Suelo*- 23 (1) 59-67.
69. Engel, B., Harbor, J., Muthukrishnan, S., Pandey, S., y Lim, K. J. (2003). LTHIA NPS Versión 2.3. User Manual <http://www.ecn.purdue.edu/runoff/lthianew/gis/lthiaman23.pdf> Accessed on December, 2007.
70. European Commission. (2010). “Product Carbon Footprinting – a study on methodologies and initiatives - Final report July 2010”, Ernst y Young France and Quantis for the European Commission – DG Environment.
71. European Commission. (2009) “Product Environmental Footprint (PEF) Guide”, Deliverable 2 and 4A of the Administrative Arrangement between DG Environment and the Joint Research Centre No N 070307/2009/552517, including Amendment No 1 from December 2010.
72. European Commission. (2014). Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability, “Normalisation method and data for Environmental Footprints”, Lorenzo Benini, Lucia Mancini, Serenella Sala, Simone Manfredi, Erwin M. Schau, Rana Pant, 2014, ISBN 978-92-79-40847-2.
73. FAO. (2004). Las Buenas Prácticas Agrícolas. Disponible en: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/009/a0718s/A0718s00.pdf> Acceso Marzo 2018.
74. FAO. (2015). *Carta Mundial de los Suelos* (revisada) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.
75. FAO. (2017). *Directrices voluntarias para la gestión sostenible de los suelos Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Roma, Italia.
76. FAO. (2017). *Proceedings of the Global Symposium on Soil Organic Carbon* (2017). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
77. FAO PROSAP. (2015). *Estudio del potencial de ampliación del riego en Argentina* (www.fao.org/publications).
78. FAO. (2015). *Climate-Smart Agriculture: A call for action*, Bangkok, ISBN 978-92-5-108863-0.
79. FAO. (2015). *Evaluación de los recursos forestales mundiales* (FRA) 2015. Roma, Italia.
80. FAO. (2016). *El estado de los bosques del mundo* (SOFO) 2016. Pág.: 138. ISBN: 978-92-5-309208-6
81. Federación Uruguaya de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola, FUCREA (2017). Obtenido de www.fucrea.org. Julio 2017.
82. Feler, M. V., Vázquez Amábile, G., van Meer, H., Gaspari, F. J., Mercuri, P. A., Prieto, D. y Flamenco, E. (2014). “Validación del modelo SWAT en la Cuenca del Río Quequén Grande y evaluación de cambios potenciales en el clima y uso de tierras”. *Memorias del II Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras*, Universidad Nacional del Litoral, 23al 26 de Septiembre, Santa Fe, Argentina.
83. Flanagan, D. C., Livingston, S. J., Huang, C. H. y Warnemuende, E. A. (2003). *Runoff and pesticide discharge from agricultural watersheds in NE Indiana*. ASAE Paper No. 032006. St. Joseph, Mich.: ASAE.
84. Flanagan, D. C. y Nearing, M. A. (Eds). (1995). “Water Erosion Prediction Project Hillslope Profile and Watershed Model Documentation”. *NSERL Report* No. 10. West Lafayette, Ind.: National Soil Erosion Research Laboratory.
85. Flanagan, D. C. (2017). “Polución Difusa: cuestiones y estrategias en los EE.UU.”. Conferencia dictada en el *Congreso Tecnológico CREA* (2017).
86. Fritz, F., Vázquez Amábile, G., Feiguin, M. F. y Cañada, P. (2017). “Recuperación de suelos degradados bajo riego complementario en la provincia de Buenos Aires”. *V Reunión de la Red Argentina de Salinidad*, Villa Mercedes, San Luis, 4 al 6 de octubre de (2017).
87. Fumagalli, A., Kunst, C. & Pérez, H. (1997). “Intensificación de la producción de carne en el NOA”. En: *Memoria del 1er. Congreso Nacional de Producción Intensiva de Carne*. INTA. Forum Argentino de Forrajes. Buenos Aires, pp. 53-61.
88. Gaitán, J., Navarro, M. F., Carfagno P. y Tenti Vuegen, L. (2017). *Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina*. 1ª. ed. Buenos Aires: Ediciones INTA, (2017).
89. Galantini, J. A. y Suñer, L. (2008). “Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina”. *Agriscientia* 45: 41-55.
90. García, F. O. – IPNI. (2017). Comunicación personal.
91. Garnett, T., Appleyby, M. C., Balmford, A., Benton, T. G., Bloomer, P., Burlingame, B. Godfray, H. C. (2013). “Sustainable intensification in agriculture: Premises and policies”. *Science* 341: 33-34.
92. Gasparri, N. I. y Le Polain de Waroux, Y. (2015). “The Coupling of South American Soybean and Cattle Production Frontiers: New Challenges for Conservation Policy and Land Change Science”. *Conservation Letters*, 8(4), pp 290–298.
93. Gasparri, N. I., Grau, H. R. y Gutiérrez Angonese, J. (2013). “Linkages between soybean and neotropical deforestation: Coupling and transient decoupling dynamics in a multi-decadal analysis”. *Global Environmental Change* 23 (2013) 1605–1614.

94. Génova L. J. (2011). “Calidad del agua subterránea para riego complementario en la Pampa Húmeda argentina”. *Revista de la Facultad de Agronomía*, La Plata (2011) Vol 110 (2): 63-81.
95. Gianelli, V. R., Bedmar, F. y Costa, J. L. (2014). “Persistence and Sorption of Imazapyr in three argentinean soils”. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol 33 (1):29-34.
96. Glatzle, A. (2009). “Ganadería chaqueña en pasturas implantadas: características, potenciales y servicios ambientales”. Disponible en: http://www.chaconet.com.py/inttas/projects/pdf/a_glatzle_ganaderia_chaqueña.pdf.
97. González Montaner, J. H., Maddonni, G. A., Mailland, N. y Posborg, M. (1991). “Optimización de la respuesta a la fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo a partir de un modelo de decisión para la Subregión IV (sudeste de la provincia de Buenos Aires)”. *Ciencia del Suelo* 9:41-51.
98. Gómez A. T. y Navall, M. (2008). “Efecto del rolado sobre la estructura del bosque implicancias para el manejo forestal”. En: Kunst C, Ledesma R, Navall M (eds.). *Rolado selectivo de baja intensidad*. Ediciones INTA. Santiago del Estero, pp. 118-125.
99. Grau, H. R, N. Gasparri y M. A. Gasparri, (2010). “Cambio y eficiencia de uso del territorio en el Chaco argentino: el conflicto entre producción de alimentos y conservación de la naturaleza en distintas escalas”. En: *Valoración de Servicios Ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*, INTA, Bs. As., 740 pp.
100. Gvozdenovich, J. J., M. Pérez Bidegain, L. E. Novelli y P. A. Barbagelata. (2017). “¿Puede WEPP mejorar la predicción de la erosión de suelos respecto a USLE?”. *Ciencias del Suelo (ARGENTINA)* 35(2): 259-272.
101. Hang, S. y Sereno R. (2002). “Adsorción de Atrazina y su relación con las características sedimentológicas y desarrollo del perfil de dos suelos de la provincia de Córdoba”. *RLA Rev. de Investigaciones Agropecuarias*, Vol 31(3): 73-87.
102. Ibarra, F. A., Cox, J. R., Martin, R. M. H., Crowl, O. y Call, C. A. (1995). “Predicting buffelgrass survival across a geographical and environmental gradient”. *Journal of Range Management* 48:53-59.
103. Instituto de Suelos y Agroecología. (1957). *La erosión eólica en la región pampeana y plan para la conservación de los suelos*. Buenos Aires. 235 pp.
104. INTA (2009). *Monitoreo de la cobertura y uso del suelo a partir de sensores remotos. Informe técnico unificado PNECO 1643*.
105. INTA, Instituto de Suelos. (1990). *Estimación de la superficie erosionada en la Argentina*. Centro de Investigación de Recursos Naturales. Informe Inédito.
106. IPCC, (2014). *Climate Change (2014): Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
107. IPCC (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón.
108. IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación) (2017). www.iram.org.ar.
109. Iriarte, I. (2005). *Comercialización de ganados y carnes*. Cámara Argentina de consignatarios de ganado (CACG). Buenos Aires. 207 pp.
110. Izquierdo, L.R., J.M. Galán, J. I. Santos y R. del Olmo (2008). “Modelado de Sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas”. *Empiria, Revista de Metodología de Ciencias Sociales*. 16: 85-112.
111. Jacobo E., Rodríguez, A., González, J. y Golluscio, R. (2016). “Efectos de la intensificación ganadera sobre la eficiencia en el uso de la energía fósil y la conservación del pastizal en la cuenca baja del río Salado, provincia de Buenos Aires, Argentina”. *Agriscientia* 33(1):1-14.
112. Jobbágy, E. G., y Fernández Aldúncin, R. J. (2012). Reseña al libro: *The Honest Broker*, “Making Sense of Science in Policy and Politics”. *Agronomía y Ambiente*. 32(1-2): 81-82.
113. Kiefer, L.A., Shelton, D. R., Pachepsky, Y., Blaustein, R. y Santin Duran, M. (2012). “Persistence of *Escherichia coli* introduced into streambed sediments with goose, deer and bovine animal waste”. *Letters in Applied Microbiology* 55, 345–35.
114. Kunst, C., Ledesma, R. y Navall, M. (2008). Rolado selectivo de baja intensidad. INTA EEA Santiago del Estero, 140 pp.
115. Kunst, C., Navall, M., Ledesma, R., Siberman, J., Anríquez, A., Coria, D., Bravo, S., Gómez, A., Albanesi, A., Grasso, D., Domínguez Nuñez, J. A., Gonzáles, A., Tomsic, P. & Godoy, J. (2016). “Silvopastoral Systems in the Western Chaco Region, Argentina”. In: Peri, P., Dube F, Varela, A. (eds). *Silvopastoral Systems in Southern South America. Advances in Agroforestry* vol 11. Springer, Cham, pp 63-87.
116. Lavado, R. S. (2009). “Salinización y sodificación de suelos de producción agrícola extensiva por riego complementario”. En: *Alteraciones de la fertilidad de los suelos*. Taboada, M. A. y Lavado, R. S. Editorial FAUBA. 163 p.
117. Lavado, R. S. (2017). Curso de salinidad. V Reunión de la Red Argentina de Salinidad. Villa Mercedes, San Luis.
118. Leonard, R., Knisel, W. & Still, D. (1987). *GLEAMS: Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Practices*. Paper. ASAE.

119. Ley 26331 (2007). Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos.
120. Ley 27279 (2016). Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión de los Envases Vacíos de Fitosanitarios. B. O. 33479.
121. Lim, K. J. & Engel, B. A. (2003). "Extension and enhancement of national agricultural pesticide risk Analysis (NAPRA) WWW decision support system to include nutrients". *Computers and Electronics in Agriculture* 38: 227-236.
122. López de Casenave, J., Pelotto, J. P. & Protomastro, J. (1995). "Edge-interior differences in vegetation structure and composition in the Chaco semi-arid forest, Argentina". *Forest Ecology and Management* 72:61-69.
123. Ludueña, C. E. (2015). "Uruguay: mitigación y adaptación al cambio climático", BID, marzo 2015.
124. Magliano, P. N., Fernández, R. J., Florio, E. L., Murray, F., Jobbágy, E. G. (2017). "Soil Physical Changes After Conversion of Woodlands to Pastures in Dry Chaco". *Rangelands (Argentina) Rangeland Ecology & Management* 70 (2017). 225-229.
125. Magnasco, E. (2015). "Aspectos ambientales vinculados a la producción agropecuaria". *Revista Jurídica de Agronegocios* - Número 1 - IJ-XCII-246.
126. Martínez Ortiz, U., Jacobo, E., Cañada, P., & Sobredo, M. (2018). "Análisis económico del manejo de pastizales naturales en la Cuenca del Salado". *Boletín Técnico de la Fundación Vida Silvestre Argentina*, Buenos Aires (en prensa).
127. Mather, A. S. & Needle, C. L. (1998). "The forest transition: theoretical basis". *Area* 30:117-124.
128. MAyDS (2002). *Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.
129. MAyDS (2017). *Segundo Informe Bienal de Actualización de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Disponible en <http://ambiente.gob.ar>.
130. Mc Cosker, T. H. & Teitzel, J. K. (1976). "A review of guinea grass (*Panicum maximum*) for the wet tropics of Australia". *Tropical Grasslands* 9:177-190.
131. Mercau, J. L., Nosetto, M. D., Bert, F., Giménez, R. & Jobbágy, E. G. (2015). "Shallow groundwater dynamics in the Pampas: climate, landscape and crop choice effects". *Agricultural Water Management* 163. 2016. 159-168.
132. Merriman, K. R.; Gitau, M. W. & Chaubey, I. (2009). "Tool for estimating best management practice effectiveness in Arkansas". *Appl. Eng. Agric.* 25: 199-213.
133. Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*. Island Press, Washington D. C.
134. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasil. (2012). "Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)", MAPA/ACS (2012), 173 p. ISBN 978-85-7991-062-0.
135. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (2013). *Pantallas sobre Aplicaciones de Productos Fitosanitarios en Áreas Periurbanas*. 34 pp.
136. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (2013). *Agricultura inteligente: la iniciativa de la Argentina para la sustentabilidad en la producción de alimentos y energía*, 1ª. ed. - Buenos Aires, 124 p. ISBN 978-987-1873-18-0.
137. Mon, R., Iruetia, C., Botta, G. F., Pozzolo, O., Bellora Melcón, F., Rivero, D., & Bomben M. (2007). "Effects of supplementary irrigation on chemical and physical soil properties in the rolling pampa region of Argentina". *Ciencia e Investigación Agraria* 34 (3): 187-194.
138. Montoya, J. C., Zelaya, M. J., Porfirí, C., Herran J. M. & Calvo, M. (2011). "Residues of Atrazine, glyphosate, AMPA and imazapyr in groundwater of a semiarid agricultural area of Argentina". *3er. workshop latinoamericano sobre Residuos de Pesticidas, Alimentos y Medio Ambiente*. Montevideo, Uruguay.
139. Morello, J. & Saravía Toledo, C. (1959). "El bosque chaqueño II. La ganadería y el bosque en el oriente de Salta". *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, Vol. III, 209 pp.
140. Mowrer, H. T. (2000). "Uncertainty in natural resource decision support systems: sources, interpretation, and importance". *Computers and Electronics in Agriculture*. 27(1/3): 139-154.
141. Nasca J. A., Feldkamp C. R., Arroquy J. I. & Colombatto, D. (2015). "Efficiency and stability in subtropical beef cattle grazing systems in the northwest of Argentina". *Agricultural Systems*, 133, pp 85–96.
142. Navall, M. (2008) "Rolados y Manejo Forestal". En: Kunst, C., Ledesma, R., Navall, M. (eds.). *Rolado Selectivo de Baja Intensidad*. Ediciones INTA. Santiago del Estero, pp 71-85.
143. Negri, R., M. F. Feiguín, M. Campos, M. Walter, F. Ferreira y E. Satorre (2012). "La Agricultura Argentina en marcha". 10 pág. En www.crea.org.ar, acceso 10 dic (2012). <http://slideplayer.es/slide/9909231/>.
144. Neitsch, S., Arnold, J. G. & Srinivasan, R. (2002). "Final report: Pesticides fate and transport predicted by the Soil and Water Assessment Tool (SWAT): Atrazine, metolachlor, and trifluralin in the Sugar Creek watershed". *BRC Publication* No. (2002)-

03. Washington, D.C.: U.S. EPA, Office of Pesticide Programs. Available at: www.brc.tamus.edu/swat/applications/SugarCreekIN.pdf.
145. Nelson, G. C. (2005). "Drivers of Ecosystem Change: Summary Chapter". En Hassan, R., Seboles, R. y Ash, N. (Eds): *Ecosystems and Human Well-Being Volume I: Current State and Trends*. Island Press, Washington, 73-6 .
146. Nosseto, M. D., Páez, R. A., Ballesteros, S. J. & Jobbágy, E. G. (2015). "Higher water-table levels and flooding risk under grain vs. livestock production systems in the subhumid plains of the Pampas". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 206: 60-70.
147. Novelli L. E., Caviglia, O. P. & Piñeiro, G. (2017). "Increased cropping intensity improves crop residue inputs to the soil and aggregate-associated soil organic carbon stocks". *Soil & Tillage Research* (165) 128-136.
148. Nuñez, M. N., Ciappesoni, H. H., Rolla, A., Kalnay, E. & Ming, Cai. (2008). "Impact of land-use and precipitation changes on surface temperature trends in Argentina". *Journal of Geophysical Research*, 113, D06111, doi:10.1029/2007JD008638.
149. OECD/FAO (2016). *OECD-FAO Agricultural Outlook (2016)-2025*, OECD Publishing, Paris. [http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-\(2016\)-en](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-(2016)-en).
150. Organización de Naciones Unidas (1992). "Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo". *Primera Cumbre para la Tierra*. Programa 21, Capítulo 14.
151. Organización de Naciones Unidas (2015). Convenio de Rotterdam. Versión revisada. Secretaría del Convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional.
152. Osinaga, N., Castro, J. E., Álvarez, C. R. & Taboada, M. A. (2014). "¿Cómo influyen los años de uso agrícola del Chaco Subhúmedo sobre el suelo?" *24º Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Bahía Blanca.
153. Osinaga, N., Álvarez, C. R. & Taboada, M. A. (2017). "Effect of Deforestation and management on soil carbon stocks in the South American Chaco". *Global Symposium on soil organic carbon*. Rome, Italy, 21-23 March (2017).
154. Pachepsky, Y. & Shelton, D. R. (2011). "Escherichia coli and fecal coliforms in freshwater and estuarine sediments". *Crit Rev Environ Sci Technol* 41, 1067-1110.
155. Paganelli, A., Gnazzo, V., Acosta, H., López, S. L. & Carrasco, A. E. (2010). "Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling", *Chem. Res. Toxicol.* 23. 1586-1595.
156. Panigatti, J. L. (2015). "Aspectos de la erosión de los suelos en Argentina". *Ed. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo*, AACS. Buenos Aires. 70 pp.
157. Paraguay - Gobierno Nacional (2014). "Plan Nacional de Desarrollo Paraguay 2030", Diciembre de 2014.
158. Paraguay - Gobierno Nacional (2014). "Paraguay, Plan Nacional de Cambio Climático - Fase I: Estrategia de Mitigación", marzo 2014.
159. Paraguay - Gobierno Nacional (2016). "Informe Final Diseño del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, Proyecto 88492". *Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Cambio Climático y Preparación del Primer Informe Bienal de Actualización*, 2016.
160. Pérez Carusi, L. C., M. S. Beade & D. N. Bilenca (2017). "Spatial segregation among pampas deer and exotic ungulates: a comparative analysis at site and landscape scales". *Journal of Mammalogy*, 98: 761-769.
161. Peri, P. L. (2012). "Implementación, manejo y producción en Sistemas Silvopastoriles: enfoque de escalas en la aplicación del conocimiento aplicado". En: *Actas del 2º Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*. INTA Ediciones, Santiago del Estero, pp 8-21.
162. Pielke, R. J. (2007). *The Honest Broker: Making Sense of Science in Policy and Politics*. Cambridge University Press.
163. Portela, S. I., Andriulo, A. E., Sasal, M. C., Mary, B. & Jobbágy, E. G. (2006). "Fertilizer vs. organic matter contributions to nitrogen leaching in cropping systems of the Pampas: 15N application in field lysimeters". *Plant and Soil*, 289:265-277.
164. Prego, A. J. (1988). "Antecedentes sobre erosión, degradación ambiental y conservación del suelo". En: *El deterioro del ambiente en la Argentina. Centro para la Promoción de la Conservación del Suelo y del Agua-PROSA*. Fundación para la Educación la Ciencia y la Cultura-FECIC. Gráfica General Belgrano Cooperativa de Trabajo Ltda., pp 5-18.
165. Prieto Garra, D., Sánchez, R. & Martínez, R. S. (2015). "Las áreas de riego y la degradación de los suelos". En: Casas, R. R. & Albarracín, G. F. (Eds.), *El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina. Tomo I; Parte 3: El agua en la producción agropecuaria*. Editorial FECIC. pp. 319-350.
166. PROSA-FECIC (1988). *El deterioro del ambiente en la Argentina. Centro para la Promoción de la Conservación del Suelo y del Agua-PROSA*. Fundación para la Educación la Ciencia y la Cultura-FECIC-. Gráfica General Belgrano Cooperativa de Trabajo Ltda., 497 pp.

167. Radrizzani, A. & Renolfi, R. (2004). "La importancia de los árboles en la sustentabilidad de la ganadería del Chaco Semiárido". *Informe Técnico INTA EEA Sgo. del Estero*, 4 pp.
168. Radrizzani, A., Shelton, H. M., Kravchuk, O. & Dalzell, S. A. (2016). "Survey of long-term productivity and nutritional status of *Leucaena leucocephala*-grass pastures in subtropical Queensland". *Animal Production Science*, 56:2064-2073.
169. Rampoldi, E. A., Boccardo, M., Álvarez, C., Martelloto, E., Salinas, A. I., Lovera, E. F., Giubergia, J. P. & Bustos, V. (2010). *Calidad de las aguas subterráneas utilizadas para riego suplementario en la provincia de Córdoba*. INTA Manfredi. 20 p.
170. Rangel, O. J. P. & Silva, C. A. (2007). "Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p. 1609-1623, (2007).
171. RedBPA (2014). *Red de Buenas Prácticas Agrícolas*. Obtenido de www.redbpa.org.ar.
172. Redel, M., Osinaga, N., Feiguin, M. F., Osinaga, R., Vázquez Amabile, G., Carabaca, L., Aznar, R. & di Beco, E. (2016). "Efecto de la Agricultura sobre el nivel de Materia Orgánica del suelo en el Chaco Argentino". *Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Río Cuarto, Córdoba, Argentina. 28 Junio (2016).
173. Rodríguez, A., Jacobo, E., Roitman, G., Miñarro, F., Preliasco, P. & Beade, M. (2016). "Manejo de la oferta forrajera en el Parque Nacional Campos del Tuyú y en campos ganaderos vecinos para la conservación del venado de las pampas". *Ecología Austral* 26:150-165.
174. Rojas, J. M., Prause, J., Sanzano, G. A., Arce, O. E. A. & Sánchez, M. C. (2016). "Soil quality indicators selection by mixed models and multivariate techniques in deforested areas for agricultural use in NW of Chaco, Argentina". *Soil and Tillage Research*, 155, 250-262.
175. Rolla, A., Nuñez, M., Ortiz de Zárate, M. L., Guevara, H., Meira, S., Rodríguez, G. & Ramayón, J. (2016): "Climate Impacts on Crop Yields in Central Argentina". *Adaptation strategies. AgMIP6 Global Workshop*. <http://www.agmip.org/6th-agmip-global-workshop/>. June 28-30, 2016. Le Corum. Montpellier, France.
176. Salomone, J. M., Llanos M. E., Elissalde, N. O. & Behr, S. J. (2015). "Provincia del Chubut". En: Casas, R. R. & Albarracín, G. F. (Eds): *El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina. Tomo II; Parte 7: Erosión y degradación de suelos*. Editorial FECIC. pp. 77-86.
177. Sánchez Román, J. A. (2005). "La Industria Azucarera en Argentina (1860-1914). El mercado interno en una economía exportadora". *Revista de Indias* (2005), vol. LXV. 233 (147-172).
178. Santa Cruz, J. & Silva Busso, A. A. (2002). "Comportamiento del nivel freáticos ante excesos hídricos en el Oeste de la llanura chacoparanense de la República Argentina". *Workshop publication on Groundwater and Human Development*, 1472-1483, Mar del Plata, Argentina (2002).
179. Sanzano, G. A., Corbella, R. D., García, J. R., & Fadda, G. S. (2005). "Degradación física y química de un Haplustol típico bajo distintos sistemas de manejo de suelo". *Ci. Suelo (Argentina)* 23: 93-100.
180. Sanzano, G. A., Morandini, M., Hernández, C. F., Rojas Quinteros, H. C., Sosa, F. A., Hasán Jalil, A. J., Fadda, G. S. & Devani, M. R. (2008). "Efecto de la cobertura de rastrojos y las propiedades edáficas superficiales sobre la erosión hídrica en monocultivo de soja". *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán*. 85 (1): 23-30.
181. Sasal, C., Andriulo, A., Wilson, M. & Portela, S. (2010). "Pérdidas de Glifosato por Drenaje y Escurrimiento y Riesgo de Contaminación de Aguas". En *Aspectos Ambientales del Uso de Glifosato*, Ed. Myriam Camino y Virginia Aparicio. Pág. 103-114.
182. Sauer, M. V. & Andreo, A. I. (2017). "Rotaciones de cultivos bajo siembra directa para el sudoeste chaqueño". *Simposio Fertilidad* (2017). Rosario, Santa Fe, Argentina. 17 y 18 de mayo (2017).
183. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2015). "Agricultura y Ganadería: Impacto y Vulnerabilidad al Cambio Climático. Posibles Medidas de Adaptación". *Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático*. Noviembre 2015.
184. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2015). *Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación*. Recuperado el 6/8/17: <http://ambiente.gov.ar/wp-content/uploads/3Com.-Resumen-Ejecutivo-de-la-Tercera-Comunicacion-Nacional.pdf>.
185. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2015). *Primer Reporte de Actualización Bienal de la República Argentina ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (BUR)*. Recuperado el 6/8/17: <http://ambiente.gov.ar/wp-content/uploads/3Com.Primer-BUR-ARGENTINA.pdf>.
186. Secretaría de la Convención de Ramsar (2016). *Introducción a la Convención sobre los Humedales: Gland, Suiza*. Disponible en: www.ramsar.org.
187. Senasa (2017). "Qué son los Plaguicidas". SENASA Coordinación de Comunicación Institucional. Obtenido de SENASA: http://www.senasa.gov.ar/sites/default/files/ARBOL_SENASA/SENASA%20COMUNICA/adjuntos_varios/que_son_los_plaguicidas.pdf.
188. Senasa (2015). "Distribución de Existencias Bovinas por Categoría - Marzo (2015)". Acceso en 20/11/2017: <http://www.senasa.gov.ar/cadena-animal/bovinos-y-bubalinos/informacion/informes-y-estadisticas>.

189. Senasa (2016). "Informe de la faena de bovinos procedentes de establecimientos de engorde a corral". Dirección de Programación Sanitaria, Senasa. Acceso en Marzo 2018. Disponible en <http://www.senasa.gob.ar/sites/default/files/feedlots-faena2015b.pdf>.
190. Senasa (2017). "Establecimientos de engorde a corral: informe de la faena de bovinos" 2008-2016.
191. Séralini, G. E., Clair, E., Mesnage, R., Gress, S., Defarge, N., Malatesta, M., Hennequin, D. & de Vendômois, J. S. (2012). "Long Term Toxicity of a Roundup Herbicide and a Roundup-Tolerant Genetically Modified Maize". *Food and Chemical Toxicology*, vol. 50, pp. 4221-31. doi:10.1016/j.fct.2012.08.005- Retracted.
192. Skaggs, R. W., Youssef, M. A. & Chescheir, G. M. (2012). *DRAINMOD: Model Use, Calibration, and Validation*. Trans. of the ASABE 55(4):1509-1522.
193. Solbrig, O. T. (1999). "Bases para una agricultura de altos rendimientos". *Nuestro campo*. Año VII, N° 66.
194. Stefano de Luca, F. N. (2013). "La prueba pericial y su valoración en el ámbito judicial español". *Revista Electrónica de Ciencia Penal y Criminología*. Disponible en <http://criminet.ugr.es/recpc/15/recpc15-19.pdf>.
195. Steinbach, H. & Álvarez, R. (2006). "Changes in Soil Organic Carbon Contents and Nitrous Oxide Emissions after Introduction of No-Till in Pampean Agroecosystems". *J. Environ. Qual.* 35:3-13.
196. Stone, W. W., R. J. Gilliom & K. R. Ryberg (2014). "Pesticides in U.S. Streams and Rivers: Occurrence and Trends during 1992-2011". *Environ. Sci. Technol.* (2014) 48, 11025-11030.
197. Stone, K. C., Hunt, P. G., Johnson, M. H. & Coffey, S. W. (1998). *GLEAMS: simulation of groundwater nitrate-N from row crop and swine wastewater spray fields in the eastern coastal plain*. Trans. ASAE 41, 51-57.
198. Suárez, D., Wood, J. & Lesh, M. (2006). "Effect of SAR on water infiltration under a sequential rain-irrigation management system". *Agricultural Water Management* 86:150-164.
199. Taverna, M., Charlón, V., García, K., & Walter, E. (2013). "Una propuesta integral de Manejo de Efluentes". *Producir XXI*, Bs. As., 21, 255):40-50.
200. Ten Brink P. R. D. (2013). *La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad relativa al agua y los humedales*. Instituto de Política Medioambiental Europea (IEEP) y Secretaría de Ramsar.
201. Tisdall, J. M. & Oades, J. M. (1982). "Organic matter and water-stable aggregates in soils". *Journal of Soil Science*, 33: 141-163. doi:10.1111/j.1365-2389.1982.tb01755.x.
202. Torrella, S. A., Ginzburg, R. G., Adámoli, J. M. & Galetto, L. (2013). "Changes in forest structure and tree recruitment in Argentinean Chaco: Effects of fragment size and landscape forest cover". *Forest Ecology and Management* 307: 147-154.
203. Torrella, S. A., Ginzburg, R. G. & Galetto, L. (2015). "Forest fragmentation in the Argentine Chaco: recruitment and population patterns of dominant tree species". *Plant Ecol* 216:1499-1510.
204. Torres Duggan M., Álvarez C. R. & Rimski Korsakov, H. (2017). "Evaluación de la calidad del agua y del suelo regado en forma complementaria en la región pampeana argentina". *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica* 25:17-23. IPNI Cono S. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
205. Tsiung, N. T. (1976). "Influence of drought stress on growth, photosynthesis, translocation and forage quality of Panicum maximum Jacq. var. trichoglume". *J. Aust. Inst. Agri. Sci.*, 42:107-108.
206. U. S. Environmental Protection Agency, USEPA (2005). *Protecting water quality from agricultural runoff*. EPA 841 - F - 05 - 001. Washington, D. C.: USEPA.
207. UNEP (2016). *The Emission Gap Report*. Disponible en: <http://www.unep.org/emissionsgap/>. Acceso el 15 de julio de 2017.
208. UNEP (2010). *Report of the tenth meeting of the conference of the parties to the Convention on Biological Diversity*. Held in Nagoya, Japan, on 18-29 October 2010. UNEP/CBD/COP/10/27.
209. UNEP - RISOE Centre - MinCyT - CREA (2012). "Reporte IV Sector Agricultura. Tecnologías para optimizar el uso del Nitrógeno en las actividades agrícolas-ganaderas". En *Evaluación de Necesidades Tecnológicas ante el Cambio Climático, Informe Final sobre Tecnologías de Mitigación*, págs. 387-511.
210. United Nations Population division (2015). *World population prospects. The (2015) revision*. <http://www.un.org/esa/population/>.
211. USDA (1954). "U. S. Salinity Laboratory Staff. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils". *USDA Agric. Handbook* N° 60. USA.
212. Vázquez Amábile, G., B. A. Engel & D. Flanagan (2006). "Risk Analysis for NPS pollution caused by Atrazine using SWAT in St Joseph River Watershed, IN". *Transaction of the ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineering)* Vol. 49(3): 667-678.
213. Vázquez Amábile, G., Bosch, N., Ricca, A. P., Ortiz de Zárate, M. L., Rojas, D., Lascombes, J. & Feiguín, M. F. (2017). "Napa Freática: dinámica, variables de control y contenido de nitratos en suelos de Pampa arenosa". *Revista Cienc Suelo (Argentina)* 35(1): 117-134.

214. Vázquez Amábile, G., Ricca, A. P., Rojas, D., Cristos, D., Ortiz de Zárate, M. L., Pellisier, G., Bosch, N., Feler, M. V., Rodríguez Vagaría, A. y M. F. Gaspari (2018). “Análisis de agroquímicos y nitratos en cursos y aguas subterráneas de cuencas rurales del oeste y sudeste de Buenos Aires”. En: *Productividad y medio ambiente ¿Enfoques a integrar o misión compartida? Conferencias y resúmenes del 3er. Simposio de Malezas y Herbicidas*, Anguil, Argentina.
215. Viglizzo E. F., Carreño, L. V., Pereyra, H., Ricard, F., Clatt, J. & Pincén, D. (2010). “Dinámica de la frontera agropecuaria y cambio tecnológico”. En *Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental*, Ediciones INTA. Editores: Viglizzo, E. F. y Jobbágy E. G.
216. Viglizzo, E. F. (1994). “El INTA frente al desafío del desarrollo agropecuario sustentable”. En *Desarrollo agropecuario sustentable*. INTA-INDEC, 85 pp.
217. Viglizzo, E. F., & Frank, F. (2009). *Agrocoindex. Sistema soporte de decisiones*. <https://inta.gob.ar/proyectos/AEGA-223012>
218. Viglizzo, E., Frank, F., Bernardos, J., Buschiazzi, D. E. & Cabo, S. A. (2006). “A rapid method for assessing the environmental performance of commercial farms in the pampas of Argentina”. *Environmental Monitoring and Assessment*, 117: 109-134.
219. Viglizzo, E. F. & Ricard, M. F. (2015). *Greenhouse gases (GHG) mitigation in the rural sector of Argentina, Brazil, Paraguay and Uruguay and its potential impact on global food and water security*. Trabajo realizado para GPS (Grupo de Países del Sur), julio 2015.
220. Viglizzo, E. F. & Ricard, M. F. (2017). *Beyond the footprint - Two tales on water, carbon and food*. Trabajo realizado para GPS (Grupo de Países del Sur), January 20, 2017.
221. Villarino, S. H., Studdert, G. A., Baldassini, P., Cendoya, M. G., Ciuffoli, L., Mastrángelo, M. & Piñeiro, G. (2017). “Deforestation impacts on soil organic carbon stocks in the Semiarid Chaco Region, Argentina”. *Sci Total Environ* 575:1056-1065. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.175.
222. Voegelé, J. (2016). *Transition from Commodity Boom to Consumption Led Agriculture Growth: Opportunities for Latin America*. World Bank Group, Agriculture Global Practice, dec. 2016.
223. Volante, J. N., Bianchi, A., Paoli, H. P., Noe, Y. E., Elene, H. & Cabral, C. M. (2005). *Análisis de la dinámica del uso del suelo agrícola del Noroeste argentino mediante teledetección y SIG*. Pro.Re.NOA. INTA, EEA Salta.
224. Volante, J. N., Mosciaro, M. J., Gavier-Pizarro, G. I., Paruelo, J. M. (2016). “Agricultural expansion in the Semiarid Chaco: Poorly selective contagious advance”. *Land Use Policy* 55:154–165.
225. Wilson, J. R. (1996). “Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment”. *Australian Journal of Agricultural Research* 47:1075-1093.
226. Wilson, M. G. (2017). *Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina*. 1ª. ed. Entre Ríos: Ediciones INTA. Libro digital. Acceso Enero 2018: https://inta.gob.ar/sites/default/files/manual_ics_final.pdf
227. World Bank Group (2016). *Climate Change Action Plan*, Public version, April 7, (2016).
228. WWF - World Wide Fund for Nature (formerly World Wildlife Fund) (2015). *Saving Forests at Risk*. WWF Living Forests Report, Gland, Switzerland. Resumen en español disponible en: http://awsassets.panda.org/downloads/lfr_chapter_5_executive_summary_spanish.pdf.
229. ISO (International Organization for Standardization): www.iso.org (2017).
230. Zech, W., Senesi, N., Guggenberger, G., Kaiser, K., Lehmann, J. & Miñño, T. M. (1997). “Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics”. *Geoderma* 79 (1997), 117-161 15. Regionales de Experimentación Agrícola, CREA. Buenos Aires. 166 pp.

Esta obra se publicó gracias al apoyo de BASF

Esta obra se terminó de imprimir en GutenPress,
Tabaré 1760 (1437) Ciudad Autónoma de Buenos Aires,
en julio de 2018, con una tirada de 3000 ejemplares.



SURSEM[®]
SEMILLAS

Galicia Rural financia tus proyectos sustentables



Con un financiamiento de 7 años de plazo, tus proyectos pueden lograr un impacto ambiental positivo, eficiencia energética y energías renovables.

Conocé más en bancogalicia.com/rural



HACETE GALICIA
bancogalicia.com/rural

Siempre junto al campo.

